

การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์
จากดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย
DEVELOPMENT OF STONEWARE PRODUCTS COMPONENT FROM
BAN THUNG LUANG CLAY, SUKHOTHAI

จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี*, วสุธา ครุทสอน

Jumpot Phongsaksri*, Wasutha Krutsorn

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อ.เมือง จ.พิษณุโลก ประเทศไทย 65000

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

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

วันที่เข้ารับ 28 กุมภาพันธ์ 2568

วันที่แก้ไขบทความ 4 สิงหาคม 2568

วันที่ตอบรับบทความ 5 สิงหาคม 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ 2) เพื่อสร้างเกณฑ์เป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ทดลองการวิจัยโดยใช้วัตถุดิบในการทดลองได้แก่ 1) ดินบ้านทุ่งหลวง 2) ดินขาวลำปาง และ 3) ทราयरยอง สุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ซึ่งด้วยเครื่องซึ่งระบบดิจิทัล บดผสมด้วยเครื่องบดความเร็วสูง และเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียสด้วยเตาไฟฟ้า ผลการวิจัยพบว่า สูตรส่วนผสมที่ตรงกับเกณฑ์และมีความเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มากที่สุดมีส่วนผสมของ ดินบ้านทุ่งหลวง ร้อยละ 60 ดินขาวลำปาง ร้อยละ 10 และทราयरยอง ร้อยละ 30 โดยมีค่าการดูดซึมน้ำมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.70 มีค่าความแข็งแรง 255.02 kg/cm² และมีค่าการหดตัว ร้อยละ 9.50

คำสำคัญ: สโตนแวร์, ดินบ้านทุ่งหลวง, ดินขาวลำปาง, ทราयरยอง

Abstract

This research is an experimental study with the following objectives: To develop mixing ratios and study the physical properties of stoneware products. To establish selection criteria as a guideline for stoneware development and determine the most suitable mixing ratio according to the product standards. The experiment utilized three main raw materials: Thung Luang clay, Lampang clay, and Rayong sand. Samples were selected using a purposeful sampling method based on an equilateral triangular diagram, weighed with a digital balance, mixed using a high-speed mixer, and fired at 1230°C in an electric kiln. The research results showed that the formulation which best met the criteria and was most suitable for stoneware products consisted of 60% Thung Luang clay, 10% Lampang white clay, and 30% Rayong sand. This composition exhibited a water absorption of 2.70%, a flexural strength of 255.02 kg/cm², and a firing shrinkage of 9.50%.

Keywords: Stoneware, Thung Luang clay, Lampang clay, Rayong sand

1. บทนำ

บ้านทุ่งหลวง อำเภอสว่างวีรญาติ จังหวัดสุโขทัย เป็นชุมชนเครื่องปั้นดินเผาที่ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษมาอย่างยาวนาน จนเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดสุโขทัย มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากเข้ามาในชุมชน ผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวงส่วนใหญ่ขึ้นรูปด้วยมือบนแป้นหมุน และขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์ รูปแบบผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์หม้อต้มอาหาร และกระถางต้นไม้ รายได้ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 10,000-15,000 บาทต่อเดือน กลุ่มลูกค้าส่วนใหญ่อยู่ภาคเหนือ และภาคกลาง จากผลการศึกษาทิศทางการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาบ้านทุ่งหลวง อำเภอสว่างวีรญาติ จังหวัดสุโขทัย พบว่า ควรเร่งสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ให้มีมูลค่าสูงมากยิ่งขึ้น เช่น เครื่องตกแต่งบ้านหรือของสะสมเฉพาะกลุ่ม ไปพร้อมกับการสร้างอัตลักษณ์ให้ผู้ผลิตแต่ละครัวเรือนที่ไม่เกิดความซ้ำซ้อนกันในด้านรูปแบบ ปรับรูปแบบผลิตภัณฑ์ปรับเปลี่ยนรูปร่าง รูปแบบ ลวดลาย และขนาด ให้มีน้ำหนักเบา สะดวกใน การจัดเก็บ หรือจัดแสดงโชว์ หาวัตถุ癖ในการปั้นที่เป็นการลดต้นทุนแต่คุณภาพยังคงเดิม และมีความแข็งแรงให้เหมาะสมกับการใช้งานตามความต้องการของตลาดสมัยใหม่ รวมถึงการออกแบบ และพัฒนาบรรจุภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมให้สินค้ามีมูลค่าสูงขึ้น ในปัจจุบันอุณหภูมิการเผาอยู่ในช่วง 800-900 องศาเซลเซียส (จุมพฏ และคณะ, 2566) และเมื่อนำไปทดลองเผาที่อุณหภูมิสูง พบว่าเนื้อผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาและดินบ้านทุ่งหลวงสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ

สูงได้ดี ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ที่เผาอุณหภูมิสูงขึ้นได้จึงมีแนวคิดนำดินบ้านทุ่งหลวงมาพัฒนาเป็นเนื้อสโตนแวร์ขึ้น

สโตนแวร์ (Stoneware) เป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีเนื้อดินเป็นส่วนผสมผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิสูงระหว่าง 1200-1300 องศาเซลเซียส มีการดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 3-5 เนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีลักษณะทึบแสงแต่ยังคงมีความพรุนเล็กน้อย โดยปกติสโตนแวร์สามารถแบ่งออกเป็นสองลักษณะคือเนื้อละเอียดและเนื้อหยาบ เนื้อละเอียดมักใช้ในการผลิตภาชนะที่ต้องการความสวยงามและการใช้งานที่มีคุณภาพสูง ส่วนเนื้อหยาบมักใช้ผลิตภาชนะขนาดใหญ่หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรักษารูปร่างระหว่างการเผา คุณสมบัติทางกายภาพของสโตนแวร์ที่สำคัญ ได้แก่ การดูดซึมน้ำประมาณร้อยละ 3-5 ภายหลังการเผา ซึ่งทำให้สามารถบรรจุน้ำได้โดยไม่รั่วซึม สโตนแวร์มีจุดเด่นในด้านการปั้นที่ง่ายทั้งวิธีการปั้นมือและการใช้แป้นหมุน สีของสโตนแวร์มีหลากหลายขึ้นอยู่กับชนิดของดินและส่วนผสม ตั้งแต่โทนสีขาวครีม สีเนื้ออ่อนไปจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงและความสวยงาม เหมาะสำหรับใช้งานทั่วไปและการตกแต่ง (สมศักดิ์, 2549; สุขุมาล, 2548) และโดยทั่วไปสโตนแวร์มักจะใช้ดินขาวและหินเขียวหุนมาหรือทรายเข้ามาเป็นส่วนผสมหลักเพื่อพัฒนาสูตรส่วนผสมให้มีคุณภาพสูงเหมาะกับการใช้งาน โดยอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผานิยมใช้ดินขาวเป็นวัตถุดิบในการผลิตสโตนแวร์เนื่องจากดินขาวมีปริมาณเหล็กต่ำ ให้สีขาว มีความทนไฟและสุกตัวที่อุณหภูมิสูง ส่วนทรายระยะยงเป็นที่นิยมนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเครื่องปั้นดินเผาเนื่องจากมีปริมาณของซิลิกาสูงถึงประมาณ ร้อยละ 99.40 เมื่อนำไปเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นจะช่วยทำให้เกิดความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ทรงตัวได้ดี ทำหน้าที่เป็นเสมือนเป็นโครงกระดูก ลดการหดตัวป้องกันการแตกร้าวและการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ (โกมล, 2538; ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, ม.ป.ป.; สมศักดิ์, 2549) ซึ่งปัจจุบันความต้องการทางตลาดของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากสโตนแวร์มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย และมีราคาไม่สูง

จากข้อมูลข้างต้นจึงจำเป็นต้องพัฒนาส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยมีความสนใจในการพัฒนาวัตถุดิบท้องถิ่นเพื่อยกระดับศักยภาพของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาชุมชน โดยมุ่งเน้นการใช้ ดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตผลิตภัณฑ์ ประเภทสโตนแวร์ ซึ่งเป็นกลุ่มเซรามิกที่มีคุณสมบัติแข็งแรง ทนความร้อน และเหมาะสำหรับการใช้งานในชีวิตประจำวัน การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาสูตรส่วนผสมเนื้อดินที่เหมาะสมสำหรับการเผาในอุณหภูมิสูง เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน ทั้งในด้านความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ และความคงตัวของเนื้อดินหลังการเผา ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวมีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างศักยภาพอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่น ควบคู่กับการ ส่งเสริมเศรษฐกิจสร้างสรรค์ของชุมชน

โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว และสามารถตอบสนองความต้องการของตลาดได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2.วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาอัตราส่วนผสม และศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

2.2 เพื่อสร้างเกณฑ์เป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยองภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

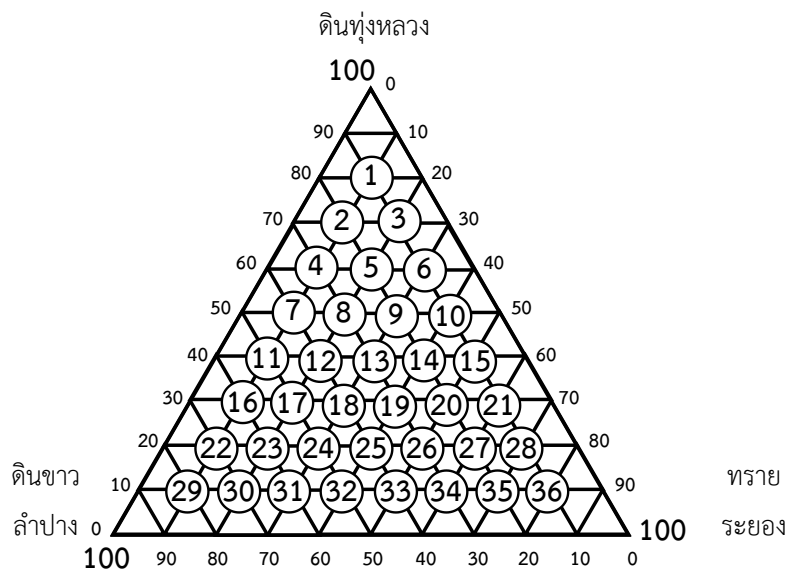
3.วิธีดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พัฒนาอัตราส่วนผสมและศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียสซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. กำหนดวัตถุดิบที่ใช้ในการพัฒนาอัตราส่วนผสมของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ได้แก่ 1) ดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย 2) ดินขาวลำปาง และ 3) ทรายระยอง

2. กำหนดอัตราส่วนผสมโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial diagram) (Singer, 1963) โดยกำหนดสูตรส่วนผสมที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 36 สูตรส่วนผสม ดังภาพที่ 1 และ ตารางที่ 1



ภาพที่ 1 ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ใช้ในการพัฒนาส่วนผสม

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมที่ได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

สูตรที่	ดินบ้านทุ่งหลวง	ดินขาวลำปาง	ทรายระยอง	สูตรที่	ดินบ้านทุ่งหลวง	ดินขาวลำปาง	ทรายระยอง
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

3. การเตรียมดินตัวอย่าง เมื่อได้ดินตัวอย่างมาแล้วทำการตากแห้งจากนั้นนำมาบดให้มีความละเอียดด้วยหม้อบด (Ball mill) เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปผ่านตะแกรงร่อนขนาด 120 Mesh เมื่อได้ดินตัวอย่างแล้วนำไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. ชั่งส่วนผสมของวัตถุดิบสูตรส่วนผสมละ 500 กรัม ด้วยเครื่องชั่งระบบดิจิทัลบริษัท Mettler Toledo (0.001g) รุ่น PG203-S ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และบดผสมกับน้ำด้วยเครื่องบดผสมความเร็วสูง (Hi-speed mixer) ขนาดเล็กสูตรละ 5 นาที



ภาพที่ 2 การบดผสมด้วยเครื่องบดผสมความเร็วสูง (Hi-speed mixer)

5. ขึ้นรูปเป็นแท่งทดลองด้วยวิธีการอัดในแม่พิมพ์ ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส
6. เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation firing) ด้วยเตาเผาชนิดไฟฟ้าบริษัท Carbolite Gero Ltd. รุ่น CWF1300 ประเทศอังกฤษ ทำการเผาขึ้นไฟเป็นเวลา 15 นาที วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิแบบไพโรเมตริกเทอร์โมคัปเปิล (Pyrometric thermocouple) และนำแผ่นทดลองออกจากเตาเมื่ออุณหภูมิภายในเตาดำกว่า 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3 แท่งทดลองเนื้อสโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง ดินชาวลำปาง และทรายระยอง



7. กำหนดขอบเขตในการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ 1) การหดตัว 2) การดูดซึมน้ำ 3) ความแข็งแรง 4) ความทนไฟ 5) การเกิดสี 6) ค่าความสว่าง และ 7) ค่าสี ซึ่งมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

7.1 ทดสอบการหดตัว (Shrinkage of clay) โดยการอัดขึ้นรูปเป็นแท่งสี่เหลี่ยมตัน ขนาดกว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 7 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร นำแท่งทดลองไปฝังให้แห้ง นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส วัดความยาวที่ได้หลังจากเผา และคำนวณค่าร้อยละการหดตัว โดยใช้สูตรดังนี้

$$\frac{\text{ความยาวเปียก} - \text{ความยาวหลังการเผา}}{\text{ความยาวเปียก}} \times 100$$

7.2 ทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยนำแท่งทดลองที่ผ่านการเผา อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และรอให้แท่งทดลองมีอุณหภูมิห้อง ให้นำมาชั่งหาค่าน้ำหนักก่อนต้ม และจดบันทึกเป็น ค่าน้ำหนักแห้ง นำแท่งทดลองไปต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้ในน้ำอีก 24 ชั่วโมง โดยที่แท่งทดลองต้องไม่ติดกับพื้นภาชนะที่ต้มและแต่ละชิ้นต้องวางห่างจากกัน เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ให้นำแท่งทดลองเช็ดด้วยผ้าหมาด ซับผิวให้ทั่วแล้วชั่งน้ำหนัก จดบันทึกเป็นน้ำหนักเปียก และคำนวณค่าร้อยละการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\frac{\text{น้ำหนักเปียก} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

7.3 ทดสอบความแข็งแรง (MOR : Modulus of rupture) คือค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงต่อการตัดหรือโค้งงอของเซรามิกส์ใช้การทดสอบแบบ 3 Point bending test วางแท่งทดสอบบนจุดรองรับ 2 จุด และให้แรงกดตรงกลาง โดยตั้งระยะห่างที่รองรับ 7 เซนติเมตร เพิ่มแรงกดจนกระทั่งแท่งทดสอบแตกหัก บันทึกแรงกดที่ใช้ในการหักแท่งทดลอง คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{MOR} = \frac{3FL}{2bd^2}$$

โดยที่ F คือ แรงที่ทำให้แตกหักหรือค่าน้ำหนักแรงกดที่หัก

L คือ ระยะห่างระหว่างจุดรองรับแท่งทดลอง

b คือ ความกว้างของแท่งทดลอง

d คือ ความหนาของแท่งทดลอง



ภาพที่ 4 การทดสอบความแข็งแรงโดยใช้เทคนิค 3 Point bending test

7.4 ทดสอบความทนไฟ (Refractories) มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ นำส่วนผสมทำเป็นแท่งวัตถุทนไฟ โดยทำมุมเอียง 82 องศา ให้มีขนาดเท่ากับท่อนวัตถุทนไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของออร์ตัน (Orton Cone) ที่มา (Orton, 2014) แล้วนำไปฝังให้แห้งสนิท แล้วนำแท่งทดสอบไปเผาตามอุณหภูมิที่กำหนด

7.5 ทดสอบการเกิดสีของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ทำโดยการสแกน (Scan) ด้วยเครื่อง Colorimeter Linshang รุ่น LS171 ประเทศจีน ได้แก่ รูปแบบรหัสสีตามเฉดสีของ RAL-LS Color Chart (RAL Color Standard) ซึ่งเป็นระบบมาตรฐานสีที่พัฒนาโดยสถาบัน RAL (Reichsausschuss für Lieferbedingungen)



ภาพที่ 5 แท่งทดสอบความทนไฟ

7.6 ทดสอบค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ด้วยเครื่อง Chroma Meter รุ่น CR-400 บริษัท Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น โดยที่แกน L^* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ

7.7 ทดสอบค่าสีของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ด้วยเครื่อง Chroma meter รุ่น CR-400 บริษัท Konica Minolta ประเทศญี่ปุ่น ในระบบสเกลสี (Color scale) a^* , และ b^* ของ Hunter lab scale ซึ่งเป็นระบบการวิเคราะห์สีแบบ 3 มิติ โดยที่ แกน a^* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว ($-a^*$) ไปจนถึงแดง ($+a^*$) ส่วนแกน b^* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน ($-b^*$) ไปเหลือง ($+b^*$)



ภาพที่ 6 การทดสอบค่าความสว่างและค่าสี

ขั้นตอนที่ 2 สร้างเกณฑ์เพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ โดยที่เกณฑ์ที่สร้างขึ้นนี้จะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเนื้อดินสโตนแวร์จากวัตถุดิบท้องถิ่น สามารถใช้เป็นเกณฑ์เบื้องต้นในการคัดกรองสูตรก่อนเข้าสู่กระบวนการพัฒนาเชิงลึกเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการส่งทดสอบตามเกณฑ์มาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตเนื้อหาในการกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกส่วนผสม ได้แก่ 1) งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสโตนแวร์จากดินท้องถิ่น 2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

1.1 งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาสโตนแวร์จากดินท้องถิ่น สรุปได้ดังนี้ 1) เพียรพิน (2560) ได้สูตรส่วนผสมที่มี ดินบ้านหนองห้วยยาง ร้อยละ 30 ทราย ร้อยละ 20 และดินขาวระนองร้อยละ 50 โดยมีค่า การหดตัว ร้อยละ 11.08 ค่าความแข็งแรง 190.30 Kg/cm^2 และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 1.27 และทนไฟที่ 1230 องศาเซลเซียส 2) เลิศชาย (2554) ได้ส่วนผสมที่มีดินพื้นบ้านร้อยละ 60 ดิน

ขาวลำปางร้อยละ 20 และทรายร้อยละ 20 โดยมีค่าการหดตัว ร้อยละ 13.57 ค่าความแข็งแรง 35.98 kg/cm² และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 6.27 และทนไฟที่ 1230 องศาเซลเซียส 3) นฤดม (2565) ได้ส่วนผสมที่มีดินหนองบัวระเหว ร้อยละ 30 ดินขาวร้อยละ 30 และหินเขี้ยวหนุมาน ร้อยละ 40 โดยมีค่าการหดตัว ร้อยละ 11.00 ค่าความแข็งแรง 427.43 kg/cm² และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.00 และทนไฟที่ 1200 องศาเซลเซียส 4) วิมล (2561) ได้ส่วนผสมที่มีดินบ้านปลักแรด ร้อยละ 30 ดินขาวลำปาง ร้อยละ 30 และเฟลด์สปาร์ ร้อยละ 40 โดยมีค่าการหดตัว ร้อยละ 0.00 - 9.48 ค่าความแข็งแรง 81.46 - 237.84 kg/cm² และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 0.00 - 12.32 และทนไฟที่ 1230 องศาเซลเซียส และ 5) ปราโมทย์ ปิ่นสกุล และกฤษฎดากร เชื้อมกลาง (2559) ได้ส่วนผสมที่มีดินพื้นบ้านอำเภอบ้านกรวด ร้อยละ 50 ดินดำ ร้อยละ 50 โดยมีค่าการหดตัว ร้อยละ 9.80 ค่าความแข็งแรง 461.21 kg/cm² และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 3.70 และทนไฟที่ 1230 องศาเซลเซียส

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ดังนี้ 1) มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร: สโตนแวร์. มอก. 602-2546 2) มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง เครื่องปั้นดินเผา สโตนแวร์. มพช. 930/2548 และ 3) มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส เครื่องปั้นดินเผา สโตนแวร์. มอก. เอส 49-2562.

2. สังเคราะห์เนื้อหาสรุปเป็นเกณฑ์ที่ใช้เป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ที่เหมาะสม และนำข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ที่ได้

3. สรุปและรายงานผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

4. ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ในครั้งนี้ ภายหลังจากดำเนินการทดลองมีผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 หัวข้อตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาอัตราส่วนผสม และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอกีรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส ได้ผลการวิจัยดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมและสมบัติทางกายภาพผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

สูตร ที่	อัตราส่วนผสม			สมบัติทางกายภาพภายหลังการทดสอบ				
	ดินบ้านทุ่ง หลวง	ดินขาว ลำปาง	ทราย ระยอง	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความ ทนไฟ	การเกิดสี (RAL)
1	80	10	10	14.29	1.37	182.75	ทนไฟ	LS8025
2	70	20	10	13.80	2.15	201.25	ทนไฟ	LS8025
3	70	10	20	13.20	2.41	221.42	ทนไฟ	LS8025
4	60	30	10	11.43	3.51	184.89	ทนไฟ	LS7008
5	60	20	20	10.50	2.97	226.05	ทนไฟ	LS8025
6	60	10	30	9.50	2.70	255.02	ทนไฟ	LS7002
7	50	40	10	8.57	4.70	151.54	ทนไฟ	LS7002
8	50	30	20	9.00	3.55	183.52	ทนไฟ	LS1036
9	50	20	30	8.57	3.35	150.79	ทนไฟ	LS1036
10	50	10	40	7.50	3.54	244.57	ทนไฟ	LS7034
11	40	50	10	7.14	4.51	143.36	ทนไฟ	LS8000
12	40	40	20	7.54	4.09	153.31	ทนไฟ	LS8029
13	40	30	30	7.20	3.02	169.15	ทนไฟ	LS8029
14	40	20	40	6.78	3.38	198.6	ทนไฟ	LS1036
15	40	10	50	6.51	3.84	228.96	ทนไฟ	LS1036
16	30	60	10	2.86	5.30	124.1	ทนไฟ	LS1036
17	30	50	20	5.82	4.23	188.91	ทนไฟ	LS1011
18	30	40	30	5.50	4.16	198.18	ทนไฟ	LS1011
19	30	30	40	4.95	3.70	207.45	ทนไฟ	LS1011
20	30	20	50	4.50	3.51	286.7	ทนไฟ	LS1011
21	30	10	60	4.00	3.94	218.92	ทนไฟ	LS1036
22	20	70	10	1.43	6.57	135.69	ทนไฟ	LS1011
23	20	60	20	2.86	7.45	130.48	ทนไฟ	LS1011
24	20	50	30	4.85	5.26	130.58	ทนไฟ	LS1036
25	20	40	40	4.51	5.83	125.16	ทนไฟ	LS1000
26	20	30	50	3.95	4.61	133.36	ทนไฟ	LS1014
27	20	20	60	3.52	5.24	184.24	ทนไฟ	LS1014
28	20	10	70	2.56	5.36	257.45	ทนไฟ	LS1001
29	10	80	10	2.52	7.50	150.78	ทนไฟ	LS1014
30	10	70	20	1.98	7.20	130.46	ทนไฟ	LS1014
31	10	60	30	1.57	6.15	127.2	ทนไฟ	LS1014
32	10	50	40	1.34	6.39	136.59	ทนไฟ	LS1014



สูตร ที่	อัตราส่วนผสม			สมบัติทางกายภาพภายหลังการทดสอบ				
	ดินบ้านทุ่ง หลวง	ดินขาว ลำปาง	ทราย ระยอง	การหดตัว (ร้อยละ)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (kg/cm ²)	ความ ทนไฟ	การเกิดสี (RAL)
33	10	40	50	1.41	4.74	155.27	ทนไฟ	LS1014
34	10	30	60	1.25	4.52	171.52	ทนไฟ	LS1015
35	10	20	70	1.20	5.29	134.82	ทนไฟ	LS1015
36	10	10	80	0.87	6.72	114.6	ทนไฟ	LS1015

จากตารางที่ 2 ผลการศึกษาอัตราส่วนผสมและสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์พบว่า 1) การหดตัวของส่วนผสมมีค่าลดลงเมื่อปริมาณดินบ้านทุ่งหลวงลดลงและปริมาณดินขาวลำปางเพิ่มขึ้น สูตรที่มีดินบ้านทุ่งหลวงสูง (สูตรที่ 1-6) มีค่าการหดตัวสูง (9.5% - 14.29%) ในขณะที่สูตรที่มีดินขาวลำปางสูง (สูตรที่ 22-36) มีค่าการหดตัวต่ำลง (0.87% - 5.30%) 2) การดูดซึมน้ำ สูตรที่มีดินขาวลำปางสูงจะมีการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น สูตรที่มีสัดส่วนของดินบ้านทุ่งหลวงและทรายระยองมากจะมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำลง ได้แก่ สูตรที่ 5 (2.97%) สูตรที่ 6 (2.70%) และ 20 (3.51%) 3) ความแข็งแรง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของทรายระยองมากขึ้น สูตรที่ให้ค่าความแข็งแรงสูงสุดคือสูตรที่ 20 (286.7 kg/cm²) ซึ่งมีสัดส่วนของดินบ้านทุ่งหลวงต่ำและทรายระยองสูง 4) การเกิดสี มีการเปลี่ยนแปลงของสีในแต่ละสูตรตามระบบ RAL โดยมีโทนสีที่หลากหลาย เช่น LS8025, LS1036, LS1014 เป็นต้น โดยสูตรที่มีปริมาณดินขาวลำปางสูงมีแนวโน้มให้สีที่อ่อนลง ขณะที่สูตรที่มีดินบ้านทุ่งหลวงสูงมักให้สีที่เข้มกว่า

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบค่าความสว่าง (L*) และค่าสี (a*, b*) ของเนื้อสโตนแวร์ดินบ้านทุ่งหลวง พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีช่วงค่าตั้งแต่ 38.67 ถึง 61.65 โดยสูตรที่มีค่าความสว่างสูงสุดคือสูตรที่ 34 (61.65) และต่ำสุดคือสูตรที่ 11 (38.67) แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับสีในเนื้อสโตนแวร์อย่างชัดเจน ส่วน ค่าสี a* มีค่าตั้งแต่ 3.42 ถึง 10.55 และค่าสี b* มีค่าตั้งแต่ 8.24 ถึง 15.92 และจากข้อมูลในตารางที่ 3 พบว่าค่าความสว่าง (L*) มีความสัมพันธ์ผกผันกับค่าสี a* ซึ่งเมื่อค่าความสว่างเพิ่มขึ้น ค่าสีแดง (a*) มีแนวโน้มลดลง โดยค่าความสว่างสูงสุดที่ 61.65 (สูตรที่ 34) มีค่า a* เพียง 4.10 ในขณะที่ค่าความสว่างต่ำสุดที่ 38.67 (สูตรที่ 11) มีค่า a* สูงถึง 9.71 แสดงให้เห็นว่าเนื้อสโตนแวร์ที่มีสีเข้มขึ้นจะมีองค์ประกอบสีแดงมากกว่า สำหรับค่าสี b* ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้สีเหลือง พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในช่วงระดับกลาง แต่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ชัดเจน



ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสว่าง (L^*) และค่าสี (a^*) (b^*)

สูตรที่	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*	สูตรที่	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสี a^*	ค่าสี b^*
1	41.54	5.57	8.77	19	49.14	6.84	13.59
2	43.03	4.96	8.24	20	48.5	6.54	14.33
3	44.65	4.18	8.99	21	51.53	6.77	14.47
4	40.16	6.2	9.77	22	38.84	10.55	13.58
5	43.03	4.61	9.35	23	42.61	9.33	13.22
6	47.07	3.42	9.56	24	48.33	8.14	15.83
7	40.94	7.59	10.57	25	55.08	6.14	15.45
8	44.64	5.96	11.18	26	58.12	5.46	15.92
9	48.49	6.97	13.08	27	58.16	4.48	13.81
10	50.5	3.98	11.96	28	57.64	4.5	12.59
11	38.67	9.71	11.53	29	47.55	9.49	13.35
12	43.52	8.15	13.02	30	56.43	5.79	13.67
13	44.05	8.04	13.59	31	59.15	5.06	13.85
14	46.94	5.24	12.42	32	59.99	4.74	13.55
15	48.29	5.49	12.75	33	58.52	4.97	14.92
16	40.13	9.12	12.62	34	61.65	4.1	13.54
17	40.81	10.14	13.33	35	46.32	6.09	11.75
18	39.61	6.68	11.05	36	60.81	4.1	12.88

2. ผลการสร้างเกณฑ์ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอบ้านไร่ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยะยง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ผลการสร้างเกณฑ์เป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลเกณฑ์ในการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

คุณสมบัติ	ค่าตามมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ยจากงานวิจัย	เกณฑ์การคัดเลือก
1.ค่าการดูดซึมน้ำ (%)	$\leq 3.0\%$	4.71%	$\leq 3.0\%$
2.ค่าการหดตัว (%)	ไม่ระบุ	10.99%	$\leq 10\%$
3.ค่าความแข็งแรง (kg/cm^2)	ไม่ระบุ	279.28 kg/cm^2	$\geq 280 \text{ kg/cm}^2$
4.สัดส่วนดินพื้นบ้าน (%)	ไม่ระบุ	40% (ช่วงที่พบ: 30% - 60%)	40-60 %
5.อุณหภูมิการเผา ($^{\circ}\text{C}$)	ไม่ระบุ	1,200 - 1,230 $^{\circ}\text{C}$	1,200 - 1,230 $^{\circ}\text{C}$

จากตารางที่ 4 ข้อมูลที่ได้จะเป็นเกณฑ์แนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ที่เหมาะสม ดังนี้ อัตราส่วนผสมดินสโตนแวร์สามารถใช้ดินพื้นบ้าน ร้อยละ 40-60 ค่าการดูดซึมน้ำ $\leq$ ร้อยละ 3.0 ค่าการหดตัว $\leq$ ร้อยละ 10 ค่าความแข็งแรง $\geq 280 \text{ kg/cm}^2$ และเผาที่อุณหภูมิ 1,200 - 1,230 องศาเซลเซียส

2.2 ผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอบัณฑาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 2 เทียบกับเกณฑ์การคัดเลือกจากตารางที่ 4 สูตรที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่

- 1) ค่าการดูดซึมน้ำ $\leq 3.0\%$ สูตรที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่ สูตรที่ 1 (1.37%), สูตรที่ 2 (2.15%), 3 (2.41%) สูตรที่ 5 (2.97%) สูตรที่ 6 (2.70%)
- 2) ค่าการหดตัว $\leq 10\%$ สูตรที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่ สูตรที่ 6 (9.50%) สูตรที่ 7 (8.57%) สูตรที่ 8 (9.00%) สูตรที่ 9 (8.57%)
- 3) ค่าความแข็งแรง $\geq 280 \text{ kg/cm}^2$ สูตรที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่ สูตรที่ 20 (286.7 kg/cm^2)
- 4) สัดส่วนดินพื้นบ้าน 40-60 % สูตรที่เข้าเกณฑ์ ได้แก่ สูตรที่ 4-15
- 5) อุณหภูมิการเผา 1,200-1,230°C พบว่าทุกสูตรสามารถทนความร้อนจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสได้

ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลรวมทุกปัจจัยแล้วพบว่า สูตรที่ 6 เป็นสูตรที่ตรงกับเกณฑ์มากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจาก 1) มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ร้อยละ 2.70 (ผ่านเกณฑ์ $\leq 3.0\%$) 2) มีค่าการหดตัวอยู่ในช่วงมาตรฐานคือ ร้อยละ 9.50 (ผ่านเกณฑ์ $\leq 10\%$) 3) มีค่าความแข็งแรงสูงใกล้เคียงกับเกณฑ์คือ 255.02 kg/cm^2 4) สัดส่วนดินพื้นบ้าน ร้อยละ 60 (อยู่ในช่วง 40-60% ตามเกณฑ์) และ 5) สามารถทนความร้อนจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสได้

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาส่วนผสมผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอบัณฑาศ จังหวัดสุโขทัย ในครั้งนี้ ภายหลังจากดำเนินการทดลองสามารถสรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 หัวข้อตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผล

1. ผลการพัฒนาอัตราส่วนผสม และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอบัณฑาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ดังนี้ พบว่าอัตราส่วนผสมมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์อย่างมีนัยสำคัญ โดยสูตรที่มีดินบ้านทุ่งหลวงสูงให้ค่าการหดตัวสูง ขณะที่สูตรที่มีดินขาวลำปางสูงให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของทรายระยองมากขึ้น โดยสูตรที่ 20 ให้ค่าความแข็งแรงสูงสุด นอกจากนี้ สีของสโตนแวร์

จะเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบของดิน โดยดินบ้านทุ่งหลวงให้สีเข้มกว่า ขณะที่ดินขาวลำปางให้สีอ่อนลง และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) และค่าสี (a^* , b^*) ของเนื้อสโตนแวร์ดินบ้านทุ่งหลวง พบว่าค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 38.67 - 61.65 โดยสูตรที่ 34 มีค่าความสว่างสูงสุดและสูตรที่ 11 มีค่าต่ำสุด ค่าสีแดง (a^*) มีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง โดยเนื้อสโตนแวร์ที่มีสีเข้มขึ้นจะมีค่า a^* สูงขึ้น ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในระดับกลางแต่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ชัดเจน ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของอัตราส่วนผสมที่มีต่อระดับสีของสโตนแวร์

2. ผลการสร้างเกณฑ์ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

2.1 เกณฑ์การพัฒนาอัตราส่วนผสมดินสโตนแวร์ พบว่า อัตราส่วนผสมดินสโตนแวร์สามารถใช้ดินพื้นบ้าน ร้อยละ 40-60 ค่าการดูดซึมน้ำ $\leq$ ร้อยละ 3.0 ค่าการหดตัว $\leq$ ร้อยละ 10 ค่าความแข็งแรง $\geq 280 \text{ kg/cm}^2$ และเผาที่อุณหภูมิ 1,200 - 1,230 องศาเซลเซียส

2.2 ผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง พบว่าสูตรที่ 6 เป็นสูตรที่ตรงกับเกณฑ์มากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจาก 1) มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ร้อยละ 2.70 (ผ่านเกณฑ์ $\leq 3.0\%$) 2) มีค่าการหดตัวอยู่ในช่วงมาตรฐานคือ ร้อยละ 9.50 (ผ่านเกณฑ์ $\leq 10\%$) 3) มีค่าความแข็งแรงสูงใกล้เคียงกับเกณฑ์คือ 255.02 kg/cm^2 4) สัดส่วนดินพื้นบ้าน ร้อยละ 60 (อยู่ในช่วง 40-60% ตามเกณฑ์) และ 5) สามารถทนความร้อนจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสได้

การอภิปรายผล

1. ผลการพัฒนาอัตราส่วนผสม และผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนผสมมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์อย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เลิศชาย (2554) ซึ่งพบว่าการเพิ่มปริมาณดินพื้นบ้านและดินขาวส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติทางกายภาพของสโตนแวร์ เช่น การหดตัวและการดูดซึมน้ำ โดยสูตรที่มีดินบ้านทุ่งหลวงสูงจะให้ค่าการหดตัวสูง มีผลตรงกับงานวิจัยของ เพียรพิน (2560) ที่ระบุว่าดินพื้นบ้านบางชนิด เช่น ดินบ้านหนองห้วยยาง มีอัตราการหดตัวสูงขึ้นเมื่อสัดส่วนของดินเพิ่มขึ้น ขณะที่สูตรที่มีดินขาวลำปางสูงให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ วิมล (2561) ที่พบว่าดินขาวลำปางช่วยเพิ่มความพรุนของเนื้อดิน ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นหลังการเผา ส่วน

ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัดส่วนของทรายระยองมากขึ้น โดยสูตรที่ 20 ให้ค่าความแข็งแรงสูงสุด สนับสนุนข้อมูลจากงานของ ปราโมทย์ และกฤษฎากร (2559) ที่ระบุว่าการใช้ดินพื้นบ้านร่วมกับทรายสามารถเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อดิน โดยทรายทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงมากขึ้น และสอดคล้องกับงานของ นฤตม (2565) ที่ศึกษาเนื้อดินเซรามิกส์จากแร่ดินเหนียวสี ตำบลหนองบัวระเหว และพบว่าอัตราส่วนที่มีทรายและดินขาวที่เหมาะสมสามารถเพิ่มความแข็งแรงสูงสุดได้ นอกจากนี้ สีของสโตนแวร์จะเปลี่ยนแปลงตามองค์ประกอบของดิน โดยดินบ้านทุ่งหลวงให้สีเข้มกว่า ขณะที่ดินขาวลำปางให้สีอ่อนลง สอดคล้องตรงกับงานวิจัยของ อนุรัตน์ (2563) ที่ศึกษาเนื้อดินด่านเกวียนและพบว่าปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีหลังเผา และผลการทดสอบค่าความสว่าง (L^*) และค่าสี (a^* , b^*) ของเนื้อสโตนแวร์ดินบ้านทุ่งหลวง พบว่าค่าความสว่าง (L^*) อยู่ในช่วง 38.67 - 61.65 โดยสูตรที่ 34 มีค่าความสว่างสูงสุด และสูตรที่ 11 มีค่าต่ำสุด ส่วนค่าสีแดง (a^*) มีความสัมพันธ์กับค่าความสว่าง โดยเนื้อสโตนแวร์ที่มีสีเข้มขึ้นจะมีค่า a^* สูงขึ้น และพบว่าค่า a^* มีความสัมพันธ์ผกผันกับค่าความสว่าง ส่วนค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในระดับกลางแต่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ชัดเจน

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการปรับอัตราส่วนผสมของ ดินบ้านทุ่งหลวง ดินขาวลำปาง และทรายระยอง มีผลต่อ ค่าการหดตัว ค่าการดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง และค่าความสว่างของสี ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาเนื้อดินสโตนแวร์สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการสร้างเกณฑ์ซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาสโตนแวร์ และผลการคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมตามเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมหาศ จังหวัดสุโขทัย ดินขาวลำปาง และทรายระยอง ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

2.1 เกณฑ์การพัฒนาอัตราส่วนผสมดินสโตนแวร์ พบว่า สามารถใช้ดินพื้นบ้าน 40-50% สอดคล้องกับงานของ เลิศชาย (2554) ที่พบว่าการใช้ดินพื้นบ้านในสัดส่วน 40-60% สามารถให้สมบัติที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสโตนแวร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ เพียรพิน (2560) ที่ใช้ดินพื้นบ้านร่วมกับดินขาวและทรายเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ส่วนค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าร้อยละ 3.00 ผลการศึกษาพบว่าค่าการดูดซึมน้ำขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของดินขาวและทรายในสูตรผสม สูตรที่มีปริมาณดินขาวลำปางสูงขึ้นไปมีแนวโน้มเพิ่มค่าการดูดซึมน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับ งานของ วิมล (2561) และสนับสนุนผลการวิจัยของ นฤตม (2565) ที่ระบุว่าเนื้อดินที่ผ่านการพัฒนาสามารถลดค่าการดูดซึมน้ำลงได้เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้น โดยที่ค่าการหดตัวที่เหมาะสมของสโตนแวร์น้อยกว่าร้อยละ 10 ส่วนค่าความแข็งแรงค่าความแข็งแรงมากกว่า 280 kg/cm^2 และเผาที่อุณหภูมิ 1200 - 1230 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับ เลิศชาย (2554) ปราโมทย์ และกฤษฎากร (2559) และ

อนุรัตน์ (2563) ที่ระบุว่าอุณหภูมิการเผาสำหรับสโตนแวร์ที่มีส่วนผสมของดินเหนียวพื้นบ้านในช่วง 1200-1230 องศาเซลเซียส

2.2 สูตรที่ 6 เป็นสูตรที่ตรงกับเกณฑ์มากที่สุด และมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจาก มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำกว่า ร้อยละ 2.70 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ต้องมีค่าการดูดซึมน้ำต่ำเพื่อเพิ่มความหนาแน่นและลดการซึมผ่านของของเหลว สอดคล้องกับงานของ นฤตม (2565) ที่พบว่า การเพิ่มปริมาณดินขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมสามารถช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินได้ และผลการศึกษาของ เพียรพิน (2560) พบว่าดินบ้านหนองห้วยางที่มีสัดส่วนของทรายสูงมีค่าการดูดซึมน้ำลดลง ซึ่งสนับสนุนว่าการใช้ ทรายระยะ ร้อยละ 30 ในส่วนผสมของสูตรที่ 6 จะช่วยลดค่าการดูดซึมน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแม้ว่าค่าความแข็งแรงที่กำหนดเป็นเกณฑ์จะมีค่าความแข็งแรง มากกว่า 280 kg/cm^2 แต่ค่าความแข็งแรงของสูตรที่ 6 คือ 255.02 kg/cm^2 ถือว่าใกล้เคียงกับเกณฑ์ แต่ยังถือว่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง เมื่อเทียบกับสูตรมาตรฐานจากงานวิจัยหลายฉบับ เช่น เลิศชาย (2554): 35.98 kg/cm^2 วิมล (2561): $81.46 - 237.84 \text{ kg/cm}^2$ และ ปราโมทย์ (2559): 461.21 kg/cm^2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้ยังอยู่ในช่วงที่สามารถใช้งานได้จริง ในกลุ่มผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ที่ไม่เน้นรับแรงกระแทกโดยตรง เช่น จาน ชาม แก้ว หรือภาชนะสำหรับอาหารทั่วไป และสามารถเพิ่มความแข็งแรงขึ้นได้โดยการปรับแต่งส่วนผสมเพิ่มเติมได้ เช่น งานวิจัยของ ปราโมทย์ และกฤษฎากร (2559) ที่ระบุว่า การใช้ทรายร่วมกับดินพื้นบ้านจะช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์และตรงกับแนวทางของ สมใจ (2563) ที่ศึกษาเนื้อดินด่านเกวียน พบว่าการเผาที่อุณหภูมิสูงช่วยเพิ่มความแข็งแรงของเนื้อดินโดยเฉพาะเมื่อใช้ทรายและดินขาวเป็นส่วนผสม และสูตรที่ 6 มีค่าการหดตัวคือ ร้อยละ 9.50 เป็นไปตามเกณฑ์ คือ ค่าการหดตัวน้อยกว่า ร้อยละ 10 สอดคล้องกับงานของ วิมล (2561) ที่พบว่าดินขาวล้าปางสามารถช่วยควบคุมค่าการหดตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกสีให้คงที่และลดการแตกร้าวขณะเผา และสูตรที่ 6 สัดส่วนดินบ้านทุ่งหลวง ร้อยละ 60 เป็นไปตามเกณฑ์และสอดคล้องงานของ เลิศชาย (2554) พบว่าการใช้ดินพื้นบ้าน ร้อยละ 60 ร่วมกับดินขาว โดยสรุปสูตรที่ 6 เป็นสูตรที่มีความเหมาะสมซึ่งมีส่วนผสมของดินบ้านทุ่งหลวง ร้อยละ 60 ดินขาวล้าปาง ร้อยละ 10 และทรายระยะ ร้อยละ 30 และสามารถทนความร้อนจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีและนวัตกรรมเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มวิทยาลัยได้ทุนบ้านผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผาหน้าวัดลาย ตำบลทุ่งหลวง

อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัยที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบในการทดลอง ซึ่งทำให้การดำเนินการวิจัยสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- โกมล รักษ์วงศ์.(2538). **น้ำเคือบ**. กรุงเทพฯ: สถาบันราชภัฏพระนคร.
- จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี, เกพรา พงศ์ศักดิ์ศรี, และณริศรา พฤกษ์วัน. (2566). การศึกษาศักยภาพการผลิตที่ส่งผลต่อแนวทางการพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาชุมชนบ้านทุ่งหลวง อำเภอศรีมาศ จังหวัดสุโขทัย. **วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 5(3), 40-53.
- นฤตม ปิ่นทอง. (2565). การพัฒนาเนื้อดินเซรามิกสีให้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจากแร่ดินเหนียวสีบัวระเหว. **วารสารศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 14(1), 1-20.
- ปราโมทย์ ปิ่นสกุล, และกฤษฎากร เชื่อมกลาง. (2559). การพัฒนาเนื้อดิน อ.บ้านกรวด จ.บุรีรัมย์ เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแบบใบมีด. **รมยสาร**, 14(พิเศษ), 147-153.
- เพียรพิน ก่อวุฒิพงศ์. (2560). การพัฒนาส่วนผสมของเนื้อดินปั้นโดยใช้แหล่งดินบ้านหนองห้วยางเพื่อทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์. **วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**, 10(1), 60-74.
- เลิศชาย สติพัฒนางศ์. (2554). การพัฒนาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ด้วยดินขาวและดินพื้นบ้าน. **วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, 7(2), 84-92.
- วิมล ทองดอนกลิ้ง. (2561). การพัฒนาสูตรเนื้อดินปั้นสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์จากดินบ้านปลักแรด. **วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 9(2), 118-136.
- ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ. (ม.ป.ป). **ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเซรามิกส์**. ลำปาง: กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สมใจ มะหมื่น. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาท้องถิ่นภาคใต้เตาเผาไฟสูง. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น**, 12(1), 100-113.
- สมศักดิ์ ขวาลาวลย์. (2549). **เซรามิกส์**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สุนุมล เล็กสวัสดิ์. (2548). **เครื่องปั้นดินเผา พื้นฐานการออกแบบและปฏิบัติงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2546). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร: สโตนแวร์ (มอก. 602-2546)**. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2548). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่องเครื่องปั้นดินเผาสโตนแวร์ (มผช. 930/2548)**. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.

- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2562). **มาตรฐานอุตสาหกรรมเอส เครื่องปั้นดินเผา
สโตนแวร์ (มอก. เอส 49-2562)**. กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- อนุรัตน์ ภูวนาคำ. (2563). **การพัฒนาเนื้อดินด้านเกวียนเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องใช้บนโต๊ะ
อาหาร**. (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- อายุวัฒน์ สว่างผล. (2536). **เซรามิกส์เบื้องต้น**. กำแพงเพชร: สถาบันราชภัฏกำแพงเพชร.
- Singer, S.S. (1963). **Industrial Ceramics**. London: Champan and Hall Ltd.,