

การศึกษาสมบัติทางแร่วิทยา องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติกายภาพของดินเหนียว
จากแหล่งผลิตเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านชุมชนโรงอ่าง จังหวัดปัตตานี
Study of Mineralogy, Chemical Composition and Physical Properties of Clays
from L°Cal Pottery Areas Rongang Community Pattani Province

สุนารี บดีพงษ์^{1*}, ปิยะ ผ่านศึก¹, อภิญญา สุกลรัตน์²
Sunaree Bordeepong^{1*}, Piya Phansuke¹, Apinya Sukolrat²

¹แผนกวิชาฟิสิกส์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

²ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

¹Physics Section, Department of Science, Faculty of Science and Technology,
Prince of Songkla University, Pattani Campus, Thailand

²Scientific Equipment Center, Prince of Songkla University, Hatyai Campus, Thailand

*Corresponding author. Tel.: 0 7331 2201, Email: sunaree.b@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางแร่วิทยา องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชุมชนโรงอ่างจาก จ.ปัตตานี พบว่าดินเหนียวส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ อิลไลต์-เคลโอไลต์เล็กน้อย มี SiO₂ สูง ร้อยละ 47.68-58.36 รองลงมาเป็น Al₂O₃ ร้อยละ 24.11-26.94 Fe₂O₃ ร้อยละ 2.35-3.18 และ TiO₂ ร้อยละ 1.32-1.46 ดินขนาดเล็กลงกว่า 45 ไมโครเมตร ที่ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช พบมากที่สุดร้อยละ 61.94 เป็นอนุภาคที่มีความละเอียดทำให้ดินมีความเหนียว เมื่อเผาผลาญตัวอย่างรวดเร็วในช่วงอุณหภูมิ 700-900 °C พบว่ามวลจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากสูญเสียน้ำและอินทรีย์วัตถุถูกเผาไหม้ การทดสอบดินเหนียวหลังเผาอุณหภูมิ 700-900 °C พบว่ามีการหดตัวร้อยละ 5.10-7.95 ความหนาแน่นหลังเผา 1.69-1.71 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความแข็งแรงหลังการเผาเท่ากับ 1.42-3.88 เมกะพาสคัล ดินเหนียวจากชุมชนโรงอ่างมีสมบัติสำหรับที่จะใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้าน โดยมีจุดเด่นตรงที่มีปริมาณ Al₂O₃ สูงเหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ทนไฟ ผลิตภัณฑ์หดตัวเล็กน้อยหลังการเผาอุณหภูมิ 900 °C จึงไม่เสียรูปทรงหรือบิดเบี้ยวแต่มีข้อเสียที่มีอนุภาคควอตซ์ขนาดใหญ่กว่า 300 ไมโครเมตร ปนอยู่ทำให้เนื้อดินหยาบ มีความพรุนสูงและความแข็งแรงน้อยหากปรับปรุงดินจะทำให้มีสมบัติดีขึ้น

คำสำคัญ: ดินเหนียว แร่วิทยา องค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางกายภาพ

Received 25-10-2018

Revised 03-12-2018

Accepted 06-12-2018

ABSTRACT

Mineralogical, chemical composition and ceramic properties of clay from l°Cal pottery area in Rongang community Pattani Province were studied to assess their potential for use. The majority of clay was quartz with slightly kaolinite and illite. High SiO₂ content (47.68-58.36%), Al₂O₃ (24.11-26.94%), Fe₂O₃ (2.35-3.18%) and TiO₂ (1.32-1.46%) was determined. Large amount of clay (61.94%) with the size less than 45 μm were passed sieve number of 325 mesh as the fine particles resulting to increase the clay toughness. It was found that weight was rapidly decreased in the temperature range of 700-900 °C, the weight decreases slightly due to the loss of water and organic matter. Testing of clay after fired at temperatures of 700-900 °C was found that the linear shrinkage were 5.10-7.95%. Densities were 1.69-1.71 g/cm³. Flexural strength of colcined somples were 1.42-3.88 MPa. Clay from Rongang community can use as raw materials l°Cal pottery with a high Al₂O₃ content suitable for refractory products. The product was slightly shrinkage after the temperature of 900 °C with non-deformation or distortion however, there were disadvantages with large quartz particles size higher than 300 μm resulting in rough texture, high porosity and less strength. Therefore, the quality of soil was improved, their properties will be also improved.

Keywords: Clay, Mineralogical, Chemical composition, Ceramic properties

1. บทนำ

เครื่องปั้นดินเผาเป็นผลิตภัณฑ์หัตถกรรมไทยที่ผูกพันกับชีวิตคนไทยมาช้านาน เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านจัดเป็นผลิตภัณฑ์เซรามิกแบบดั้งเดิม (Tradition ceramics) ชนิดเอิร์ทเทินแวร์ (Earthen ware) ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผาไม่สูงมากอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 800-1,150 °C [1] ได้แก่ อิฐ กระจก โอ่ง ฯลฯ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้สามารถหาได้ในท้องถิ่น ราคาไม่แพง สามารถผลิตออกมาเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่สามารถสร้างรายได้แก่ชาวบ้าน “โรงอ่าง” เป็นชุมชนเก่าแก่ ตั้งอยู่ใน ต.สะบารัง อ.เมือง จ.ปัตตานี แสดงดังภาพที่ 1 มีอายุประมาณ 100 ปี และมีการทำเครื่องปั้นดินเผา ที่มีชื่อเสียงมานาน โดยมีคำขวัญประจำชุมชนว่า “เรือกอและหลากหลายสาย

ธาราตานีไหลผ่าน สะพานคู่กลางน้ำแหล่งทำอ่างอันเลื่องลือ” เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงที่มาของชื่อ “ชุมชนโรงอ่าง” โดยผู้บุกเบิกคือชาวจีนที่อพยพมาตั้งถิ่นฐานสร้างโรงงานผลิตอ่างและเครื่องปั้นดินเผาบริเวณแม่น้ำปัตตานีถ่ายทอดมาหลายชั่วอายุคนจนกลายเป็นสินค้าที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนโรงอ่าง [2] ปัจจุบันโรงอ่างหรือโรงปั้นดินเผาแห่งนี้กำลังเลือนหายไปเหลือผู้ผลิตเพียง 1 ราย ที่ยังคงสืบทอดภูมิปัญญาซึ่งเป็นกิจการของตระกูลแซ่โห้ แต่ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานเนื่องจากช่างทำอ่างเหลือน้อยมาก ผสมกับสถานการณ์ความรุนแรงทำให้ช่างไม่กล้ามาอยู่ที่ปัตตานี อีกทั้งแหล่งดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ ซึ่งเดิมจะนำดินที่ขุดมาจากที่ดินของ

ตนเองแต่ปัจจุบันนี้ไม่สามารถขุดได้เพราะหน้าดินเหนียวหมดแล้ว จึงต้องซื้อดินจาก นาข้าว ต.ปะกาฮารัง อ.เมือง จ.ปัตตานี [3] สำนักงานพัฒนาชุมชน จ.ปัตตานี ได้ส่งเสริมให้เป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เนื่องจากมีจุดเด่นที่เป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาหนึ่งเดียวของจังหวัดปัตตานี แต่มีอุปสรรคคือไม่มีการตรวจสอบสมบัติของดินที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ การทำผลิตภัณฑ์จะทำจากประสบการณ์ที่ได้รับถ่ายทอดจากคนรุ่นเก่า ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไม่สม่ำเสมอ ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการค้าขายของภูมิปัญญาการทำเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนโรงอ่างเป็นอย่างมาก

คณะผู้วิจัยเล็งเห็นความสำคัญของการสืบทอดภูมิปัญญาของชาวบ้านชุมชนโรงอ่างจากการค้นคว้าและตรวจสอบเอกสารพบว่า "ดินเหนียว" มีบทบาทสำคัญในการแสดงลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เช่น การดูดซึมน้ำ ความแข็งแรง วัตถุประสงค์ที่ใช้คือดินเหนียวที่หาได้ในท้องถิ่นมักมีสาร

อื่น ๆ ปะปนอยู่ด้วย เช่น ทราย อินทรีย์วัตถุ สมบัติของดิน จะขึ้นกับธรรมชาติและสัดส่วนของสิ่งเจือปน งานวิจัยนี้จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงโครงสร้างและสมบัติต่าง ๆ ของดินดังนี้ สมบัติทางแร่วิทยา (Mineralogy) องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition) และสมบัติทางกายภาพ (Physical properties) เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพเนื้อดิน และควบคุมประสิทธิภาพการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาให้มีคุณภาพตามมาตรฐาน และสามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตรวจสอบคุณภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมและอนุรักษ์ให้งานหัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนโรงอ่างดำรงอยู่ต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วิธีเก็บตัวอย่างดินเหนียว

2.1.1 จุดเก็บตัวอย่างดิน ต.ปะกาฮารัง อ.หนองจิก จ.ปัตตานี พิกัด 6°47'32.1"N 101°14'05.7"E แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงที่ตั้งของชุมชนโรงอ่าง ต.ปะกาฮารัง และจุดเก็บตัวอย่าง ต.ปะกาฮารัง จ.ปัตตานี ที่มา: ดัดแปลงจาก Google map [4]

2.1.2 ขุดหน้าดินลึกประมาณ 50 cm ออก และขุดเอาหน้าดินเหนียวความลึกประมาณ 1 m พื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง แสดงดังภาพที่ 1

2.1.3 นำดินมาเก็บไว้เพื่อเตรียมเป็นเนื้อดิน ปั้น แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 2 ตัวอย่างดินเหนียวที่เก็บได้

2.2. การเตรียมขั้นตอนทดสอบตัวอย่างดิน

2.2.1 นำตัวอย่างดินแช่น้ำประมาณ 2 คืนใน กระบะสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทำด้วยไม้ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบะไม้เก็บตัวอย่างดิน

2.2.2 ใช้เครื่องนวดดิน 2 ครั้ง แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เครื่องนวดตัวอย่างดิน

2.2.3 ใช้ลวดเหล็กบาง ๆ สับดินให้เป็นแฉ่น เล็ก ๆ เพื่อคัดเมล็ดทราย ก้อนกรวด และดินที่ยังจับ กันเป็นก้อนออก

2.2.4 ขึ้นรูป $1.5 \times 1.5 \times 12 \text{ cm}^3$

2.3. เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

2.3.1 เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffraction, Philips, XRD), รุ่น X Pert MPD ประเทศเนเธอร์แลนด์ ใช้ศึกษาชนิดของแร่ในดิน ช่วง การทดสอบ $2\theta = 5-50^\circ \text{ CuK}\alpha (\lambda=1.54 \text{ \AA})$

2.3.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง กราด (Scanning electron microscope, SEM) รุ่น JSM-5800, JEOL ประเทศญี่ปุ่น ใช้ศึกษารูปร่าง ขนาดของอนุภาคดิน และองค์ประกอบทางเคมี

2.3.3 ชุดวิเคราะห์ความร้อนโน้มถ่วง (Thermo gravimetric analysis, TGA), Perkin รุ่น TGA 7, Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้ ทดสอบค่า LOI บรรยากาศการเผาแก๊สออกซิเจน heating rate $10^\circ \text{C}/\text{min}$

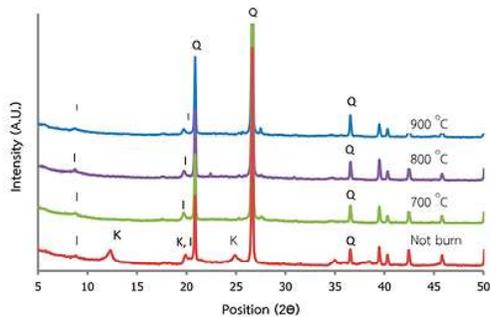
2.4 วิธีกาทดสอบสมบัติกายภาพ

สี ขนาดและการกระจายอนุภาคของเนื้อดินด้วยวิธี Wet sieve ตามมาตรฐาน ASTM C 325-81 [5] การทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C 326-03 [6], การดูดซึมน้ำหลังเผา และความหนาแน่นรวมตามมาตรฐาน ASTM C 373-88 [7,8]

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 แร่ในดินเหนียว

ก่อนและหลังการเผาอุณหภูมิ 700^oC 800^oC และ 900^oC เมื่อทดสอบด้วย XRD ดินเหนียวก่อนการเผาจะมีส่วนประกอบของแร่ Quartz (SiO₂) Illite (2K₂O 3MgO Al₂O₃24SiO₂12H₂O) และ Kaolinite (Al₂(Si₂O₅)(OH)₄) ในดินหลังการเผาจะพบแร่ Quartz และ Illite แต่ไม่พบ Kaolinite เนื่องจากเกิดการหลอมตัวเมื่อได้รับความร้อน แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์ XRD ของแร่ในดินเหนียว I=Illite K=Kaolinite และ Q=Quartz

เนื่องจาก kaolinite เมื่อเผาจนอุณหภูมิถึง 450 °C กลุ่ม OH⁻ ถูกขจัดออกโครงสร้างผลึก และเรียงตัวใหม่เป็น Metakaolin ซึ่งเป็นกลุ่มอะตอมที่มีโครงสร้างไม่เป็นระเบียบ หลังการเผาจึงไม่สามารถตรวจพบได้ด้วย XRD [9]

3.2 การศึกษาทางความร้อนด้วย TGA

เมื่อเริ่มเผามวลจะลดลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิที่ 700 – 900 °C มวลจะลดลงเล็กน้อยแสดงดังภาพที่ 6

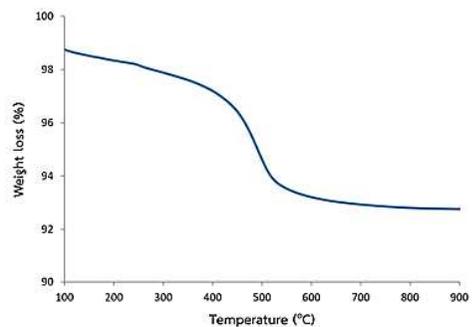
มวลที่ลดลงสามารถอธิบายได้ดังนี้

อุณหภูมิ 100-200 °C: น้ำรอบ ๆ อนุภาคดินจะระเหยเป็นไอ

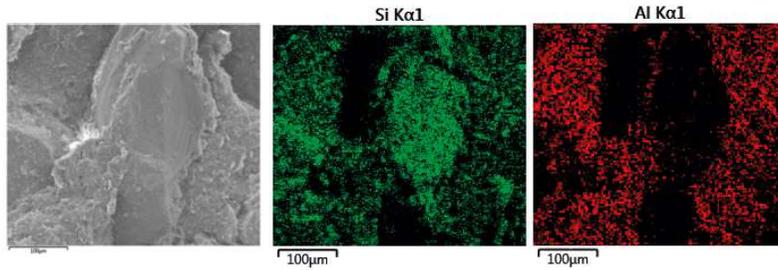
อุณหภูมิ 450 °C: น้ำที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีในเนื้อดินเริ่มระเหย Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O

อุณหภูมิ 500-600 °C: น้ำที่เป็นส่วนประกอบทางเคมีถูกเผาหมด อินทรีย์สารในดินเริ่มถูกเผาไหม้

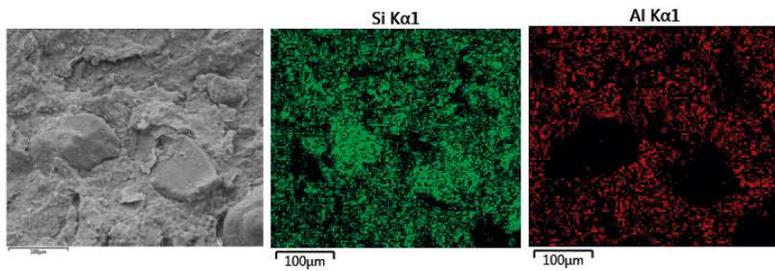
อุณหภูมิสูงกว่า 800 °C: อินทรีย์สารถูกเผาไหม้หมดไป [1]



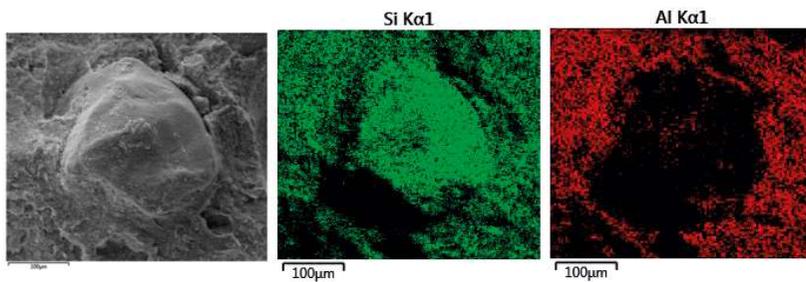
ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักดินเหนียวกับอุณหภูมิ



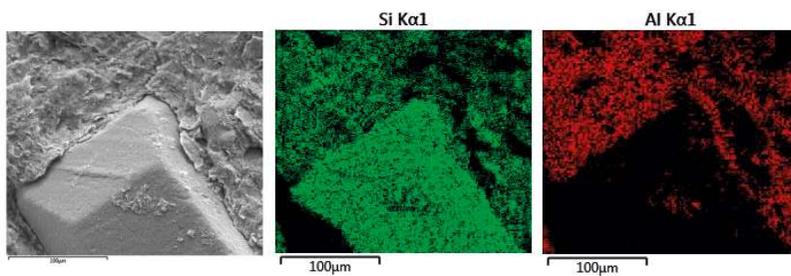
ก)



ข)



ค)



ง)

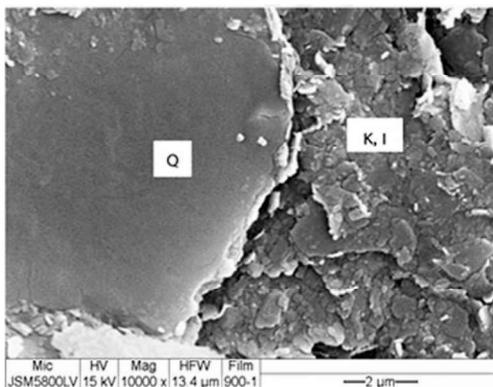
ภาพที่ 7 ภาพถ่าย SEM และ SEM-Mapping ของดินเหนียว ก) ก่อนการเผา ข) 700 °C ค) 800 °C ง) 900 °C

3.3 SEM-Mapping

จากการวิเคราะห์ดินเหนียวก่อนและหลังการเผาด้วยเทคนิค SEM-Mapping แสดงดังภาพที่ 7 SEM-Mapping ในส่วนที่เป็นก้อนพบธาตุ Si แต่ในบริเวณเดียวกันไม่พบธาตุ Al แสดงว่าบริเวณดังกล่าวเป็น Quartz (SiO_2) ขนาด $\sim 100 \mu\text{m}$ หรือใหญ่กว่า กระจายอยู่ในชั้นตัวอย่างแม้จะผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700, 800 และ 900 °C ก็ไม่หลอมรวมกับตัวอย่าง ทำให้การดูดซึมน้ำสูง (20.96%) และความแข็งแรงน้อย (3.88 MPa) และบริเวณรอบ ๆ Quartz เป็น Kaolinite ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) และ Illite ($2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) พบธาตุ Si และ Al ปรากฏอยู่ในบริเวณเดียวกัน ดังภาพที่ 8

3.4 การศึกษารูปร่างดินเหนียวด้วย SEM

จากภาพถ่าย SEM ดังภาพที่ 9 และ SEM-Mapping ดังภาพที่ 8 ดินเหนียวมีลักษณะเป็นแผ่นเล็ก ๆ และเป็นก้อนมาเกาะรวมกัน ส่วนที่เป็นก้อนใหญ่เป็นแร่ Quartz [10] และส่วนที่มีลักษณะเป็นแผ่นเป็น Kaolinite และ Illite [10,11]



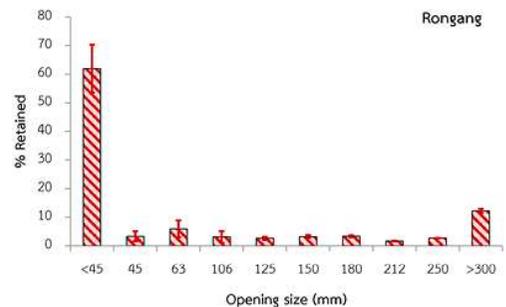
ภาพที่ 8 ภาพถ่าย SEM ของดินเหนียวก่อนเผา

3.5 ธาตุในดินเหนียวด้วย SEM-EDX

ในตารางที่ 1 เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในดินเหนียวด้วย SEM-EDX ให้ผลสอดคล้องกับผลทดสอบ XRD พบว่า SiO_2 และ Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบหลักโดย SiO_2 พบ 47.68-58.36% Al_2O_3 24.11-26.94% และ K_2O 0.08-1.03% ซึ่งเป็นองค์ประกอบใน Quartz (SiO_2) Kaolinite ($\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$) และ Illite ($2\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 24\text{SiO}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) นอกจากนี้ยังพบ Fe_2O_3 2.35-3.18% ทำให้ดินมีสีน้ำตาลแดง ส่วน TiO_2 1.32-1.46% ปนอยู่ในตัวอย่างเล็กน้อยซึ่งไม่สามารถตรวจพบได้ด้วย XRD เนื่องจากมีอยู่ปริมาณน้อยมาก

3.6 การกระจายขนาดดินวิธี Wet sieve

จากการคัดขนาดด้วยวิธี Wet sieve พบว่าดินเหนียวที่มีขนาดเล็กกว่า $45 \mu\text{m}$ มีปริมาณมากที่สุดถึง 61.94% ทำให้ดินมีความเหนียวสามารถขึ้นรูปได้ และพบดินเหนียวที่มีขนาดใหญ่กว่า $300 \mu\text{m}$ รองลงมาปริมาณ 12.22% ซึ่งเป็นอนุภาคขนาดใหญ่ทำให้เนื้อดินหยาบและมีรูพรุนสูง แสดงดังภาพที่ 9



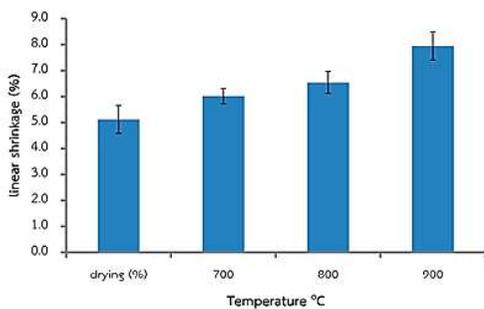
ภาพที่ 9 ผลการเปรียบเทียบขนาดรูเปิดและ มวลที่ค้างตะแกรง

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในดินเหนียวด้วยเทคนิค SEM-EDX

Analyzed	Concentration (Weight %)							
	Unfired		700 °C		800 °C		900 °C	
	Average	SD	Average	SD	Average	SD	Average	SD
MgO	0.46	0.05	0.50	0.10	0.45	0.05	0.50	0.03
Al ₂ O ₃	25.30	0.76	26.94	2.23	24.11	4.80	26.81	1.49
SiO ₂	47.68	0.92	55.92	2.99	58.36	6.95	54.57	2.14
K ₂ O	0.89	0.03	1.03	0.09	0.90	0.18	0.99	0.08
TiO ₂	1.32	0.11	1.32	0.14	1.32	0.26	1.46	0.37
Fe ₂ O ₃	2.35	0.18	3.18	1.01	2.53	0.57	2.82	0.51

3.7 การหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage)

ในภาพที่ 11 ดินเหนียวจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดหลังจากการอบแห้ง เนื่องจากน้ำที่อยู่ระหว่างอนุภาคหลังขึ้นรูป ได้ระเหยออกไปอนุภาคของดินจะเข้ามาชิดกันทำให้ตัวอย่างหดตัว มีผลทำให้ตัวอย่างเสียรูปทรง หรือโค้งงอ [1]



ภาพที่ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการหดตัวเชิงเส้นก่อนและหลังการเผา (700-900 °C)

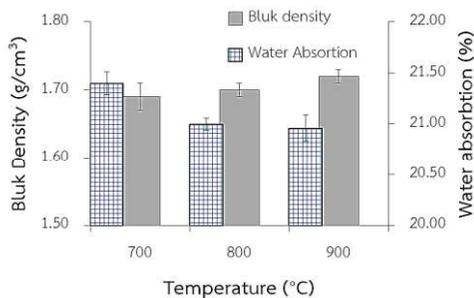
จากการทดสอบการหดตัวเชิงเส้นก่อนการเผา มีค่าเป็น $5.10 \pm 0.54\%$ หลังการเผา 700 °C มีค่าเป็น $6.02 \pm 0.29\%$ หลังการเผา 800 °C มีค่าเป็น $6.54 \pm 0.42\%$ และหลังการเผา 900 °C มีค่าเป็น $7.95 \pm 0.55\%$ หลังจากที่ดินแห้งแล้วเมื่อนำมาเผาจะหดตัวอีกครั้งเนื่องจากสารอินทรีย์ น้ำ และแร่

ในดินจะเกิดการสลายตัวและเรียงตัวใหม่ทำให้อนุภาคชิดกันมากขึ้นเป็นผลทำให้ขนาดเล็กลงขึ้นกับชนิดของแร่ ความละเอียดหากมีการหดตัวมากอาจทำให้ชิ้นตัวอย่างโค้งงอมาก และเกิดการแตกหักได้ [1]

3.8 การดูดซึมน้ำ (Water absorption) และความหนาแน่นรวม (Bulk density)

การดูดซึมน้ำหลังการเผา แสดงดังภาพที่ 11 พบว่าที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเป็น $21.40 \pm 0.11\%$, 800 °C มีค่าเป็น $21.00 \pm 0.06\%$ และที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเป็น $20.96 \pm 0.13\%$ เมื่อการดูดซึมน้ำสูงเป็นผลทำให้รูพรุนในชิ้นงานมีจำนวนมาก ส่วนการวัดความหนาแน่นจะวัดรวมทั้งก้อน ซึ่งรวมช่องว่างระหว่างชิ้นงาน ที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเป็น $1.69 \pm 0.02 \text{ g/cm}^3$, 800 °C มีค่าเป็น $1.70 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ และที่อุณหภูมิ 900 °C มีค่าเป็น $1.72 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$ ผลจากความหนาแน่นสามารถนำไปคำนวณหาค่าความพรุนตัวของชิ้นงานได้ดังนี้ ที่อุณหภูมิ 700 °C มีค่าเท่ากับ $36.27 \pm 0.11\%$, 800 °C มีค่าเท่ากับ $35.95 \pm 0.08\%$ และ 900 °C มีค่าเท่ากับ $35.63 \pm 0.79\%$ และหลังการเผาตัวอย่างจะมีความพรุน (Porosity) ลดลงเล็กน้อยแสดงว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นวัสดุบางชนิดถึงจุดหลอมตัว

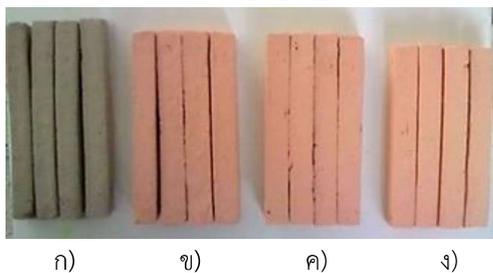
มีการหลอมละลายของแร่มาปิครุพูนในเนื้อดินแต่ยังมีค่าค่อนข้างสูง (35.63-36.27%) เนื่องจากตัวหลอมละลายในเนื้อดินมีน้อย [9] สังเกตได้จากผลการทดสอบองค์ประกอบธาตุในดินเหนียว พบ K₂O เพียง 0.89-1.03% เท่านั้น การดูดซึมน้ำมีค่าลดลงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะสอดคล้องกับค่าความหนาแน่นซึ่งจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่น การดูดซึมน้ำ กับอุณหภูมิหลังการเผา

3.9 สีของดินตัวอย่างก่อนและการหลังเผา

สีของดินก่อนและหลังการเผาดังภาพที่ 12 พบว่าดินเหนียวก่อนเผามีสีเทา หลังการเผา 700°C เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม 800°C สีน้ำตาล และ 900°C สีน้ำตาลอ่อน จึงเหมาะสมสำหรับเป็นวัสดุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านที่ต้องการสีธรรมชาติ



ภาพที่ 12 สีของตัวอย่างดิน ก) ตัวอย่างแห้ง ข) เผา 700°C ค) เผา 800°C ง) เผา 900°C

3.10 ความเหนียวของดิน

ผลการศึกษาความเหนียวของดินแสดงดังตารางที่ 2 พบว่าดินเหนียวจะมีค่าปริมาณน้ำมากที่สุดที่ทำให้ดินสามารถรวมตัวเป็นก้อนไม่ไหลเป็นของเหลว Liquid limit (LL) 27.81% และปริมาณน้ำน้อยที่สุดที่ทำให้ดินสามารถยึดกันเป็นก้อนได้ Plastic limit (PL) คือ 14.54% สามารถคำนวณค่าความเหนียวของดินได้ Plasticity index (PI) คือ 13.26%

ตารางที่ 2 ผลการศึกษาความเหนียวของดินโรงอ่าง

Test	Average (%)	SD (%)
Liquid Limit (LL) %	27.81	0.84
Plastic Limit (PL) %	14.54	1.02
Plasticity Index (PI) %	13.26	1.28

3.11 ความแข็งแรงต่อแรงตัด (Modulus of Rupture: MOR)

ค่า MOR ของดินเหนียวก่อนและหลังการเผาแสดงดังตารางที่ 3 พบว่าอุณหภูมิการเผาสูงขึ้นค่าความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของดินก่อนเผาและหลังการเผา

Test	Unfired	Fired (°C)		
		700	800	900
MOR (MPa)	1.42	2.23	2.93	3.88
SD	0.14	0.30	0.21	0.75

3.12 การเปรียบเทียบผลการวิจัยกับงานวิจัยอื่น และมาตรฐาน มอก./มผช.

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในดินเหนียวจากงานวิจัยแหล่งดินอื่นในประเทศไทยแสดงในตารางที่ 4 พบว่า ดินเหนียวโจรงอามี Al_2O_3 สูงกว่าแหล่งอื่นเป็นผลดีเพราะชิ้นงานจะมีความทนไฟ แต่มีปริมาณ SiO_2 น้อยกว่าแหล่งอื่น ๆ การหดตัวจากตารางที่ 5 ต่ำกว่าแหล่งอื่น ๆ เป็นผลดีเพราะชิ้นงานจะไม่เสียรูปหรือแตกหักหลังเผา ร้อยละของมลทินที่หายไปหลังการเผา (LOI) จากตารางที่ 4 มีค่าใกล้เคียงกับแหล่งดินอื่น ๆ และมีค่าน้อย (<15%) หลังเผาอุณหภูมิ 700-900 °C ดินมีการหดตัวน้อย (6.02-7.95%)

แต่การดูดซึมน้ำมีค่าสูงกว่าแหล่งอื่น ๆ จากตารางที่ 6 (21.11-21.26%) และความแข็งแรงจากตารางที่ 8 มีค่าต่ำกว่าดินจากแหล่งอื่น ๆ และมาตรฐาน มอก./มผช. เนื่องจากมีแร่ Quartz ขนาดใหญ่ ($\phi >300 \mu m$) ปนอยู่ และมี Kaolinite อยู่่น้อย สังเกตได้จากตารางที่ 7 มีปริมาณดินที่ค้างตะแกรงขนาด 325 mash เพียง 3% หากต้องการปรับปรุงให้ดีขึ้นต้องทำการร่อน Quartz ขนาดใหญ่ออกไป หรือใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมาก

โดยชื่อย่อดินในตารางต่าง ๆ มาจากงานวิจัยแหล่งดินในประเทศไทยดังภาคผนวก

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีในดินกับจากงานวิจัยอื่น [12]

Analyzed	C01	C02	C04	C05	C07	C08	Research
MgO	0.65	1.03	0.78	1.20	1.15	1.30	0.46
Al_2O_3	17.74	18.49	21.04	20.08	15.18	15.18	25.30
SiO_2	66.60	64.23	63.85	60.67	60.67	60.67	47.68
K_2O	0.74	2.24	2.20	2.23	3.12	3.12	0.89
TiO_2	1.08	0.95	0.95	0.89	1.18	1.18	1.32
Fe_2O_3	3.63	3.67	2.74	6.54	7.61	7.61	2.35
LOI	9.23	7.19	7.93	7.63	-	-	7.24

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการหดตัวเมื่อแห้งและหลังเผากับงานวิจัยอื่น [12]

Clay	C09	C10	C03	C11	Research
Drying Linear shrinkage (%)	8.19	9.44	7.25	4.68	5.1
Firing linear shrinkage (%)	13.20	13.80	12.60	7.22	6.02-7.95

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำหลังเผากับงานวิจัยอื่นและค่ามาตรฐาน [12-15]

clay	C09	C03	C12	Research	มอก. (601/2546)	มผช. (46/2556)
Absorption (%)	5.93	11.82	9.23	21.11-21.26	<8%	<8%

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบขนาดการกระจายของเนื้อดินกับงานวิจัยอื่น [12]

Clay	C06	C02	C09	C10	C13	Research
Retained weight 325 mesh (%)	5	6	6.93	9.33	12	3.10

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความแข็งแรงของดินก่อนเผาและหลังเผากับงานวิจัยอื่น [13]

Clay	C15±SD	C14±SD	C16±SD	C17±SD	Research±SD
ก่อนเผา MOR (MPa)	2.48±0.20	4.05±1.45	3.22±0.21	2.38±0.20	1.42±0.14
หลังเผา 800 °C (MPa)	2.31±0.14	5.56±1.48	3.79±0.21	2.03±0.28	2.93±0.21

4. สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบสมบัติทางแร่วิทยาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของดินเหนียว จากชุมชนโรงอ่าง ต. สะบารัง อ.เมือง จ.ปัตตานี และทดลองเผาที่อุณหภูมิ 700-900 °C ดินเหนียวจากชุมชนโรงอ่างมีสมบัติสำหรับเหมาะสมที่จะใช้เป็นวัตถุดิบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาพื้นบ้านที่ต้องการสีธรรมชาติ โดยมีจุดเด่นตรงที่มีปริมาณ Al₂O₃ สูงเหมาะที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์ทนไฟที่ต้องการรูพรุนแต่ดูดซึมน้ำสูง จากการทดลองสามารถเผาได้ถึงอุณหภูมิ 900 °C โดยผลิตภัณฑ์หดตัวเพียงเล็กน้อย จึงไม่เสียรูปทรงหรือบิดเบี้ยวแต่มีข้อเสียที่มีอนุภาคควอตซ์ขนาดใหญ่กว่า 300 µm ปนอยู่ทำให้เนื้อดินหยาบมีความพรุนสูงและความแข็งแรงน้อยหากปรับปรุงดินจะทำให้มีสมบัติดีขึ้น

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยวิทยาเขตปัตตานี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

6. อ้างอิง

[1] ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. เนื้อดินเซรามิก กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์; 2541.

- [2] บุษมีตานี. ตระกูลแซ่โห้: ครอบครัวสุดท้ายที่ป็นอย่างคูเมืองปัตตานี. [อินเทอร์เน็ต]. ปัตตานี; 2551 [เข้าถึงเมื่อ 29 พ.ค. 2558]. จาก: http://commsci.pn.psu.ac.th/commsci/web_bumee/index.php.
- [3] ตามไปดูโรงปั้นดินเผา مردمกประวัติศาสตร์หนึ่งเดียวชุมชนโรงอ่างปัตตานี. [อินเทอร์เน็ต]. สำนักข่าวอามา; 2553 [เข้าถึงเมื่อ 10 ต.ค. 2558]. จาก: <http://thai.amannews.org/view/view.php?id=729>.
- [4] Google. [Internet]; 2018 [cited 2018 Nov 22]. Available from: <https://www.google.com/maps/>.
- [5] ASTM Committee on Standards. Standard Test Method for Wet Sieve Analysis of Ceramic Whiteware Clay West Conshohocken: Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: Astm Intl; 1997.
- [6] ASTM Committee on Standards. Standard Test Method for Drying and Firing Shrinkages of Ceramic Whiteware Clays West Conshohocken: Annual Book

- of ASTM Standard. West Conshohocken: Astm Intl; 2003.
- [7] ASTM Committee on Standards. Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Product West Conshohocken: Annual Book of ASTM Standards. West Conshohocken: Astm Intl; 1999.
- [8] เชษฐ อุทัยยัง, วัชรินทร์ สิทธิเจริญ, นทีชัย ผัสดี. การพัฒนากระบวนการผลิตหลังคาด้วยวัสดุธรรมชาติคอมโพสิต. วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพฯ. 2017; 11(2):69-78.
- [9] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เซรามิกส์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547.
- [10] Sengupta P, Saikia PC, Borthakur PC. SEM-EDX characterization of an iron-rich kaolinite clay. Am J Sci Ind Res. 2008; 67(10):812-8.
- [11] Bohor BF, Hughes RE. Scanning electron microscope of clays and clay mineral. Clay Clay Miner. 1971; 19:49-54.
- [12] ฤดี นิยมรัตน์, สมเกียรติ กอบัวแก้ว, ไสว ศิริทองถาวร. รายงานผลการดำเนินโครงการบริการวิชาการ โครงการอบรมปฏิบัติการสร้างงานเซรามิกจากดินเหนียวท้องถิ่น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 2558.
- [13] ศิริรัตน์ รัตนจันทร์, จรัสศรี ลอประยูร, สุธรรม ศรีหล่อมศักดิ์. การศึกษาคุณภาพดินในจังหวัดนครราชสีมาเพื่อใช้ในงานด้านเซรามิก. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2545.
- [14] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ภาชนะเซรามิกที่ใช้กับอาหาร: เออร์เทนแวร์. มอก. 601-2546; 2546.
- [15] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เครื่องปั้นดินเผาเออร์เทนแวร์. มผช. 46/2556; 2556.

7. ภาคผนวก

ชื่อย่อดินในตารางที่ 4-8 จากงานวิจัยแหล่ง
ดินในประเทศไทย

C01: บ้านหม้อ ต.เขวา อ.เมือง จ.มหาสารคาม

C02: บ้านสทิงหม้อ ต.สทิงหม้อ อ.สิงหนคร
จ.สงขลา

C03: บ้านบ่อขาด ต.ป่าขาด อ.สิงหนคร จ.สงขลา

C04: บ้านศาลาปูน ต.ปากพูน อ.เมือง จ.นครศรี
ธรรมราช

C05: บ้านทุ่งน้ำเค็ม ต.โมคลาน อ.ท่าศาลา
จ.นครศรีธรรมราช

C06: บ้านศาลาบางปู อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช

C07: บ้านบาล จ.พระนครศรีอยุธยา

C08: บ้านบางปะหัน จ.พระนครศรีอยุธยา

C09: บ้านท่าไทร อ.เขื่องใน จ.อุบลราชธานี

C10: บ้านโนนทราย ต.หนองบัว อ.กันทรารมย์
จ.ศรีสะเกษ

C11: บ้านดงเป็อย จ.สุรินทร์

C12: บ้านทะเลแก้ว ต.พลาชุมพล อ.เมือง
จ.พิษณุโลก

C13: ม่อนเขาแก้ว ต.พิชัย อ.เมือง จ.ลำปาง

C14: ดินเหนียวด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา

C15: ดินทรายด่านเกวียน อ.โชคชัย จ.นครราชสีมา

C16: ดินขาว ในเขตมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
จ.นครราชสีมา

C17: ดินจักราช อำเภอจักราช จ.นครราชสีมา