

## การใช้เถ้าแกลบเป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์สำหรับ ผลิตแผ่นรองเผา

สนิท ปันสกุล

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก

e-mail: sanit17@hotmail.com

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดลองใช้เถ้าแกลบเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ และเพื่อผลิตแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ เเผทดลองที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยายการศึกษาเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ขึ้นรูปแท่งทดลองและแผ่นรองเผาด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่ใช้ในการวิจัยได้จากการคำนวณอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่ใช้งานโดยทั่วไป โดยผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ  $MgO$  ร้อยละ 6.5-11  $Al_2O_3$  ร้อยละ 27-29.25  $SiO_2$  ร้อยละ 62-64.25 และนำมาคำนวณอัตราส่วนผสมจำนวน 10 ตัวอย่าง วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ เถ้าแกลบ ดินขาวระนอง ทัลค์ อะลูมินา และแมกนีไซต์ ทำการขึ้นรูปเป็นแท่งทดลองและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนเผา ได้แก่ ความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ความหดตัวก่อนเผา ความแข็งแรงก่อนเผา และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังเผา ได้แก่ ความหดตัวหลังเผา ความแข็งแรงหลังเผา ความทนไฟ ความหนาแน่นรวม และสีของเนื้อดินปั้น ผลการวิจัยพบว่าเถ้าแกลบเป็นวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเหมาะสม สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ได้ โดยสูตรส่วนผสมของวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุด ได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ในสูตรส่วนผสมมี เถ้าแกลบร้อยละ 28.73 ดินขาวระนองร้อยละ 32.32 ทัลค์ร้อยละ 25.35 อะลูมินาร้อยละ 12.56 แมกนีไซต์ร้อยละ 1.05 เนื้อดินปั้นสามารถขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ ความหดตัวก่อนเผาน้อยจนถึงไม่มีความหดตัว ความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยร้อยละ  $3.56 \pm 0.08$  ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย  $1.38 \pm 0.07$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $64.74 \pm 1.41$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.65 \pm 0.06$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สีเทาอ่อน สามารถทนไฟที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ ผู้วิจัยนำสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แบบพิมพ์โลหะสูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ขึ้นรูปได้ดี หลังผ่านการเผาสามารถนำมาใช้เป็นแผ่นรองเผาในเตาเผาได้

**คำสำคัญ :** แผ่นรองเผา คอร์เดียไรต์ เถ้าแกลบ เซรามิก

## Husk ash mixed cordierite to use as a cordierite shelf

Sanit Phinsakul

Faculty of Industrial Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,

Phitsanulok, Thailand

e-mail: sanit17@hotmail.com

### Abstract

The purpose of this research is to develop a cordierite shelf mixture by using husk ash as one on the ingredients. The firing process was at 1300°C under oxidation atmosphere and a hydraulic press was used when forming the cordierite shelf. The cordierite mixture used in this research was calculated by a formula  $\text{MgO } 6.5\text{-}11\%$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  27-29.25 % and  $\text{SiO}_2$  62-64.25 %. Moreover, the additional ingredients used are husk ash Ranong kaolin talc alumina and magnesite. Experimental forming and physical properties testing were done before firing by using a hydraulic press to see the drying shrinkage and green strength of the body. After firing, the forming and physical properties were rechecked to see fired shrinkage, strength, bulk density, softening point, and fired color of ceramic were studied. The results show that husk ash was found to be the most appropriate ingredient for mixing with cordierite to form the shelf. The best physical properties of the body were found in formula 6 which is included 28.73 % husk ash: 32.32% Ranong kaolin: 25.35 % talc: 12.56 % alumina and 1.05 % magnesite. It can be formed with a hydraulic press. No shrinkage was found in green body however,  $3.56 \pm 0.08$  % of shrinkage was found in ceramics. The green strength was  $1.38 \pm 0.07 \text{ kg/cm}^2$ , after firing the strength was increased to  $64.74 \pm 1.41 \text{ kg/cm}^2$ . In addition, bulk density was  $1.65 \pm 0.06 \text{ g/cm}^3$  on average, and the color was light grey. The softening point was 1300°C. From those results, the researcher decided to use formula 6 to form cordierite shelf with hydraulic press. The body was well formed and can be used as a shelf of kiln properly.

**keywords :** shelf, cordierite, husk ash, ceramics

### บทนำ

การเผาผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นถ้วยชาม ลูกถ้วยไฟฟ้า สุขภัณฑ์ ของตกแต่ง และอื่นๆ นั้นจำเป็นจะต้องใช้อุปกรณ์ที่ช่วยรองรับชิ้นงานไม่ให้เป็นแผ่นรองเผา ขาดั้ง มักเรียกรวมกันว่า Kiln furniture ซึ่งต้องทนอุณหภูมิสูงมากโดยไม่เปลี่ยนรูปร่าง รับน้ำหนักได้ดี ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้ดี ปัจจุบันผลิตจากวัสดุสองชนิดคือ ซีลิกอนคาร์ไบด์และ

คอร์เดียไรต์ มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป เช่นการรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูงซิลิโคนคาร์ไบด์รับน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าคอร์เดียไรต์ ส่วนคอร์เดียไรต์ทนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยเฉียบพลันได้ดีกว่าซิลิโคนคาร์ไบด์ ซิลิโคนคาร์ไบด์มีโอกาสเกิดซิลิกาที่ผิวของชิ้นงาน ทำให้ความแข็งแรงลดลง และเศษซิลิกาอาจหลุดล่อน ไปติดกับชิ้นงานได้ส่วนคอร์เดียไรต์ไม่เกิดผิวดังกล่าว ซิลิโคนคาร์ไบด์ราคาสูงกว่าคอร์เดียไรต์ (คชินท์, 2551) แผ่นรองเผาเนื้อซิลิโคนคาร์ไบด์มีราคาประมาณ 800-1000 บาทต่อแผ่น ส่วนเนื้อคอร์เดียไรต์มีราคาประมาณ 500-800 บาท/แผ่น แผ่นรองเผาเนื้อคอร์เดียไรต์ เป็นที่นิยมใช้กันมากในอุตสาหกรรมเซรามิก อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่นิยมผลิต มีอัตราส่วนของ  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  ดังนี้  $MgO$  ร้อยละ 2.60-13.8  $Al_2O_3$  ร้อยละ 25.50-38.8  $SiO_2$  ร้อยละ 51.4-64.9 วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ได้แก่ ดินขาว ทัลค์ และแมกนีไซต์ (โกมล, 2531) แกลบเป็นวัสดุเชื้อเพลิงที่นิยมใช้ในระบบการเผาอิฐมอญ เนื่องจากมีราคาถูก เมื่อกระบวนการเผาเสร็จสิ้น ทำให้ได้เถ้าแกลบจำนวนมากเป็นผลพลอยได้ ส่วนหนึ่งของเถ้าแกลบได้นำกลับไปเป็นวัตถุดิบใช้ผสมในดินเหนียวที่ใช้ผลิตอิฐมอญ แต่ยังคงมีเถ้าแกลบจำนวนมากที่ต้องกำจัดทิ้งไปแกลบนั้นเมื่อเผาแล้วจะได้ซิลิกาที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งซิลิกาก็คือวัตถุดิบสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเซรามิก โดยในแกลบจะมีซิลิกาตั้งแต่ร้อยละ 85-99 นอกจากนั้นยังมี  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$  และอื่นๆซึ่งปริมาณซิลิกาและสิ่งเจือปนเหล่านี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่เพาะปลูกข้าว ชนิดของข้าวและปุ๋ยที่ใช้ด้วย (คชินท์, 2552)

จากส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ข้างต้นมีซิลิกา ( $SiO_2$ ) อยู่สูงถึงร้อยละ 64.9 วัตถุดิบหลักที่ใช้ทำเนื้อดินคอร์เดียไรต์ที่ให้ซิลิกา คือ ดินขาวตามแหล่งต่างๆเช่น ดินขาวระนอง ดินขาวลำปาง ซึ่งดินขาวเป็นวัตถุดิบที่ได้จากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติใช้แล้วหมดไป และอาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมได้ ทางผู้วิจัยได้เล็งเห็นว่า เถ้าแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งและมีอยู่มากในท้องถิ่น เป็นวัสดุที่มีความเหมาะสมทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมี สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงทดแทนการใช้ดินขาว ในการผลิตเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ได้ ดังนั้นจากความจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์ในเตาเผา ที่มีต้นทุนสูงสำหรับกระบวนการเผาเซรามิกต่างๆ อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ประกอบกับเถ้าแกลบที่เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการเผาอิฐมอญและมีอยู่มาก อันเป็นวัสดุไร้ค่า เป็นเหตุจูงใจที่ผู้วิจัยต้องการทดลองพัฒนาสูตรส่วนผสมของเนื้อดินคอร์เดียไรต์ โดยใช้เถ้าแกลบเป็นวัตถุดิบในสูตรส่วนผสมเพื่อผลิตแผ่นรองเผา โดยเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ที่มีอยู่ในท้องตลาด ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการพัฒนา ใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งของท้องถิ่นอย่างคุ้มค่าต่อเนื่องและยั่งยืนตลอดไป

## วิธีดำเนินการวิจัย

### 1. การกำหนดสูตรส่วนผสม

สูตรส่วนผสมที่ใช้ทดลองได้จากอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่ใช้งานโดยทั่วไป มีอัตราส่วนของสารประกอบ  $MgO-Al_2O_3-SiO_2$  ดังนี้  $MgO$  ร้อยละ 2.60-13.8  $Al_2O_3$  ร้อยละ 25.50-38.8  $SiO_2$  ร้อยละ 51.4-64.9 โดยผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนผสมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ  $MgO$  อยู่ในช่วงร้อยละ 6.5-11  $Al_2O_3$  อยู่ในช่วงร้อยละ 27-29.25  $SiO_2$  อยู่ในช่วงร้อยละ 62-64.25 เนื่องจากทำให้สามารถใส่เถ้าแกลบได้ในปริมาณที่สูงในสูตรทดลอง หลังจากนั้นคำนวณสูตรจากอัตราส่วนของสารประกอบมาเป็นอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบด้วยผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยใช้

วัตถุดิบ 5 ชนิดได้แก่ เถ้าแกลบ ดินขาวระนอง ทลค์ อะลูมินาและแมกนีไซต์ ได้ส่วนผสมจำนวน 10 ตัวอย่าง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อดินปั้นคอร์เตียร์ไรต์

| สูตรที่ | อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ (กรัม) |             |       |          |           |
|---------|--------------------------------|-------------|-------|----------|-----------|
|         | เถ้าแกลบ                       | ดินขาวระนอง | ทลค์  | อะลูมินา | แมกนีไซต์ |
| 1       | 38.70                          | 23.96       | 19.79 | 17.50    | 0.05      |
| 2       | 36.67                          | 25.67       | 20.93 | 16.47    | 0.26      |
| 3       | 34.65                          | 27.36       | 22.06 | 15.47    | 0.46      |
| 4       | 32.66                          | 29.03       | 23.17 | 14.49    | 0.64      |
| 5       | 30.69                          | 30.69       | 24.27 | 13.52    | 0.84      |
| 6       | 28.73                          | 32.32       | 25.35 | 12.56    | 1.05      |
| 7       | 26.80                          | 33.94       | 26.44 | 11.61    | 1.21      |
| 8       | 24.88                          | 35.55       | 27.50 | 10.66    | 1.40      |
| 9       | 22.98                          | 37.13       | 28.57 | 9.73     | 1.58      |
| 10      | 21.11                          | 38.69       | 29.61 | 8.80     | 1.78      |

## 2. การบดผสมวัตถุดิบ

ชั่งส่วนผสมวัตถุดิบสูตรละ 1,000 กรัม แล้วบดผสมให้เข้ากันด้วยหม้อบดโดยวิธีการบดแห้ง ใช้เวลาบดสูตรละ 20 นาที หลังจากนั้นนำมาผสมกับน้ำ จำนวน 150 กรัม คลุกเคล้าให้เข้ากัน

## 3. การขึ้นรูปขึ้นทล่อง

ขึ้นรูปขึ้นทล่องด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ขนาด  $12 \times 3 \times 2$  เซนติเมตร สูตรส่วนผสมละ 10 ชิ้น โดยใช้แรงอัดที่ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปล่อยขึ้นทล่องให้แห้งแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส

## 4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

### 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นก่อนเผา

ทดสอบความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยพิจารณาจากความสำเร็จของขึ้นทล่องหลังผ่านการขึ้นรูป ทดสอบความหดตัว โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของขึ้นทล่องหลังจากอบแห้ง ทดสอบโดยใช้สูตรของ Rhedes (1974) และ ทดสอบความแข็งแรง โดยการทดสอบความทนทานต่อแรงกดของขึ้นทล่องหลังจากอบแห้ง ทดสอบโดยใช้สูตรของ Andrewe (1957) หลังจากนั้นนำไปเผาทดลองด้วยเตาแก๊ส อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ใช้ระยะเวลาในการเผา 8 ชั่วโมง

#### 4.2 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นหลังเผา

ทดสอบความหดตัว โดยคำนวณจากการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาตรของชิ้นทดลองหลังผ่านการเผา ทดสอบโดยใช้สูตรของ Rhedes (1974) ทดสอบความแข็งแรง โดยการทดสอบความทนทานต่อแรงกดของชิ้นทดลองหลังผ่านการเผา ทดสอบโดยใช้สูตรของ Andrewe (1957) ทดสอบความทนไฟ โดยดูค่าการยุบตัวของแท่งทดลองหลังผ่านการเผา ทดสอบตามวิธีการจากหนังสือของ ไพจิตร (2541) ทดสอบความหนาแน่นรวม โดยการคำนวณจากค่ามวลของสารต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ตามสูตรการหาความหนาแน่นรวมทั่วไป ทดสอบสีของเนื้อดิน โดยการวัดค่าสีด้วยสายตาและเปรียบเทียบกับแผ่นเทียบสีมาตรฐาน Pantone Formula Guides

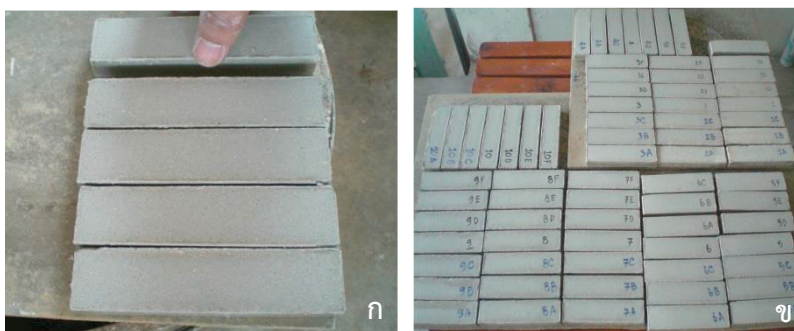
#### 5. การคัดเลือกสูตรส่วนผสม

คัดเลือกสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่มีความเหมาะสม ไปทดลองผลิตแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์โดยพิจารณาจากความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ค่าความหดตัวก่อนเผาและหลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผา และเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพด้านความแข็งแรงและความหนาแน่นรวมของแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ จากบริษัท ซี.เค.เซรามิกส์ ตำบลไร่ขิง อำเภอสามปราน จังหวัดนครปฐม

### ผลการวิจัย

#### 1. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์

คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ ก่อนเผาและหลังเผาอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยายการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ พบว่า เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสมสามารถขึ้นรูปเป็นแท่งทดลองขนาด  $12 \times 3 \times 2$  เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ แท่งทดลองเมื่อผ่านการอบแห้งมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสูตรส่วนผสมของเนื้อดินประกอบด้วยวัตถุดิบกลุ่มที่ไม่มีความเหนียวในปริมาณมากเช่น ถั่วกลบ ทัลค อะลูมินาและแมกนีไซต์ ประกอบกับใช้น้ำในปริมาณน้อยในการผสม ทำให้แท่งทดลองมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวหลังการอบแห้ง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แท่งทดลองที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก (ก) แท่งทดลองที่ผ่านการอบแห้งแล้ว (ข)

เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงก่อนเผาลดลงน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 3 เนื้อดินปั้นที่มีความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 เนื้อดินปั้นที่มีความหดตัวหลังเผาลดลงน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 9 เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาลดลงน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 2 ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง  $1.60 \pm 0.04$  -  $1.66 \pm 0.09$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเนื้อดินปั้นที่มีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 9 เนื้อดินปั้นที่มีความหนาแน่นรวมเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 3 เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรสามารถทนความร้อนโดยที่่างทดลองไม่ยุบตัวที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ สีของเนื้อดินปั้นมีสีใกล้เคียงกันคือสีเทาอ่อนผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ก่อนเผา และหลังเผา อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์

| สูตรที่ | คุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผา                        |                             | คุณสมบัติทางกายภาพหลังเผา                    |                                              |
|---------|--------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------|
|         | ความแข็งแรงเฉลี่ย<br>(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ความหดตัวเฉลี่ย<br>(ร้อยละ) | ความแข็งแรงเฉลี่ย(กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) | ความหนาแน่นรวม<br>(กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) |
| 1       | 1.18±0.04                                        | 3.97±0.17                   | 52.35±1.67                                   | 1.60±0.07                                    |
| 2       | 1.36±0.25                                        | 4.08±0.14                   | 49.18±4.26                                   | 1.61±0.06                                    |
| 3       | 0.98±0.02                                        | 3.83±0.22                   | 58.59±3.28                                   | 1.60±0.04                                    |
| 4       | 1.33±0.04                                        | 3.78±0.10                   | 62.90±1.58                                   | 1.63±0.04                                    |
| 5       | 1.21±0.04                                        | 3.64±0.99                   | 61.50±3.65                                   | 1.61±0.04                                    |
| 6       | 1.38±0.07                                        | 3.56±0.08                   | 64.74±1.41                                   | 1.65±0.06                                    |
| 7       | 1.27±0.09                                        | 3.92±0.10                   | 61.03±1.58                                   | 1.65±0.06                                    |
| 8       | 1.29±0.13                                        | 3.92±0.17                   | 57.15±1.91                                   | 1.65±0.04                                    |
| 9       | 1.29±0.08                                        | 3.89±0.47                   | 64.98±2.31                                   | 1.66±0.09                                    |
| 10      | 1.26±0.17                                        | 4.42±0.36                   | 50.20±1.85                                   | 1.65±0.06                                    |

## 2. การทดลองผลิตแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์

การคัดเลือกสูตรส่วนผสมสำหรับผลิตแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ พิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพด้านความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ความหดตัวก่อนเผาและหลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผา และความหนาแน่นรวม โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติ ด้านความแข็งแรงและความหนาแน่นรวม ของแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์จาก บริษัท ซี.เค.เซรามิกส์ ตำบลไร่จึง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ บริษัท ซี.เค.เซรามิกส์ พบว่า มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $25.67 \pm 1.58$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.79 \pm 0.05$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีสีขาวครีม จากการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผาพบว่าเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 เนื้อดินปั้นไม่หดตัวก่อนเผา ความหดตัวหลังเผาเฉลี่ย  $3.56 \pm 0.08$  ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย  $1.38 \pm 0.07$

ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $64.74 \pm 1.41$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.65 \pm 0.06$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สีเทาอ่อน ผู้วิจัยนำสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์แผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แบบพิมพ์โลหะ สูตรส่วนผสมขึ้นรูปได้ดี หลังผ่านการเผาสามารถนำมาใช้เป็นแผ่นรองเผาในเตาเผาได้กระบวนการขึ้นรูปแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ด้วยแบบพิมพ์โลหะและการเผาดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กระบวนการขึ้นรูปแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ด้วยแบบพิมพ์โลหะ (ก) การขึ้นรูปแผ่นรองเผาให้แห้ง (ข) การเผาแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ (ค) แผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ที่ผ่านการเผาแล้ว (ง)

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ โดยใช้แก้วกลมเป็นวัตถุคืบในสูตรส่วนผสมก่อนเผาและหลังเผาอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ก่อนเผาความหดรตัวก่อนเผา เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสม มีความหดรตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดรตัวก่อนเผา สาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นมีความหดรตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดรตัวเนื่องจากวัตถุคืบที่ใช้เป็นส่วนผสม เป็นวัตถุคืบในกลุ่มที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ แก้วกลม ทัลค อลูมินา แมกนีไซต์ รวมกันอยู่มาก ในช่วงร้อยละ 61.30-76.04 แต่มีวัตถุคืบในกลุ่มที่มีความเหนียว ได้แก่ ดินขาวระนอง อยู่น้อย ในช่วงร้อยละ 23.96-38.69 ประกอบกับใช้น้ำเป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปปริมาณน้อย จึงทำให้เนื้อดินปั้นมีความหดรตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดรตัวก่อนเผา สอดคล้องกับ สุขุมล (2548) ที่กล่าวว่า การหดรตัวของดินเมื่อแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากเนื้อดินสูญเสียน้ำออกไป ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนเผา ค่าความแข็งแรงก่อนเผาของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ทั้ง 10 สูตรโดยเฉลี่ยแล้วมีค่าความแข็งแรงน้อย ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนเผาขึ้นอยู่กับวัตถุคืบที่อยู่ในสูตรส่วนผสม ถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุคืบประเภทที่มีความเหนียวอยู่มากก็จะทำให้สูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้นนั้นมีความแข็งแรงมาก แต่ถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุคืบประเภทที่ไม่มีความเหนียว

อยู่มาจะทำให้สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงน้อยตามมา ตามที่ กาญจนะ (2530) ได้กล่าวว่า ดินที่มีความละเอียดมาก และมีความเหนียวดีย่อมมีความแข็งแรงดีกว่าดินหยาบและไม่ค่อยเหนียว ตัวอย่างเช่น ดินเหนียวเมื่อนำมาขึ้นรูปและผึ่งให้แห้งแล้ว จะมีความแข็งแรงดีกว่าดินขาวความสามารถในการขึ้นรูปด้วยการอัด เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสมสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ ถึงแม้ว่าในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสมจะมีวัตถุดิบในกลุ่มที่ไม่มีความเหนียวอยู่มากได้แก่ เถ้าแกลบ ทลค์ อะลูมินา แมกนีไซต์ ในช่วงร้อยละ 61.30-76.04 แต่ก็ยังสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดได้ เนื่องจากใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกใช้แรงอัดสูงถึง 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงมีส่วนช่วยทำให้เนื้อดินปั้นสามารถขึ้นรูปได้

คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์หลังเผาเนื้อดินปั้นที่มีความหดรตัวหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 ความหดรตัวเฉลี่ยร้อยละ  $4.42 \pm 0.36$  เนื้อดินปั้นที่มีความหดรตัวหลังเผาเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ความหดรตัวเฉลี่ยร้อยละ  $3.56 \pm 0.08$  สาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 มีความหดรตัวเฉลี่ยหลังเผามากที่สุดอาจเป็นเพราะเนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 มีเถ้าแกลบและอะลูมินาอย่างน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนในสูตรส่วนผสมทั้งหมด เถ้าแกลบเป็นวัตถุดิบที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลัก มีคุณสมบัติช่วยลดการหดตัวของเนื้อดินทั้งก่อนเผาและหลังเผา เช่นเดียวกับอะลูมินาที่เป็นสารทนความร้อนและลดการหดตัว เมื่อในสูตรส่วนผสมมีสารที่ช่วยลดความหดรตัวอยู่น้อยจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นเกิดความหดรตัวมากสอดคล้องกับ ปุณณรัตน์ (2538) ที่กล่าวว่า อะลูมินาเพิ่มจุดสุกตัวของเนื้อดินให้สูงขึ้น ซิลิกาเป็นตัวลดอัตราการหดตัวในเนื้อดินเมื่อแห้งและภายหลังการเผาเนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 9 ความแข็งแรงเฉลี่ย  $64.98 \pm 2.31$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 2 ความแข็งแรงเฉลี่ย  $49.18 \pm 4.26$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปัจจัยที่ทำให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงหลังเผาสูงมีหลายอย่าง เช่น เนื้อดินเผมาถึงจุดสุกตัวเป็นเนื้อเดียวกัน หรือในส่วนผสมมีวัตถุดิบที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง เช่น ซิลิกา อะลูมินา หรือ ทลค์ เมื่อพิจารณาส่วนผสมวัตถุดิบสูตรที่ 9 พบว่า เถ้าแกลบและอะลูมินาลดลง แต่ปริมาณของทลค์เพิ่มมากขึ้น จึงอาจเป็นไปได้ว่าทลค์มีส่วนช่วยทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งทลค์ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และเพิ่มความแข็งแรง (สมศักดิ์, 2549) เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ ความทนไฟของเนื้อดินปั้นเกิดจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุดิบในกลุ่มที่เป็นวัตถุดิบไฟอยู่มากจะส่งผลทำให้เนื้อดินปั้นมีความทนไฟมากตามมา ทั้งนี้เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีวัตถุดิบ เช่น เถ้าแกลบ และอะลูมินา ในสูตรส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 21.11-38.70 และ ร้อยละ 23.96-38.69 ตามลำดับ วัตถุดิบทั้งสองชนิดเป็นวัตถุดิบในกลุ่มวัตถุดิบไฟเมื่อมีอยู่มากในสูตรส่วนผสมจึงทำให้เนื้อดินปั้นสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของ ไพจิตร (2541) ที่กล่าวว่าอะลูมินาเป็นวัตถุดิบที่มีความทนไฟสูง มีความทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และถูกนำมาใช้ในการผลิตวัตถุดิบไฟ นอกจากนี้ในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีดินขาวเป็นส่วนประกอบ ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่มีความทนไฟจึงมีส่วนช่วยทำให้เนื้อดินปั้นทนไฟมากขึ้น ตามคำกล่าวของ Peter (1991) ที่กล่าวว่า ดินขาวเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเนื้อดินปั้นและเคลือบสำหรับงานเซรามิกอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง  $1.60 \pm 0.04$  -  $1.66 \pm 0.09$  กรัมต่อลูกบาศก์



เซนติเมตร ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกโดยใช้แรงอัดที่ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปแต่สูตรเท่ากันจึงส่งผลทำให้ขนาดของชิ้นงานมีขนาดใกล้เคียงกัน ประกอบกับวัตถุดิบที่ใช้มีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่น้อยไม่เกิดการสลายตัวขณะเผาทำให้น้ำหนักและขนาดของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงมากทำให้ผลการคำนวณความหนาแน่นรวมมีค่าใกล้เคียงกัน เนื้อดินปั้นมีสีใกล้เคียงกันคือสีเทาอ่อน สีของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ที่ปรากฏภายหลังการเผาเกิดจากสีของ แถ่กลบ ดินขาวระนอง ทัลค์ อะลูมินา และ แมกนีไซต์ ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวเมื่อผ่านการเผา จะได้เนื้อดินปั้นที่มีสีเทาหรือสีขาวครีม สอดคล้องกับคำกล่าวของ Jones & Barand (1993) ที่กล่าวว่า ดินขาวเมื่อผ่านการเผาแล้วจะให้สีขาวครีมจนถึงสีขาว

การทดลองผลิตแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์ เป็นการคัดเลือกสูตรส่วนผสมจากการทดลอง โดยพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ความหดตัวก่อนเผาและหลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผา และความหนาแน่นรวม โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความแข็งแรงและความหนาแน่นรวม ของแผ่นรองเผาคอร์เตียไรต์จากบริษัท ซี.เค.เซรามิกส์ ตำบลไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $25.67 \pm 1.58$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.79 \pm 0.05$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีสีขาวครีม พบว่าเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ในสูตรส่วนผสมมีแถ่กลบร้อยละ 28.73 ดินขาวระนองร้อยละ 32.32 ทัลค์ร้อยละ 25.35 อะลูมินาร้อยละ 12.56 แมกนีไซต์ร้อยละ 1.05 เนื้อดินปั้นขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ เนื้อดินปั้นมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวก่อนเผา ความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยร้อยละ  $3.56 \pm 0.08$  ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย  $1.38 \pm 0.07$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $64.74 \pm 1.41$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.65 \pm 0.06$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สีเทาอ่อน สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นันทพร และคณะ (2554) ที่สังเคราะห์ผงคอร์เตียไรต์จากแถ่กลบ โดยผสมวัตถุดิบทัลค์ อะลูมินา และซิลิกาที่เตรียมได้จากแถ่กลบ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ ของผงเซรามิกที่สังเคราะห์ได้พบเฟสหลักคือ เฟสคอร์เตียไรต์และพบเฟสรองของสไปเนลและเอนสทาไทต์ในปริมาณน้อย

### อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ โดยใช้แถ่กลบเป็นวัตถุดิบในสูตรส่วนผสมก่อนเผาและหลังเผาอุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ก่อนเผาความหดตัวก่อนเผา เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสม มีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวก่อนเผา สาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสม เป็นวัตถุดิบในกลุ่มที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ แถ่กลบ ทัลค์ อะลูมินา แมกนีไซต์ รวมกันอยู่มาก ในช่วงร้อยละ 61.30-76.04 แต่มีวัตถุดิบในกลุ่มที่มีความเหนียว ได้แก่ ดินขาวระนอง อยู่น้อย ในช่วงร้อยละ 23.96-38.69 ประกอบกับใช้น้ำเป็นส่วนผสมในการขึ้นรูปปริมาณน้อย จึงทำให้เนื้อดินปั้นมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวก่อนเผา สอดคล้องกับ สุขุมล (2548) ที่กล่าวว่า การหดตัวของดินเมื่อแห้งเกิดขึ้นเนื่องจากเนื้อดินสูญเสียน้ำออกไป ความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนเผา ค่าความแข็งแรงก่อนเผาของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์ทั้ง 10

สูตรโดยเฉลี่ยแล้วมีค่าความแข็งแรงน้อย ทั้งนี้เนื่องจากค่าความแข็งแรงของเนื้อดินปั้นก่อนเผาขึ้นอยู่กับการอัดที่มืออยู่ในสูตรส่วนผสม ถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุดิบประเภทที่มีความเหนียวอยู่มากก็จะทำให้สูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้นนั้นมีความแข็งแรงมาก แต่ถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุดิบประเภทที่ไม่มีความเหนียวอยู่มากจะทำให้สูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงน้อยตามมา ตามที่ กาญจนะ (2530) ได้กล่าวว่า ดินที่มีความละเอียดมาก และมีความเหนียวดีย่อมมีความแข็งแรงดีกว่าดินหยาบและไม่ค่อยเหนียว ตัวอย่างเช่น ดินเหนียวเมื่อนำมาขึ้นรูปและผึ่งให้แห้งแล้ว จะมีความแข็งแรงดีกว่าดินขาวความสามารถในการขึ้นรูปด้วยการอัด เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสมสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ ถึงแม้ว่าในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตรส่วนผสมจะมีวัตถุดิบในกลุ่มที่ไม่มีความเหนียวอยู่มากได้แก่ ถั่วแกลบ ทลัค อะลูมินา แมกนีไซต์ ในช่วงร้อยละ 61.30-76.04 แต่ก็ยังสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการอัดได้ เนื่องจากใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกใช้แรงอัดสูงถึง 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร จึงมีส่วนช่วยทำให้เนื้อดินปั้นสามารถขึ้นรูปได้คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นคอร์เตียไรต์หลังเผา เนื้อดินปั้นที่มีความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 ความหดตัวเฉลี่ยร้อยละ  $4.42 \pm 0.36$  เนื้อดินปั้นที่มีความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยน้อยที่สุด ได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ความหดตัวเฉลี่ยร้อยละ  $3.56 \pm 0.08$  สาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 มีความหดตัวเฉลี่ยหลังเผามากที่สุดอาจเป็นเพราะเนื้อดินปั้นสูตรที่ 10 มีถั่วแกลบและอะลูมินาที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนในสูตรส่วนผสมทั้งหมด ถั่วแกลบเป็นวัตถุดิบที่มีซิลิกาเป็นส่วนประกอบหลัก มีคุณสมบัติช่วยลดการหดตัวของเนื้อดินทั้งก่อนเผาและหลังเผา เช่นเดียวกับอะลูมินาที่เป็นสารทนความร้อนและลดการหดตัว เมื่อในสูตรส่วนผสมมีสารที่ช่วยลดความหดตัวอยู่น้อยจึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เนื้อดินปั้นเกิดความหดตัวมากสอดคล้องกับ ปุณณรัตน์ (2538) ที่กล่าวว่า อะลูมินาเพิ่มจุดสุกตัวของเนื้อดินให้สูงขึ้น ซิลิกาเป็นตัวลดอัตราการหดตัวในเนื้อดินเมื่อแห้งและภายหลังการเผา เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 9 ความแข็งแรงเฉลี่ย  $64.98 \pm 2.31$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินปั้นที่มีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ยน้อยที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 2 ความแข็งแรงเฉลี่ย  $49.18 \pm 4.26$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปัจจัยที่ทำให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแรงหลังเผาสูงมีหลายอย่าง เช่น เนื้อดินเผาถึงจุดสุกตัวเป็นเนื้อเดียวกัน หรือในส่วนผสมมีวัตถุดิบที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรง เช่น ซิลิกา อะลูมินา หรือ ทลัค เมื่อพิจารณาคูส่วนผสมวัตถุดิบสูตรที่ 9 พบว่า ถั่วแกลบและอะลูมินาลดลงแต่ปริมาณของทลัคเพิ่มมากขึ้น จึงอาจเป็นไปได้ว่าทลัคมีส่วนช่วยทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งทลัคใช้ผสมในเนื้อดินปั้นเพื่อให้ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และเพิ่มความแข็งแรง (สมศักดิ์, 2549) เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ ความทนไฟของเนื้อดินปั้นเกิดจากวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นถ้าในสูตรส่วนผสมมีวัตถุดิบในกลุ่มที่เป็นวัตถุดิบไฟอยู่มากจะส่งผลทำให้เนื้อดินปั้นมีความทนไฟมากตามมา ทั้งนี้เนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีวัตถุดิบ เช่น ถั่วแกลบ และอะลูมินา ในสูตรส่วนผสมอยู่ในช่วงร้อยละ 21.11-38.70 และ ร้อยละ 23.96-38.69 ตามลำดับ วัตถุดิบทั้งสองชนิดเป็นวัตถุดิบในกลุ่มวัตถุดิบไฟเมื่อมีอยู่มากในสูตรส่วนผสมจึงทำให้เนื้อดินปั้นสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ สอดคล้องกับคำกล่าวของ ไพจิตร (2541) ที่กล่าวว่าอะลูมินาเป็นวัตถุดิบที่มีความทนไฟสูง มีความทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และถูกนำมาใช้ในการผลิตวัตถุดิบไฟ นอกจากนี้ในสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีดินขาวระนองเป็นส่วนประกอบ ดินขาวเป็นวัตถุดิบที่มีความทนไฟจึงมีส่วนช่วยทำให้เนื้อดินปั้นทนไฟมากขึ้น

ตามคำกล่าวของ Peter (1991) ที่กล่าวว่า ดินขาวเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญของเนื้อดินปั้นและเคลือบสำหรับงานเซรามิกอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของเนื้อดินปั้นทั้ง 10 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง  $1.60 \pm 0.04$  -  $1.66 \pm 0.09$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากกระบวนการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกโดยใช้แรงอัดที่ 100 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรและปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปแต่ละสูตรเท่ากันจึงส่งผลทำให้ขนาดของชิ้นงานมีขนาดใกล้เคียงกัน ประกอบกับวัตถุดิบที่ใช้มีอินทรีย์วัตถุปะปนอยู่น้อยไม่เกิดการสลายตัวขณะเผาทำให้น้ำหนักและขนาดของชิ้นงานไม่เปลี่ยนแปลงมากทำให้ผลการคำนวณความหนาแน่นรวมมีค่าใกล้เคียงกัน เนื้อดินปั้นมีสีใกล้เคียงกันคือสีเทาอ่อน สีของเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ที่ปรากฏภายหลังการเผาเกิดจากสีของ เถ้ากลบดินขาวระนอง ทัลค์ อะลูมินา และ แมกนีไซต์ ซึ่งวัตถุดิบดังกล่าวเมื่อผ่านการเผา จะได้เนื้อดินปั้นที่มีสีเทาหรือสีขาวครีม สอดคล้องกับคำกล่าวของ Jones & Barand (1993) ที่กล่าวว่า ดินขาวเมื่อผ่านการเผาแล้วจะให้สีขาวครีมจนถึงสีขาว การทดลองผลิตแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ เป็นการคัดเลือกสูตรส่วนผสมจากการทดลอง โดยพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความสามารถในการขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก ความหดตัวก่อนเผาและหลังเผา ความแข็งแรงก่อนเผาและหลังเผา และความหนาแน่นรวม โดยเปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพ ด้านความแข็งแรงและความหนาแน่นรวม ของแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์จาก บริษัท ซี.เค.เซรามิกส์ ตำบลไร่ขิง อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $25.67 \pm 1.58$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.79 \pm 0.05$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีสีขาวครีม พบว่าเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุดได้แก่เนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ในสูตรส่วนผสมมีเถ้ากลบร้อยละ 28.73 ดินขาวระนองร้อยละ 32.32 ทัลค์ร้อยละ 25.35 อะลูมินาร้อยละ 12.56 แมกนีไซต์ร้อยละ 1.05 เนื้อดินปั้นขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกได้ เนื้อดินปั้นมีความหดตัวน้อยจนถึงไม่มีความหดตัวก่อนเผา ความหดตัวหลังเผาเฉลี่ยร้อยละ  $3.56 \pm 0.08$  ความแข็งแรงก่อนเผาเฉลี่ย  $1.38 \pm 0.07$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความแข็งแรงหลังเผาเฉลี่ย  $64.74 \pm 1.41$  กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความหนาแน่นรวมเฉลี่ย  $1.65 \pm 0.06$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สีเทาอ่อน สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 1,300 องศาเซลเซียสได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นันทพร และคณะ (2554) ที่สังเคราะห์ผงคอร์เดียไรต์จากเถ้ากลบ โดยผสมวัตถุดิบ ทัลค์ อะลูมินา และซิลิกาที่เตรียมได้จากเถ้ากลบ จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนส์ของผงเซรามิกที่สังเคราะห์ได้พบเฟสหลักคือ เฟสคอร์เดียไรต์และพบเฟสรองของสไปเนลและเอนสทาไทต์ในปริมาณน้อย

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พบว่าเถ้ากลบสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์และนำมาใช้เป็นแผ่นรองเผาในเตาเผาได้ผู้วิจัยนำสูตรส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสูตรที่ 6 ไปขึ้นรูปแผ่นรองเผาคอร์เดียไรต์ด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิก โดยใช้แบบพิมพ์โลหะ สูตรส่วนผสมเนื้อดินปั้นคอร์เดียไรต์ขึ้นรูปได้ดี

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณสาขาวิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ให้ความสนับสนุนสถานที่ดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้การสนับสนุนด้วยดีเสมอมา ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารอ้างอิง

- กาญจนะ แก้วกำเนิด. (2530). การทดสอบวัตถุดิบเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้นในห้องปฏิบัติการ พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- โกมล รักช่วงศ์. (2531). วัตถุดิบที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยครูพระนคร.
- คชินท์ สายอินทวงศ์. (2551). การผลิตแผ่นรองเผาชนิดคอร์เดียไรท์ (cordierite) - มัลไลท์ (mullite). วารสารเซรามิกส์. 12 (29), 18-19.
- คชินท์ สายอินทวงศ์. (2552). แกลบวัตถุดิบหัตถกรรมสำหรับงานเซรามิก. <http://thaiceramicsociety.com/rm/> เข้าถึง 14 กันยายน 2552.
- นันทพร คงคะจันทร์ ณัฐรจา สายสิน และ สุภรัตน์ แก้วเงิน. (2554). การสังเคราะห์ผงคอร์เดียไรท์จากเถ้าแกลบ. วารสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ปูลณรัตน์ พิชญ์ไพบูลย์. (2538). เครื่องเคลือบดินเผาเทคนิคและวิธีการสร้างสรรค์ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541). เนื้อดินเซรามิก พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- สุขุมล เล็กสวัสดิ์. (2548). เครื่องปั้นดินเผาพื้นฐานการออกแบบ พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์. (2549). เซรามิกส์พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- Andrews, A.I. (1957). *Ceramic test and calculation*. New York: John Milley and Sons.
- Jones, J.T., & Barand, M.F. (1993). *Ceramic: industrial processing and testing*. United States of America: Iowa State University.
- Peter, L. (1991). *Introduction to ceramics*. Italy: Pylyne Books/Townsend Typesetters.
- Rhodes, D. (1974). *Clay and glazes for the potter*. New York: Chilton Book.