การปรับปรุงสมบัติดินในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามด้วยการเติมดินเชื้อ
Improve the Maha Sarakham clay properties by grog addition

ลดา พันธ์สุขุมธนา[1*], ศศิธร พละบุญ[1], ดนัย กิจชัยนุกูล[1]
Lada Punsukmtana, Sasithorn Pharaboon, Danai Kitchainukul

บทคัดย่อ

รายงานการศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงสมบัติดินในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามด้วยการเติมดินเชื้อ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการพัฒนาเนื้อดินและผลิตภัณฑ์สำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย โดยดินเชื้อเตรียมจากดินโคลนที่หนองเลิง ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม กับแกลบ นำดินเชื้อที่ผ่านการเผามาบด และร่อนผ่านตะแกรง 60 เมช ผสมกับดินจากแหล่งเดียวกัน ที่อัตราส่วน ดินต่อดินเชื้อ เป็น 80:20 70:30 60:40 50:50 ส่วนผสมดังกล่าวผ่านกระบวนการหมัก การนวด การขึ้นรูป และเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียส โดยส่วนผสมตามอัตราส่วนที่ได้จะทดสอบสมบัติกายภาพทั้งก่อนและหลังเผา ได้แก่ การหดตัว การดูดซึมน้ำ ความหนาแน่น ความต้านแรงดัด ทดสอบเฟส การขยายตัวเมื่อร้อน พร้อมทั้งศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค ผลจากการศึกษาวิจัยพบว่าการเพิ่มดินเชื้อจะเป็นการเพิ่มรูพรุนแบบเปิดในโครงสร้าง ทำให้การหดตัวเมื่อแห้งของดินตัวอย่างก่อนและหลังเผาลดลง การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง สำหรับดินตัวอย่างที่เติมดินเชื้อนำไปเผาที่อุณหภูมิต่ำ 800 องศาเซลเซียส ดินตัวอย่างจะมีรูพรุนและพบผลึก Quartz เป็นองค์ประกอบ มีความต้านแรงดัดและสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ ในขณะที่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาไปที่ 1200 องศาเซลเซียส ทำให้ดินตัวอย่างที่เติม และไม่เติมดินเชื้อ มีรูพรุนลดลง การดูดซึมน้ำลดลง การหดตัวหลังเผา และความหนาแน่นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบผลึกของ Cristobalite และ Mullite ในดินตัวอย่างส่งผลทำให้การขยายตัวเมื่อร้อนและความต้านแรงดัดเพิ่มขึ้นตามลำดับด้วย ผลการศึกษาวิจัยนี้สรุปได้ว่าสามารถปรับปรุงสมบัติดินด้วยการเติมดินเชื้อจะเป็นการพัฒนาเนื้อดินและผลิตภัณฑ์สำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาได้

Abstract

The study aims of an improved the Maha Sarakham clay property by grog addition was to understand the effect of grog on properties of a body for Ban Moh (Pottery village), Muang district, Maha Sarakham province, Thailand. Grog was prepared by the mud from Nong loeng, Tumbom Kewa, Maha Sarakham province, and the rice husk. It was fired, grinded, and sifted through a 60 mesh sieve. The grog was mixed with the clay from the same source. The ratios of clay:grog to prepare a body were 80:20 70:30 60:40 50:50. The body was aged, kneaded, formed, and fired at 700-1200°C. The body physical properties were measured before and after fired: shrinkage, water absorption, density, and modulus of rupture. The phase, thermal property, and microstructure were also studied. The experimental results showed that an increase in grog in the body increased the body open porosity and leaded to increase in the water absorption and reduce in the drying shrinkage, firing shrinkage and density. The sample fired at low temperature, 800°C, appeared to be porous and gained Quartz as the major phase with low modulus of rupture and low thermal expansion. An increase in the firing temperature to 1200°C reduced the porosity, water absorption, but increased the firing shrinkage and density. The major phases as Cristobalite and Mullite caused an increase in the thermal expansion and the modulus of rupture consecutively. This study showed the chance of improving the Maha Sarakham clay properties by grog addition.

คำสำคัญ: ดิน, มหาสารคาม, แกลบ, เครื่องปั้นดินเผา
Keywords: Clay, Maha Sarakham, Rice husk, Pottery

[1]กรมวิทยาศาสตร์บริการ
[*]Corresponding author E-mail address : lada@dss.go.th

1.บทนำ (Introduction)

การผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม มีมาตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน โดยปัจจุบันส่วนใหญ่ยังใช้วัตถุดิบในพื้นที่และใช้การผลิตแบบดั้งเดิม มีกระบวนการผลิตโดยสังเขปคือ การใช้ดินและดินโคลนในหนองเลิง เป็นวัตถุดิบ นำดินโคลนผสมกับแกลบปั้นเป็นก้อน เมื่อแห้งเผาในหลุมด้วยไม้ขนาดใหญ่และฟางข้าวจนเป็นดินเชื้อที่มีสีเหลืองอมส้มหรือสีเหลืองอ่อน นำมาตำและร่อนด้วยตะแกรงหรือเขิง นำดินมาหมักและผสมกับดินเชื้อ แล้วนำมาขึ้นรูปด้วยมือโดยใช้หินดุประกอบไม้ตี เผาด้วยวิธีการเผากลางแจ้งด้วยไม้แขนงและฟางข้าวประมาณ 2 ชั่วโมง [1,2,3] ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ได้แก่ หม้อ เตา ไห ต่าง ๆ

ดินบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม เป็นดินเนื้อละเอียดมาก มีความเหนียว เมื่อผสมดินเชื้อที่ได้จากการเผาแกลบผสมดินเลน สามารถปั้นเป็นเครื่องใช้ในครัวเรือน มีการใช้ดินแหล่งนี้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน สมบัติของดินคือ มีความแข็งแรงของดินดิบที่ 1,011 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เมื่อนำไปเผาพบว่าการหดตัวเพิ่มตามอุณหภูมิที่เผาสูงขึ้น ที่ช่วงอุณหภูมิ 1,100–1,150 องศาเซลเซียส ดินมีการหดตัวสูงสุด การดูดซึมน้ำต่ำสุด (ร้อยละ 0.69–0.67) และมีความแข็งแรงสูงที่สุด ดินมีความทนไฟได้ไม่เกิน 1,150 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 900–1,000 องศาเซลเซียส ดินเป็นสีเหลืองอมแดง ที่อุณหภูมิ 1,100–1,150 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาลอมเหลืองถึงน้ำตาลอมเหลืองอ่อน เมื่อเผาถึงอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะให้สีน้ำตาลอ่อน [4] ต่อมาได้มีศึกษาหาส่วนผสมที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนางานเครื่องปั้นดินเผาของดินจากแหล่งเดียวกันนี้ โดยการศึกษาสมบัติการหดตัว การดูดซึมน้ำ และความหนาแน่น หลังเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากส่วนผสมของดินเชื้อหรือทรายกับดิน จำนวน 3 แหล่ง ผลการศึกษารายงานแหล่งดินและอัตราส่วน ดิน:ดินเชื้อ 5:1 โดยน้ำหนัก และดินทราย 3:1 โดยน้ำหนัก เป็นอัตราส่วนที่ให้ผิวเรียบ แตกร้าวน้อย และไม่พบรูพรุนขนาดใหญ่ [5]

การศึกษาที่มียังขาดการพิสูจน์ด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เห็นความสำคัญของภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่ผลิตเครื่องปั้นดินเผาตามวิถีของชุมชนที่ถ่ายทอดสืบเนื่องกันมา และให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำภูมิปัญญานี้มาพัฒนาต่อยอดเป็นเครื่องปั้นดินเผาหรือเซรามิกที่มีประโยชน์ใช้สอยที่มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาผลของดินเชื้อในการปรับปรุงสมบัติดินจังหวัดมหาสารคาม ทั้งด้านสมบัติกายภาพ สมบัติทางความร้อน และโครงสร้างทางจุลภาค ที่ช่วงอุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการผลิตของผู้ประกอบการในพื้นที่ ส่วนที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิสำหรับการผลิตเซรามิกประเภทที่มีความทนทานและสามารถตกแต่งด้วยเคลือบให้สวยงามได้ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์สำหรับไปใช้ในการพัฒนาเนื้อดินและผลิตภัณฑ์สำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของชุมชนบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ต่อไป

2.วิธีการทดลอง (Experimental)

2.1 วัตถุดิบ และการทดสอบสมบัติวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ดินและดินโคลนจากหนองเลิง ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ดินเชื้อเตรียมโดยชุมชนบ้านหม้อ จากการผสมดินโคลนกับแกลบในอัตราส่วนโดยน้ำหนักประมาณ ดินโคลน 60 แกลบ 40 เผาในหลุมด้วยไม้ขนาดใหญ่และฟางข้าว ประมาณ 3 วัน

ทดสอบสมบัติของ ดิน ดินโคลน และดินเชื้อ ดังนี้ ทดสอบองค์ประกอบเคมีด้วย X-ray fluorescence spectroscopy (XRF, Bruker AS-8, ประเทศเยอรมนี) ขนาดการกระจายอนุภาคด้วย Laser Particle Size Distribution (MALVERN MatersizerS, ประเทศอังกฤษ) เฟสด้วย X-ray diffractometer (XRD, Bruker D8 Advance, ประเทศเยอรมนี) และ โครงสร้างทางจุลภาคด้วย Scanning electron microscope (SEM, JEOL JSM-6610LV ประเทศญี่ปุ่น)

2.2 การทดลองแปรอัตราส่วน การเตรียมตัวอย่างเนื้อดินและการทดสอบสมบัติเนื้อดินหลังเผา

การทดลองแปรอัตราส่วน ดินต่อดินเชื้อ ดังแสดงในตารางที่ 1 วิธีการเตรียมเนื้อดิน ได้แก่ อบดิน ดินเชื้อ ให้แห้งสนิท บดด้วยโกร่งและเครื่องบด (Gabbrielli technology ประเทศเยอรมนี) ผ่านตะแกรง 60 เมช ชั่งเนื้อดินตามสูตร เติมน้ำ อัตราส่วนโดยน้ำหนักน้ำ: ดินแห้งและดินเชื้อ ที่ 1:1 (ผสมโดยใช้เครื่องปั่น เกรอะในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์พอหมาด นำมานวด และหมักทิ้งไว้ก่อนนำมาอัดขึ้นรูปด้วยมือเป็นชิ้นขนาด 30x60x10 มิลลิเมตร ในรายงานวิจัยนี้ ต่อไปจะเรียก ดินตัวอย่าง BM เป็น BM, BM1, BM2, BM3, BM4 เผาตัวอย่างด้วยเตาไฟฟ้า ที่ อุณหภูมิ 700 800 900 1000 1200 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเผา 2.5 องศาเซลเซียส/นาที ยืนไฟ 30 นาที

ทดสอบสมบัติกายภาพของดินตัวอย่าง ได้แก่สมบัติการหดตัวตามวิธีใน ASTM C326-09 การดูดซึมน้ำ และความหนาแน่นตามวิธีใน ASTM C373-88 ทดสอบเฟสด้วย XRD ทดสอบโครงสร้างทางจุลภาคด้วย SEM การขยายตัวเมื่อร้อนด้วย Dilatometer (NETZSCH DIL402PC, ประเทศเยอรมนี) และความต้านแรงอัด

วิธี 3point bending ด้วยเครื่อง Universal testing machine (Shimazu Autograph AG-X plus ประเทศญี่ปุ่น) ที่อัตรา 1 มม./นาที ใช้ตัวอย่าง 10 ชิ้น/ตัวอย่าง

ตารางที่ 1 แสดงสูตรและส่วนผสมที่ใช้ในการทดลอง

ดินตัวอย่าง	ดิน	ดินเชื้อ
BM	100	0
BM 1	80	20
BM 2	70	30
BM 3	60	40
BM 4	50	50

3.ผลและวิจารณ์ผล (Results and discussion)

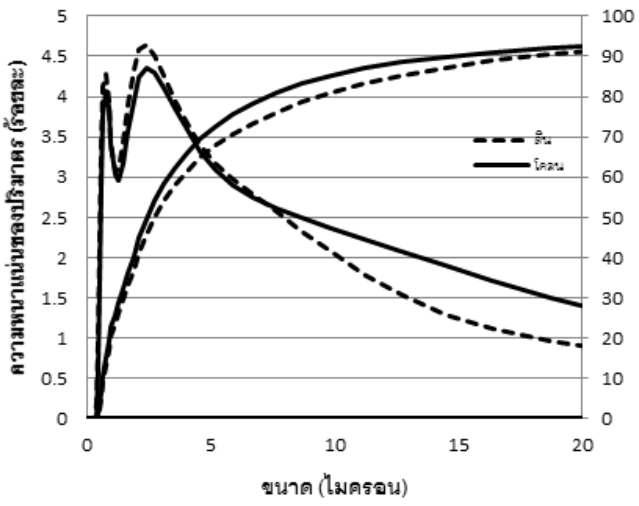
3.1 ผลการทดสอบสมบัติวัตถุดิบ

ผลการทดสอบองค์ประกอบเคมีและเฟส ของดิน ดินโคลน ดินเชื้อ แสดงดังตารางที่ 2 และดังรูปที่ 4 ตามลำดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ดินและดินโคลนประกอบด้วย SiO_2 Al_2O_3 เป็นองค์ประกอบหลัก มีแอลคาไลและแอลคาไลเอิร์ทจำพวก K_2O Na_2O CaO MgO และโลหะ Fe_2O_3 TiO_2 เป็นองค์ประกอบด้วยเล็กน้อย โดยดินโคลนมีปริมาณของ SiO_2 Fe_2O_3 สูงกว่า และ Al_2O_3 ต่ำกว่าดิน ดินประกอบด้วยเฟส Quartz Kaolinite ส่วนดินโคลนประกอบด้วยเฟสต่างๆ เช่น Albite Potassium aluminum silicate Anorthoclase Quartz ผลการทดสอบการกระจายขนาดอนุภาคแสดงในรูปที่ 2 และโครงสร้างทางจุลภาค ดังรูปที่ 3(ก) และ (ข)แสดงให้เห็นว่าดินยังคงมีโครงสร้างของผลึกเป็นแผ่น ส่วนดินโคลนมีโครงสร้างของผลึกเป็นอสัณฐานดินมีขนาดอนุภาคใหญ่กว่าดินโคลน

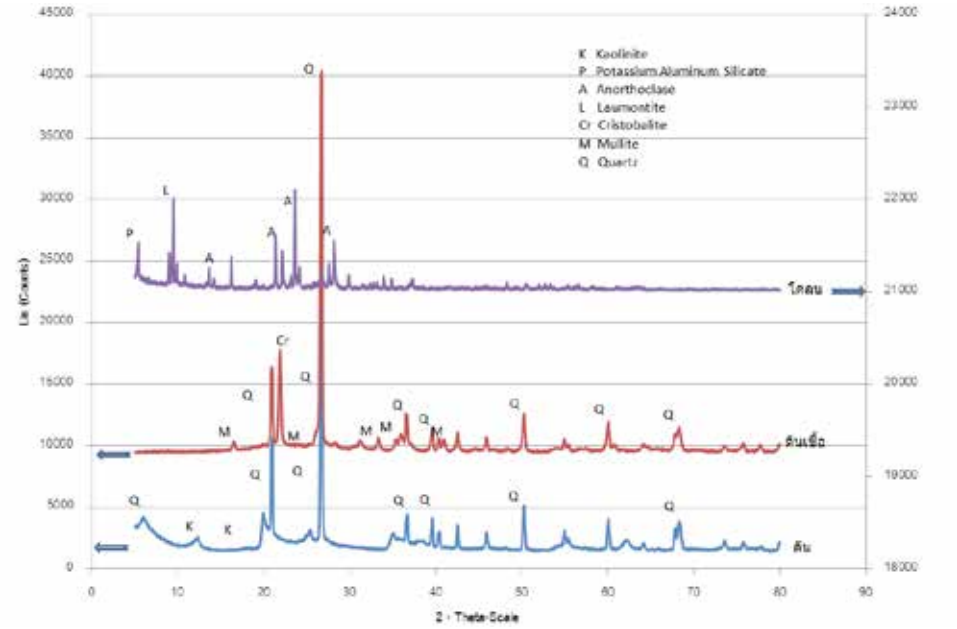
แกลบประกอบด้วยสารอินทรีย์ และซิลิกา (SiO_2) ปริมาณสารอินทรีย์จะประกอบด้วยธาตุคาร์บอนประมาณร้อยละ 51 ออกซิเจนร้อยละ 42 ส่วนที่เหลือจะเป็นไฮโดรเจน และไนโตรเจน ส่วนซิลิกาจะพบมากบริเวณผิวนอกของแกลบ [6] แกลบเมื่อเผา มี SiO_2 เป็นองค์ประกอบหลัก มี Al_2O_3 K_2O Na_2O CaO MgO และ Fe_2O_3 เป็นองค์ประกอบเล็กน้อย และมีรูพรุนมากมาย[7][8] การเติมแกลบในดินโคลนเพื่อเตรียมดินเชื้อจึงเป็นการเพิ่มปริมาณ ซิลิกาและรูพรุนในดินเชื้อ ดังจะพบว่าดินเชื้อมีองค์ประกอบของ SiO_2 สูงกว่าดินและดินโคลน และจากที่ดินโคลนมีปริมาณ SiO_2 Fe_2O_3 สูงกว่า และ Al_2O_3 ต่ำกว่า อีกทั้งมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าดิน การเตรียมดินเชื้อจากดินโคลนจึงช่วยให้ดินเชื้อสุกตัวได้ง่ายกว่าการเตรียมจากดิน ดินเชื้อหลังเผาประกอบด้วยผลึก Quartz Cristobalite และ Mullite ดังรูปที่ 2 และมีโครงสร้างทางจุลภาคเป็นรูพรุนที่เกิดจากแกลบหลังเผา ดังรูปที่ 3(ค)

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของดิน ดินโคลน ดินเชื้อ และแกลบ

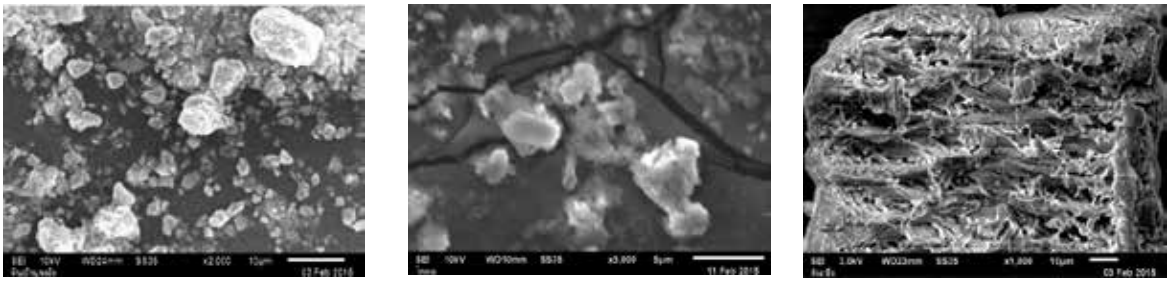
องค์ประกอบเคมี	ดิน	ดินโคลน	ดินเชื้อ	แกลบเผา[8]
SiO_2	62.09	66.32	71.84	95-96
Al_2O_3	18.40	17.60	18.26	1-1.5
Fe_2O_3	4.14	4.56	4.35	0.5-0.8
TiO_2	1.21	1.37	1.17	-
Na_2O	0.20	0.19	0.19	0.1-0.2
K_2O	0.96	0.92	1.15	1.3-1.5
CaO	0.56	0.54	0.55	0.2-0.5
MgO	0.60	0.64	0.67	0.3-0.5
P_2O_5	-	0.03	0.25	-
SO_3	-	0.05	-	-
LOI	11.83	7.68	1.56	-



รูปที่ 1 แสดงการกระจายขนาดอนุภาค (ก) ดิน (ข) ดินโคลน



รูปที่ 2 แสดงเฟสของ (ก) ดิน (ข) ดินโคลน (ค) ดินเชื้อ

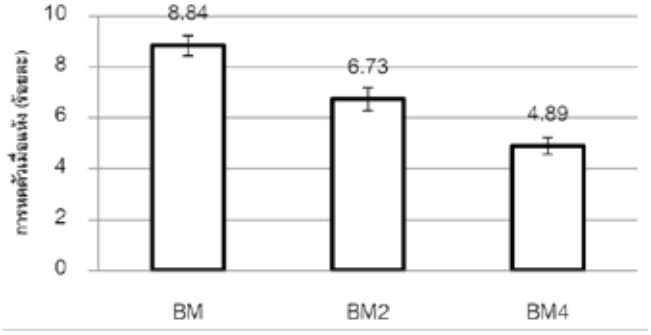


(ก) (ข) (ค)

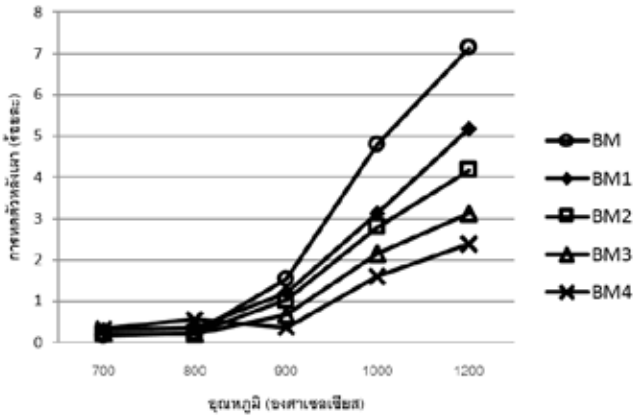
รูปที่ 3 โครงสร้างทางจุลภาคของ (ก) ดิน (ข) ดินโคลน (ค) ดินเชื้อ

3.2 ผลการทดสอบสมบัติเนื้อดิน

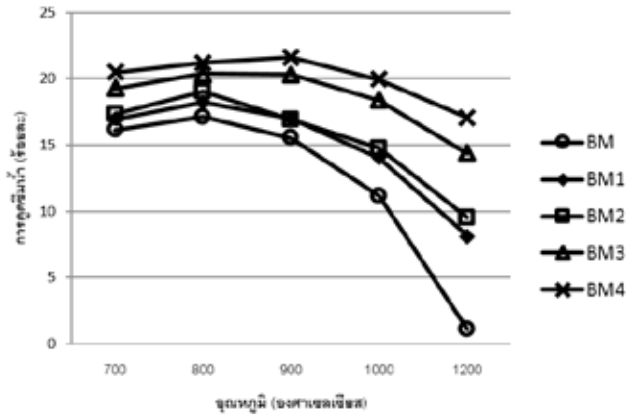
ผลการทดสอบสมบัติกายภาพก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียส ได้แก่ การหดตัวเมื่อแห้งของ BM ร้อยละ 8.84 ของ BM 2 และ BM 4 ร้อยละ 6.73 และ 4.89 ตามลำดับ การหดตัวเมื่อเผาของ BM อยู่ในช่วงร้อยละ 0.17-7.14 ของ BM1-4 อยู่ในช่วงร้อยละ 0.21-5.19 การดูดซึมน้ำของ BM อยู่ในช่วงร้อยละ 2.51-29.63 ของ BM1-4 อยู่ในช่วงร้อยละ 16.03-35.92 ความหนาแน่นของ BM อยู่ในช่วง 1.81-2.25 กรัม/ลบ.ซม. ของ BM1-4 อยู่ในช่วง 1.66-2.02 กรัม/ลบ.ซม. แสดงดังรูปที่ 4-7 ตามลำดับ



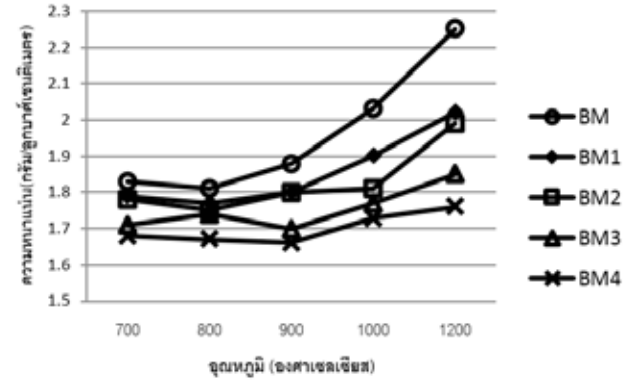
รูปที่ 4 แสดงการหดตัวเมื่อแห้งของดินตัวอย่าง BM BM2 BM4



รูปที่ 5 แสดงการหดตัวหลังเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียส ของดินตัวอย่าง BM BM1 BM2 BM3 BM4



รูปที่ 6 แสดงการดูดซึมน้ำหลังเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียสของดินตัวอย่าง BM BM1 BM2 BM3 BM4



รูปที่ 7 แสดงความหนาแน่นหลังเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียสของดินตัวอย่าง BM BM1 BM2 BM3 BM4

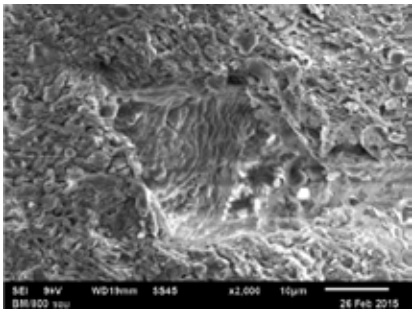
ผลการทดสอบสมบัติกายภาพแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิในการเผาทำให้ทุกดินตัวอย่างเกิดการสุกตัวของเนื้อดินเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการหดตัวเพิ่มขึ้น การดูดซึมน้ำลดลง และความหนาแน่นเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 900 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติกายภาพเพียงเล็กน้อย แต่ที่อุณหภูมิสูงกว่า900 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติกายภาพอย่างรวดเร็ว การเติมดินเชื้อมีผลทำให้การหดตัวเมื่อแห้งลดลง อีกทั้งดินเชื้อทำให้การหดตัวเมื่อเผาลดลง การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นลดลง เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากดินเชื้อผ่านการเผามีการหดตัวแล้วและมีความพรุนตัวในเนื้อดิน ทำให้การเติมดินเชื้อลดการหดตัวและเพิ่มความพรุนในเนื้อดิน ทำให้ค่าการดูดซึมน้ำเพิ่มและความหนาแน่นลดลง และจากการที่เมื่อเพิ่มดินเชื้อลงในดินตัวอย่างทำให้การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นลดลง ซึ่งบ่งชี้ว่ารูพรุนเหล่านี้เป็นรูพรุนแบบเปิด

โครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่าง BM และ BM4 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเผาดินตัวอย่างที่ 800 องศาเซลเซียส ดินตัวอย่าง BM ซึ่งเป็นดินล้วนยังพบสภาพของเกร็ดดินที่เกิดจากการเรียงตัวของแผ่นผลึกดินจากการขึ้นรูป และพบการหลอมบางตำแหน่งในเนื้อดินที่มาจากการปนเปื้อนของวัตถุดิบที่มีความเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) สูง แต่ที่อุณหภูมิสูง 1200 องศาเซลเซียส เนื้อดินมีการสุกตัวเพิ่มมากขึ้น ทำให้เห็นโครงสร้างอนุภาคผนึกกันมีความหนาแน่น ส่วนดินตัวอย่าง BM4 ซึ่งมีการเติมดินเชื้อ จะสามารถลดการเกิดเกร็ดดิน และพบรูพรุนในเนื้อดิน เนื้อดินมีการสุกตัวทำให้เห็นโครงสร้างอนุภาคผนึกกันมีความหนาแน่นแต่ยังพบรูพรุนในเนื้อดิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบทางกายภาพดังที่ได้กล่าวข้างต้น

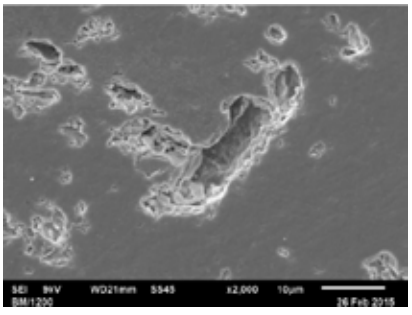
เฟสของดินตัวอย่าง BM หลังเผาที่ 800 องศาเซลเซียส พบผลึก Quartz เฟสของดินตัวอย่าง BM2 และ BM4 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส พบผลึก Quartz Cristobalite และ Mullite จากรูปที่ 9 จะเห็นว่า Cristobalite ของ BM4 สูงกว่าของ BM2 แสดงให้เห็นว่า การเพิ่มดินเชื้อจะสามารถเพิ่ม Cristobalite และอุณหภูมิการเผามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเฟส ดินตัวอย่างหลังเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส พบผลึก Quartz เป็นองค์ประกอบหลัก เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูง 1200 องศาเซลเซียส พบผลึก Quartz Cristobalite และ Mullite เฟสเหล่านี้มีสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนแตกต่างกันโดยผลึก Cristobalite > Quartz > Mullite [9] และ Mullite เป็นเฟสที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อดินได้ [10]

สมบัติความต้านแรงดัดของ BM เผาที่ 800 และ 1200 องสาเซลเซียส มีค่า 4.7 และ 26.9 นิวตัน/ตร.มม. ของ BM 2 เผาที่ 800 และ 1200 องสาเซลเซียส มีค่า 6.0 และ 26.2 นิวตัน/ตร.มม. และ BM 4 เผาที่ 800 และ 1200 องสาเซลเซียส มีค่า 3.9 และ 13.6 นิวตัน/ตร.มม. แสดงดังรูปที่ 10 โครงสร้างทางจุลภาคและเฟสมีผลต่อสมบัติความต้านแรงดัด ความต้านแรงดัดของดินตัวอย่างที่เพิ่มดินเชื้อมีแนวโน้มลดลง ส่วนความต้านแรงดัดของดินตัวอย่างที่เผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ความต้านแรงดัดที่มีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากรูพรุนที่ลดลง ความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้น และการเกิดเฟส Mullite นั่นเอง

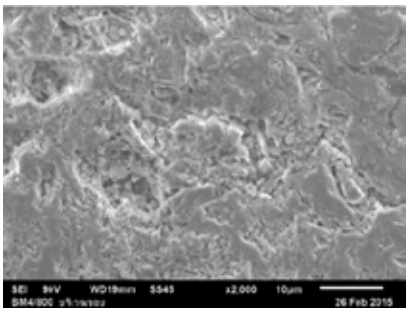
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเมื่อร้อนที่ 25-600 องศาเซลเซียส ของดินตัวอย่าง BM หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส มีค่า 11.12×10^{-6}1/T และ 11.46×10^{-6}1/T ดินตัวอย่าง BM2 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส มีค่า 9.87×10^{-6} -11.11×10^{-6}1/T ดินตัวอย่าง BM4 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส มีค่า 9.83×10^{-6}-11.62×10^{-6}1/T แสดงดังรูปที่ 11 ระดับอุณหภูมิการเผามีผลต่อความชันของกราฟหรือสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนของเนื้อดิน การเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิสูง 1200 องศาเซลเซียส ทำให้การขยายตัวเมื่อร้อนของทุกดินตัวอย่างเพิ่มสูงขึ้นกว่าดินตัวอย่างที่เผาที่ 800 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เนื่องจากดินตัวอย่างมีรูพรุนลดลง ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และพบผลึก Cristobalite ที่มีการขยายตัวเมื่อร้อนสูง โดยเฉพาะที่อุณหภูมิประมาณ 270 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงของการเปลี่ยนแปลงผลึกของ α- และ β-Cristobalite [11] และเมื่อเปรียบเทียบสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนของดินตัวอย่าง BM กับ BM2 BM4 ที่มีการเติมดินเชื้อพบว่าที่อุณหภูมิการเผา 800 องศาเซลเซียส ดินตัวอย่าง BM2 และ BM4 มีการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำกว่า BM แต่ที่อุณหภูมิการเผา 1200 องศาเซลเซียส ดินตัวอย่าง BM2 และ BM4 มีการขยายตัวเมื่อร้อนใกล้เคียงกับดินตัวอย่าง BM



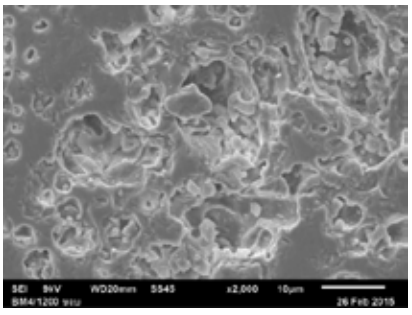
BM เผาที่ 800 องศาเซลเซียส



BM เผาที่ 1200 องศาเซลเซียส

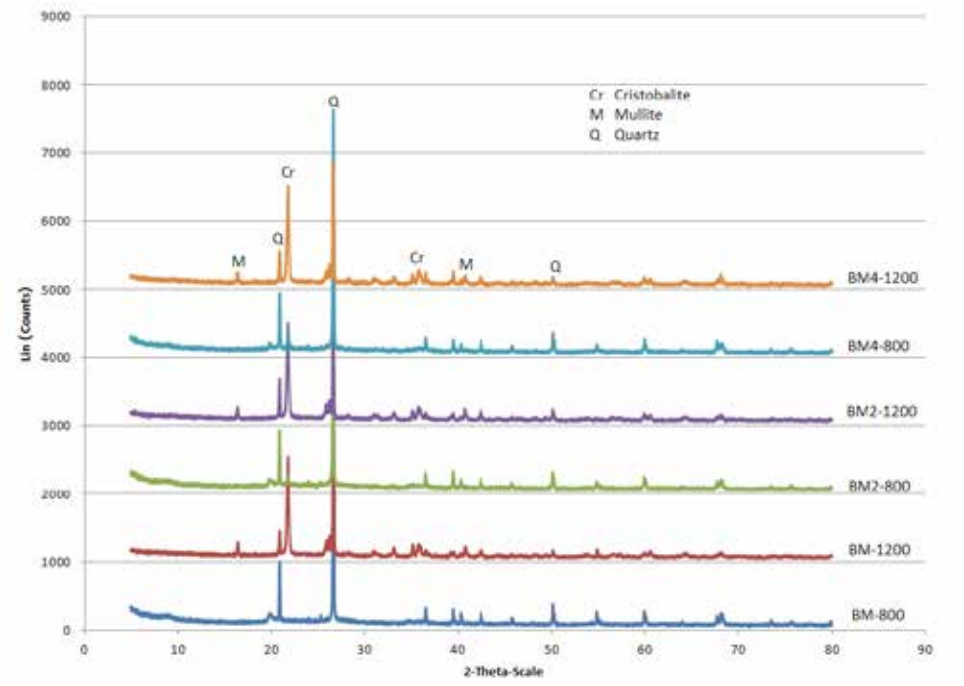


BM4 เผาที่ 800 องศาเซลเซียส

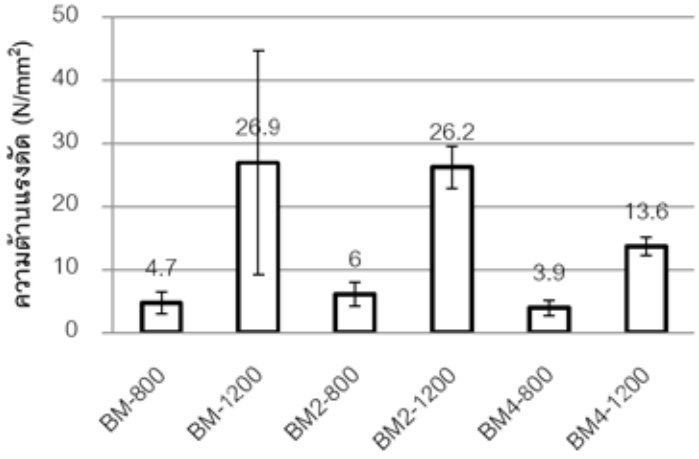


BM4 เผาที่ 1200 องศาเซลเซียส

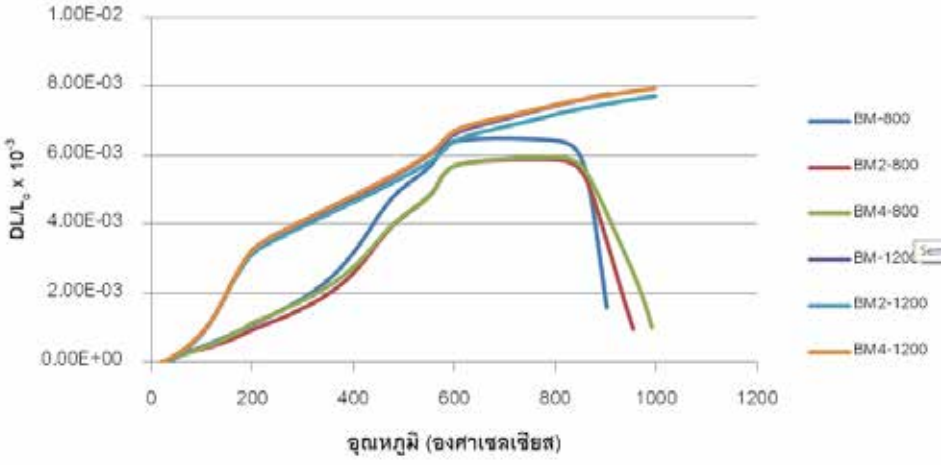
รูปที่ 8 แสดงโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่าง BM และ BM4 เผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 9 แสดงเฟสของดินตัวอย่าง BM BM2 และ BM4 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 10 แสดงความต้านแรงดัดของดินตัวอย่าง BM BM2 และ BM4 เผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 11 แสดงการขยายตัวเมื่อร้อนของดินตัวอย่าง BM BM2 และ BM4 หลังเผาที่ 800 และ 1200 องศาเซลเซียส

ดังนั้นการที่ผลิตภัณฑ์หม้อของกลุ่มชุมชนบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ผลิตโดยการเติมดินเชื้อ และเผากลางแจ้งด้วยไม้แขนงและฟางข้าว ในเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 800 องศาเซลเซียส นั้น เนื้อดินจะมีสมบัติการหดตัวลดลง ซึ่งจะช่วยลดการแตกจากการหดตัวของเนื้อดินในการผลิต [12] เนื้อดินมีโครงสร้างทางจุลภาคเป็นรูพรุนแบบเปิด ทำให้เมื่อนำมาผลิตเป็นภาชนะบรรจุน้ำ น้ำจะสามารถระเหยออกมาจากผนังภาชนะทำให้มีอุณหภูมิลดลง แต่อย่างไรก็ตามปริมาณของรูพรุนของเนื้อดินควรพอเหมาะเพราะน้ำจะซึมออกมาได้มากเกินไป และจากการบอกเล่าของผู้ประกอบการที่ว่าหม้อที่ผลิตมีความทนทานมากกว่าหม้อที่ผลิตจากแหล่งอื่นนั้น อาจเนื่องมาจากเนื้อดินหลังเผา มีรูพรุนและไม่พบผลึก Cristobalite หรือพบน้อย จึงมีสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำ ดังนั้นแม้หม้อที่เผาอุณหภูมิต่ำมีความแข็งแรงต่ำ แต่ทนต่อการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี

สำหรับการศึกษาสมบัติเนื้อดินเผาที่อุณหภูมิสูงที่ 1200 องศาเซลเซียส เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทที่มีความทนทานและสามารถตกแต่งด้วยเคลือบนั้น เนื้อดินหลังเผามีความความแน่นเพิ่มขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น แต่พบผลึก Cristobalite ซึ่งมีสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนสูงขึ้น เป็นผลให้ความทนทานต่อการใช้งานในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิลดลง ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเนื้อดินที่ผสมดินเชื้อร้อยละ 20-50 มีสมบัติดูดซึมน้ำร้อยละ 8.17-17.08 มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทที่ตกแต่งด้วยเคลือบให้สวยงาม เช่น กระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน เป็นต้น แต่หากต้องการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความแกร่งสูง การดูดซึมน้ำเข้าใกล้ 0 ต้องเติมวัตถุดิบที่มีสมบัติเป็น Flux เพิ่มและควรทดลองลดปริมาณ Cristobalite ในเนื้อดินหลังเผา

4.สรุปผลการทดลอง (Conclusion)

ผลจากการเติมดินเชื้อต่อสมบัติเนื้อดินที่เตรียมจากดินและดินโคลนจากหนองเลิง ตำบลเขวา อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่อัตราส่วนดินต่อดินเชื้อ 80:20 70:30 60:40 50:50 และเผาที่อุณหภูมิ 700-1200 องศาเซลเซียส พบว่า การเพิ่มดินเชื้อ จะเป็นการเพิ่มรูพรุนแบบเปิดในโครงสร้าง ทำให้การหดตัวเมื่อแห้งและหลังเผาลดลง การหดตัวเมื่อแห้งจากร้อยละ 8.84 เป็นร้อยละ 4.89-6.73 การหดตัวเมื่อเผาจากช่วงร้อยละ 0.17-7.14 เป็นช่วงร้อยละ 0.21-5.19 การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น จากช่วงร้อยละ 2.51-29.63 เป็นช่วงร้อยละ 16.03-35.92 ความหนาแน่นลดลง จากช่วง 1.81-2.25 กรัม/ลบ.ซม. เป็นช่วง 1.66-2.02 กรัม/ลบ.ซม. ดินตัวอย่างที่เติมดินเชื้อเผาที่อุณหภูมิต่ำ 800 องศาเซลเซียส จะพบผลึก Quartz เป็นองค์ประกอบหลัก มีความต้านแรงดัดต่ำในช่วง 3.9-6.0 นิวตัน/ตร.มม. และสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนต่ำในช่วง 9.82-9.86x10^{-6}1/T ในขณะที่การเพิ่มอุณหภูมิการเผาที่ 1200 องศาเซลเซียส ทำให้มีรูพรุนลดลง การดูดซึมน้ำลดลง การหดตัวหลังเผาและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น พบผลึก Cristobalite และ Mullite ทำให้ความต้านแรงดัดเพิ่มขึ้นเป็นช่วง 13.6-26.9 นิวตัน/ตร.มม. และสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อนเพิ่มขึ้นเป็นช่วง 11.10-11.62 x10^{-6}1/T ด้วย จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นสามารถใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงสมบัติดินด้วยการเติมดินเชื้อจะเป็นการพัฒนาเนื้อดินและผลิตภัณฑ์สำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาได้

5.กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการที่สนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณสำนักเทคโนโลยีชุมชนที่ให้ความอนุเคราะห์ทดสอบเฟส และขอขอบคุณโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่ให้ความอนุเคราะห์ทดสอบองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติการขยายตัวเมื่อร้อน

6.เอกสารอ้างอิง (References)

[1] พันธ์ศักดิ์ พ่วงพงษ์. *การทำเครื่องปั้นดินเผาบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมืองฯ จังหวัดมหาสารคาม*, ปริญญานิพนธ์ (ศศ.ม. ไทยคดีศึกษา เน้นมนุษยศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2537.

[2] โสภิดา ยงยอด. *การปั้นหม้อ ที่บ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมืองฯ จังหวัดมหาสารคาม* [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://www.thumboon.com/readarticle.php?article_id=61

[3] *Thai Folk Pottery*, [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://faculty.tamucc.edu/lkatz/articles/tfp.html

[4] ฤดี นิยมรัตน์. บทที่ 2 ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://www.teacher.ssru.ac.th/reudee_ni/file.php/1/research-redclay2557/redclay-6-c-2.pdf

[5] จินตนา จิตต์จำนง และปิยะเนตร จันทร์ถิระติกุล. องค์ประกอบของดินปั้นที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา, *J. Sci. Technol. MSU*, 2008, 27(1), 27-32. หรือ [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://thailand.digitaljournals.org/index.php/JSTMU/article/viewFile/1648/1401

[6] *แกลบ แกลบดำ ขี้เถ้าแกลบ*, [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://puechkaset.com/%E0%B9%81%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B8%9A/

[7] *เกร็ดความรู้ จาก แกลบดิน ฟางข้าว และถั่วงา*, [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://www.asoke.info/kudinfa/appendix/document02.html

[8] คชินท์ สายอินทวงศ์. *แกลบ วัตถุดิบมหัศจรรย์สำหรับงานเซรามิก*, [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 27 กุมภาพันธ์ 2558]. เข้าถึงจาก: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:x4umuBtyupkJ:thaiceramicsociety.com/rm_paint_chaff.php&hl=th&gl=th&strip=1

[9] MAYNARD, P. Bauleke, *How to Solve the Problems of Body Cracking and Glaze Popping in Stoneware Bodies* [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 6 มีนาคม 2558]. เข้าถึงจาก: http://www.kgs.ku.edu/Publications/Bulletins/211_4/bauleke.html

[10] MÄRQUEZ, Martin Jorg, et.al., Effect of microstructure on mechanical properties of porcelain stoneware, *Journal of the European Ceramic Society,* 2010, 30 (15), 3063-3069.

[11] The Silica Group [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 12 มีนาคม 2558] เข้าถึงจาก: http://www.quartzpage.de/gen_mod.html

[12] RAJAMANNAN, B. et.al., Effect of Grog Addition on the Technological Properties of Ceramic Brick, *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 2013, 2(6), 81-84. หรือ [ออนไลน์]. [อ้างถึงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2558] เข้าถึงจาก: http://www.mnkjournals.com/ijlrst_files/download/vol%202%20Issue%206/16-14-20112013%20B.%20Rajamannan.pdf