# ประโยชน์ของกากดินขาวลำปางต่อสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

# USE OF LAMPANG WHITE CLAY RESIDUAL FOR MECHANICAL PROPERTY OF EARTHENWARE CLAY

*อดุลย์ ทรายตัน**

***Adul Saitan****

*สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*

*Program of Ceramic Technology, Faculty of Industrial Technology, LampangRajabhat University, Thailand.*

***Corresponding author, E-mail:** adulsaitan_kookai@hotmail.com*

**บทคัดย่อ**

บทความนี้เป็นบทความที่ผู้เขียนต้องการนำเสนอแนวทางการนำกากดินขาวลำปางมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ให้ดีขึ้น ผู้เขียนจึงดำเนินการทดลองเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์กับเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมการทดลองเริ่มจากการเตรียมเนื้อดิน การขึ้นรูปตัวอย่างการทดลองและการวัดผลการทดลอง ผู้เขียนพบว่า กากดินขาวลำปางสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ให้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ ดังนี้ เนื้อดินมีความเหนียว มีความคงตัวและไม่สูญเสียสมบัติด้านความเหนียวไป เนื้อดินมีการหดตัวใกล้เคียงกับเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เนื้อดินมีสมบัติด้านการดูดซึมน้ำดีขึ้นหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ลดลงร้อยละ 1.76, 2.46 และ 4.24 ตามลำดับ และเนื้อดินมีสมบัติด้านความแข็งแกร่งดีขึ้น ก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้นร้อยละ 23.14, 31.60, 25.62 และ 19.93 ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** กากดินขาว ดินขาว ดินขาวลำปาง เครื่องปั้นดินเผา เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

**Abstract**

This article was written to show the way for improving mechanical properties of the earthenware clay using Lampang white clay residual. Mechanical properties of the clay from earthenware clay products and earthenware clay from a Lampang white clay residual compound were compared. The Experimental started to prepare clay body. It was then formed and measured properties of the samples. It was found that Lampang white clay residual could be used as an ingredient in earthenware clay. Besides, it was also improved the mechanical properties of the earthenware clay when it was compared with earthenware clay products. The clay is sticky and steady. Linear shrinkage of this clay had almost the earthenware clay products. The water absorption was increased with increasing temperature at 900, 1000 and 1,100°C that was

about 1.76, 2.46 and 4.24 percent, respectively. The bending strength of this sample was enhanced after fired at 900, 1000 and 1,100 °C, the bending strength by 23.14, 31.60, 25.62 and 19.93 percent respectively.

**Keywords:** White clay residual, White clay, Lampang clay, Pottery, Earthenware clay

**บทนำ**

บทความนี้เป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนที่ได้ศึกษาการนำกากดินขาวลำปางมาใช้ประโยชน์ในงานเซรามิก โดยใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิด “เอิร์ทเทินแวร์” สำหรับเหตุผลในการนำกากดินขาวมาใช้ประโยชน์นั้น เริ่มจากผู้เขียนได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกากดินขาวลำปางก่อน ซึ่งในเบื้องต้นพบว่าลักษณะทางกายภาพนั้น คล้ายกับเม็ดทรายแต่จะมีความขาว และขนาดอนุภาคละเอียดกว่า ส่วนลักษณะทางเคมีมีส่วนประกอบของซิลิกาและอลูมินาเป็นหลัก จากนั้นผู้เขียนจึงศึกษาต่อถึงที่มาของกากดินขาวลำปาง ซึ่งพบว่ากากดินขาวเกิดจากกากเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตแร่ดินขาวของจังหวัดลำปาง และการล้างแร่ดินขาวแต่ละครั้งจะเหลือปริมาณกากดินขาวมากประมาณร้อยละ 50-70 โดยน้ำหนักของแร่ดินที่นำมาล้าง ซึ่งเป็นปริมาณที่มากหากคำนวณปริมาณของกากดินขาวทุกโรงงานในจังหวัดลำปางต่อปี

ผู้เขียนจึงต้องการให้เกิดแนวทางในการนำกากดินขาวลำปางมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เหตุผลของแนวคิดนั้นเพื่อต้องการลดปัญหาเรื่องขยะจากเศษเหลือทิ้งจากโรงงานผลิตแร่ดินขาวให้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ ลดมลพิษทางอากาศ ลดปริมาณการใช้พลังงานในการกำจัดกากดินขาวจากการขนส่งเพื่อเททิ้ง โดยที่ไม่เกิดประโยชน์หรือสร้างรายได้ให้กับโรงงานผลิตแร่ดินขาว ลดปริมาณการนำทรัพยากรทางธรรมชาติอันได้แก่ แร่ดินขาวมาใช้ ลดการสูญเสียทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีประโยชน์ และเกิดการจัดการหรือการบริหารทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

ส่วนเหตุผลที่นำกากดินขาวลำปางมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์นั้น เพราะต้องการให้เกิดแนวทางในการพัฒนาสมบัติเชิงกลของเนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เป็นผลิตภัณฑ์ที่หาซื้อง่าย และมักพบเห็นได้ง่าย เช่น กระถางต้นไม้ หม้อ ไห โอ่งมังกร โอ่งน้ำอ่างบัว เป็นต้น สำหรับเหตุผลสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์ชนิดเอิร์ทเทินแวร์ส่วนมากถูกผลิตขึ้นจากอุตสาหกรรมแบบครัวเรือนในชุมชน หรือพื้นที่นั้นๆ ผลิตจากชาวบ้าน วางขายตามบ้านเรือนหรือร้านค้าส่วนมากราคาขายต่อชิ้นค่อนข้างถูกมีราคาน้อยกว่า 10 บาทขึ้นไปจนถึงหลักพัน ในอดีตวัตถุดิบที่นำมาใช้ ได้แก่ดินหรือทรายมักเป็นวัตถุดิบในพื้นที่ จึงไม่มีผลกระทบจากต้นทุนด้านวัตถุดิบมากนัก จึงทำให้สามารถขายได้ในราคาดังกล่าว แต่ปัจจุบันเมื่อผู้เขียนได้สอบถามจากชาวบ้านในชุมชนบ้านม่อนเขาแก้วที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดดังกล่าว และที่สำคัญเป็นชุมชนเก่าแก่ของจังหวัดลำปางที่มีการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาบ้านม่อนเขาแก้วมาอย่างยาวนาน กลับพบว่า ปริมาณดินในพื้นที่ของชุมชนเริ่มน้อยลง และชาวบ้านต้องหาซื้อทรายจากแหล่งอื่น ยิ่งในสถานการณ์ปัจจุบันราคาทรายยังมีแนวโน้มสูงขึ้นจากราคาน้ำมันและค่าครองชีพที่สูงขึ้น ทำให้กระทบต่อต้นทุนการผลิตของชาวบ้าน แต่ในทางกลับกันชาวบ้านกลับต้องขายผลิตภัณฑ์เซรามิกในราคาที่เท่าเดิมหรือต่ำกว่าปกติ

ด้วยเหตุนี้หากสามารถนำเอากากดินขาวลำปางมาใช้เป็นส่วนผสมแทนทรายได้ โดยไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์สูญเสียสมบัติเชิงกลของเนื้อผลิตภัณฑ์ชนิดเอิร์ทเทินแวร์แล้วนั้น จะช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องต้นทุนเรื่องวัตถุดิบแก่ชาวบ้าน พัฒนาองค์ความรู้ที่ชาวบ้านมีอยู่ สร้างอาชีพและรายได้ให้กับชุมชน และเป็นการกระตุ้นเศรษฐกิจระดับล่างให้เข้มแข็งมากขึ้น

**กากดินขาวลำปาง**

เมื่อพูดถึงจังหวัดลำปางสิ่งที่คนทั่วไปจะนึกถึงคือ เมืองรถม้า และเมืองเซรามิก เพราะทั้งสองสิ่งเป็นอัตลักษณ์ของจังหวัดลำปาง สร้างชื่อเสียงและรายได้ให้แก่จังหวัดมาอย่างช้านาน รถม้าเป็นธุรกิจด้านบริการ มีไว้สำหรับให้นักท่องเที่ยวนั่งรถม้าเที่ยวชมตัวเมืองลำปาง ส่วนเซรามิกนั้นเป็นธุรกิจด้านจำหน่ายสินค้าสำหรับเป็นของที่ระลึกหรือหาซื้อเพื่อใช้สอยแล้วแต่ความต้องการของนักท่องเที่ยว แต่สำหรับเนื้อหาในส่วนนี้ผู้เขียนขอนำเสนอข้อมูลทางด้านเซรามิกเท่านั้น จังหวัดลำปางเป็นจังหวัดที่มีอุตสาหกรรมทางด้านเซรามิกมากที่สุดในประเทศ เนื่องจากอยู่ใกล้แหล่งแร่ดินขาวและดินดำมีโรงบรรจุก๊าซ LPG และมีโรงงานสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าทำให้เกิดความได้เปรียบในการประกอบอุตสาหกรรมเซรามิก เพราะแหล่งทรัพยากรต่างๆ อยู่ใกล้กับสถานประกอบการ สะดวกต่อการขนส่ง และด้วยอุตสาหกรรมจำนวนมาก ทำให้ปริมาณการผลิตสินค้าเซรามิกของจังหวัดลำปางมีปริมาณมากขึ้นตาม ในประเด็นนี้ผู้เขียนได้ตั้งข้อสันนิฐานว่าการจะผลิตสินค้าทางเซรามิกนั้น ต้องใช้ทรัพยากรทางธรรมชาติ ซึ่งได้แก่แร่ดินขาวในปริมาณมากเพราะแร่ดินขาวเป็นส่วนผสมหลักในการผลิตเซรามิก นั้นแสดงว่านอกจากอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกแล้วจะต้องมีอุตสาหกรรมผลิตแร่ดินขาวลำปางเพื่อส่งให้กับอุตสาหกรรมผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกแน่นอน และการตั้งข้อสันนิฐานก็เป็นจริงเช่นนั้นเพราะมีอุตสาหกรรมผลิตแร่ดินขาวลำปางจริงส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอแจ้ห่ม เพราะเป็นแหล่งแร่ดินขาวอุตสาหกรรมผลิตแร่ดินขาวมีหลายโรงงาน มีโรงงานขนาดใหญ่จนถึงเล็ก และมีกำลังการผลิตแร่ดินขาวค่อนข้างมาก เพื่อจัดส่งให้เพียงพอต่อกำลังการผลิตของอุตสาหกรรมผลิตเซรามิก จากการได้เยี่ยมชมอุตสาหกรรมผลิตแร่ดินขาว ผู้เขียนได้พบเห็นขั้นตอนการผลิตแร่ดินขาวลำปางและได้สังเกตเห็นกองดินขนาดใหญ่หลายกอง ลักษณะคล้ายเม็ดทรายหยาบและทรายละเอียดปะปนกัน มีเนื้อผงสีขาว จากการสอบถามพบว่าบริเวณนั้นเป็นกองทิ้งเศษที่เหลือจากขั้นตอนการผลิตแร่ดินขาว หรือที่เรียกว่า “กากดินขาว” นั้นเอง

**ภาพที่ 1** ลักษณะของกากดินขาวลำปาง

จากนั้นผู้เขียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับกากดินขาวลำปาง ซึ่งพบว่ามีนักวิจัยและหน่วยงานต่างๆ ได้ทดลองนำกากดินขาวลำปางมาใช้ประโยชน์ในงานเซรามิก เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินหรือแม้แต่มีข้อมูลผลงานวิจัยของรองรัตน์ ระมิงค์วงศ์ [1] ได้ศึกษาผลงานนำกากดินขาวมาใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินสโตนแวร์ ก็พบว่าเกิดผลดีต่อสมบัติของเนื้อดิน แต่ปริมาณการนำไปใช้ประโยชน์ยังน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณกากดินขาวที่เกิดขึ้นทุกวันจากกระบวนการผลิต ดังนั้นผู้เขียนเองจึงเริ่มศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของกากดินขาวลำปาง ซึ่งในเบื้องต้นพบว่า ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปคล้ายทรายละเอียด เป็นผงสีขาว เนื้อละเอียด มีขนาดอนุภาคใหญ่กว่า 45 ไมครอน เมื่อผสมน้ำตกตะกอนอย่างรวดเร็ว ไม่มีความเหนียว ส่วนลักษณะทางเคมีมีส่วนประกอบของซิลิกา และอลูมินาเป็นหลักจากนั้นผู้เขียนจึงศึกษาต่อถึงต้นต่อที่มาของกากดินขาวลำปาง และพบว่ากากดินขาวเกิดขึ้นจากการผลิตแร่ดินขาว ในขั้นตอนของกระบวนการล้างดินเริ่มจากนำแร่ดินขาวจากแหล่งดินขาวบดย่อยเพื่อลดขนาดด้วยเครื่องบดชนิดแฮมเมอร์มิล ผงแร่ดินขาวหลังบดจะถูกนำไปผสมกับน้ำในถังกวนขนาดใหญ่กลายเป็นน้ำดิน จากนั้นน้ำดินจะถูกปล่อยให้ไหลผ่านรางซิกแซกที่ลาดเอียง อนุภาคที่มีความหยาบ ได้แก่ เม็ดทรายจะตกตะกอนอยู่ในบริเวณราง ส่วนอนุภาคที่มีความละเอียด ได้แก่ เนื้อดินบริสุทธิ์จะไหลออกจากรางลงสู่บ่อเก็บน้ำดิน วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการคัดแยกที่อาศัยทฤษฎีของการตกตะกอนของอนุภาคนั้นเอง น้ำดินที่เหลือในขั้นตอนสุดท้ายจะถูกดูดผ่านสู่เครื่องรีดน้ำดินหรือเครื่องฟิวเตอร์เพรสเพื่อรีดน้ำส่วนเกินออกจากน้ำดิน น้ำดินที่ผ่านการรีดน้ำจะกลายเป็นเนื้อดินมีลักษณะเป็นแผ่นและยังคงมีความชื้น พร้อมสำหรับการนำไปใช้งานหรือจัดจำหน่ายแต่ปัจจุบันโรงงานผลิตแร่ดินขาวได้นำไฮโดรไซโคนมาใช้ในการผลิตแร่ดินขาวเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นและยังสามารถควบคุมความละเอียดของแร่ดินขาว ซึ่งแร่ดินขาวที่ได้จะมีคุณภาพที่ดีกว่า แต่อย่างไรก็ตามการล้างแร่ดินขาวไม่ว่าจะวิธีการใดก็ตามจะเหลือปริมาณกากดินขาวตกค้างอยู่ในรางซิกแซกหรือถูกคัดทิ้งด้วยไฮโดรไซโคนสูงถึงร้อยละ 50-85 [2] โดยน้ำหนักของดินที่นำมาล้างนั้นหมายความว่าหากล้างแร่ดินขาว 20 ตันต่อวันจะเกิดกากดินขาว 10 ตันต่อวัน ในหนึ่งเดือนจะมีกากดินขาวมากถึง 300 ตันต่อเดือน ในหนึ่งปีจะมีกากดินขาวมากถึง 3,600 ตันต่อปีเลยทีเดียว

**เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์**

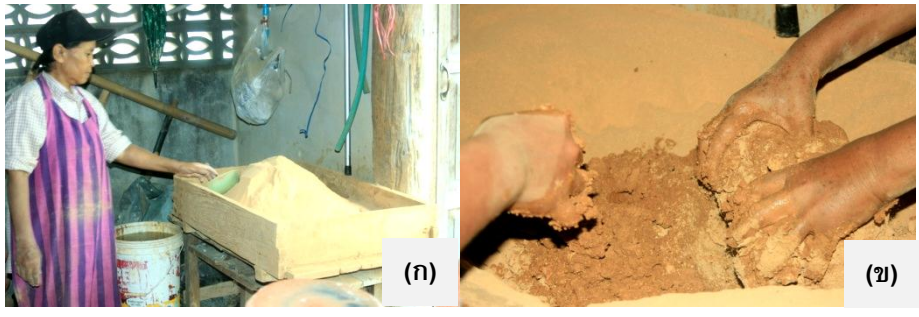
ผลิตภัณฑ์เซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประวัติศาสตร์การกำเนิดมาอย่างยาวนานนับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และเป็นที่ทราบกันว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกผลิตมาจากวัตถุดิบจำพวกดินและหินถูกนำมาบดผสมกัน ขึ้นรูปเป็นภาชนะรูปทรงต่างๆ และเผาที่อุณหภูมิสูงจนมีความแข็ง ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ ถ้วย จาน ชาม แก้วน้ำ แก้วกาแฟ แจกัน สุขภัณฑ์ ตุ๊กตาดินเผา โคมไฟ ลูกถ้วยไฟฟ้า กระถางต้นไม้ หม้อ ไห โอ่งมังกร โอ่งน้ำ อ่างบัว ฯลฯ [3] แต่จะมีกี่คนที่สามารถระบุได้ว่าผลิตภัณฑ์เซรามิกที่เรารู้จักกัน ถูกแบ่งออกเป็นกี่ประเภท และแต่ละประเภทมีความแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งในกรณีนี้ผู้เขียนขออธิบายข้อมูลดังกล่าว โดยแบ่งผลิตภัณฑ์เซรามิกออกตามวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมหรือเรียกอีกอย่างว่า “เนื้อวัสดุ” จะสามารถแบ่งได้ 4 ประเภทหลัก ได้แก่ 1. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินโบนไชน่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ส่วนผสมของเถ้ากระดูกวัวหรือควายดินและหิน มีสมบัติพิเศษคือ ผลิตภัณฑ์มีความบาง มีความขาว ความโปร่งแสง ราคาสูง ผลิตภัณฑ์ที่พบทั่วไปได้แก่ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร 2. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินพอร์ซเลน 3. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินสโตนแวร์สำหรับผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินพอร์ซเลน

และเนื้อดินสโตนแวร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ส่วนผสมของดินและหินเหมือนกัน มีสมบัติพิเศษคือมีความแข็ง เนื้อสีขาวถึงขาวขุ่น แตกต่างกันตรงที่เนื้อดินพอร์ซเลนจะมีความแข็งแกร่งมากกว่า ผลิตภัณฑ์ที่พบทั่วไป ได้แก่ ถ้วย จาน ชาม แก้วน้ำ ชุดกาแฟ แจกัน สุขภัณฑ์ โคมไฟลูกถ้วยไฟฟ้า ของตกแต่งภายในอาคาร เป็นต้น และ 4. ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

สำหรับผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์นั้น ผู้เขียนมองว่ามีความน่าสนใจกว่าประเภทอื่น เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมาตั้งแต่สมัยอดีตกาล มีประวัติศาสตร์ความเป็นมาที่ยาวนานผสมผสานองค์ความรู้ และเทคโนโลยีในอดีตสืบทอดองค์ความรู้กันมาจากรุ่นสู่รุ่น เป็นอุตสาหกรรมแบบครัวเรือน สร้างอาชีพและรายได้ให้กับชุมชนและเป็นรากฐานทางเศรษฐกิจของครัวเผา ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มีความโดดเด่นตรงที่ใช้วัตถุดิบที่อยู่ในพื้นที่ เช่น ดินแดงพื้นบ้านและทราย ผลิตเป็นเนื้อดินปั้น ใช้อุณหภูมิในการเผาต่ำประมาณ 800-1,100 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์มีความหนาพรุนตัวสูง การดูดซึมน้ำสูงประมาณร้อยละ 10-20 มีความทึบแสง ส่วนสีของผลิตภัณฑ์ ให้เฉดสีส้มจนถึงน้ำตาล เป็นเนื้อดินที่จัดอยู่ในประเภทความหนาแน่นต่ำ [4] ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้พบเห็นโดยทั่วไป ได้แก่ กระถาง หม้อน้ำ กระเบื้อง กระเบื้องมุงหลังคา ตุ๊กตาดินเผา น้ำพุและของประดับตกแต่งสวน เป็นต้น ราคาซื้อขายต่อชิ้นไม่แพงมากนัก จากกิจกรรมโครงการชุมชนมีส่วนร่วมกับการเรียนการสอนสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2553 ที่ผ่านมา ผู้เขียนได้นำนักศึกษาเรียนรู้กระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ณ ชุมชนบ้านม่อนเขาแก้วสถานที่ตั้งของหมู่บ้าน ตั้งอยู่ที่ 94 หมู่ 1 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง ผู้เขียนได้พบว่า ชุมชนดังกล่าว เป็นชุมชนหนึ่งที่ผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาโดยใช้เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ผลิตเป็นสินค้าออกวางจำหน่าย จากการสอบถามประวัติความเป็นมาของเครื่องปั้นดินเผาจากคุณลัดดา ทิสาระ ประธานกลุ่มเครื่องปั้นดินเผา บ้านม่อนเขาแก้ว ผู้เขียนได้ข้อมูลว่า ชาวบ้านม่อนเขาแก้วได้จัดทำเครื่องปั้นดินเผา โดยไม่มีการเคลือบสืบทอดกันมาตั้งแต่สมัยปู่ ย่า ตา ยาย เมื่อประมาณปี พ.ศ. 2399 หรือประมาณ 156 ปีมาแล้ว ผลิตภัณฑ์เริ่มแรกที่ชาวบ้านผลิตกัน ได้แก่ หม้อน้ำสำหรับใช้บรรจุน้ำดื่ม หม้อหุงอาหาร หม้อต้มสมุนไพร และได้มีการถ่ายทอดความรู้เรื่องงานปั้นเครื่องปั้นดินเผา จนกระทั่งมาสู่รุ่นลูกรุ่นหลาน ปัจจุบันชาวบ้านได้พัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ เปลี่ยนเป็นกระถางใส่ต้นไม้ หม้อสำหรับอบอาหาร เช่น ไก่ เนื้อ หรือปลา ชุดประดับตกแต่งสวนและภายในตัวอาคาร และตุ๊กตาดินเผา

**ภาพที่ 1** ภาพ (ก) และ (ข) ภาพกิจกรรมโครงการชุมชนมีส่วนร่วมกับการเรียนการสอนชุมชนบ้านม่อนเขาแก้ว

เครื่องปั้นดินเผาบ้านม่อนเขาแก้วเป็นลักษณะของอุตสาหกรรมในครัวเรือน ใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนมือและการปั้นแบบขดแรงงานมาจากเจ้าของบ้านที่ผลิตและกลุ่มลูกหลานบ้านนั้นๆ ชาวบ้านจะใช้ดินในพื้นที่โดยขุดขึ้นมาจากแหล่ง จากนั้นนำดินไปตากจนแห้งแล้วตีดินให้แตกละเอียดด้วยเครื่องบดชนิดแฮมเมอร์มิลล์ เมื่อได้ดินผงแล้วนำมาคลุกผสมทรายและน้ำ ใช้ส่วนผสมของดิน 2 ส่วน ต่อทราย 1 ส่วน จากนั้นจะเติมน้ำลงในเนื้อดินที่ผสม คลุกเคล้าด้วยมือในกะบะไม้นวดไปมาจนจับตัวกันเป็นก้อน จากนั้นชาวบ้านจะหมักดินทิ้งไว้เป็นเวลา 1 คืน จึงจะนำเนื้อดินมาปั้นเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ เมื่อปั้นผลิตภัณฑ์เสร็จจะทิ้งไว้ให้แห้งและเผาเป็นขั้นตอนสุดท้าย ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่หลังการเผาจะมีน้ำหนักเบาขึ้น มีความพรุนตัว มีสีส้มถึงแดง เนื่องจากเนื้อดินดังกล่าวมีปริมาณเหล็กออกไซด์เป็นส่วนผสมมาก จึงส่งผลให้แสดงสมบัติดังกล่าว [5] นอกจากนี้สีที่ปรากฏเป็นสีสันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ไม่ได้ถูกสร้างสรรค์ด้วยมนุษย์เราเป็นสีสันโทนธรรมชาติเพราะถูกสร้างสรรค์ด้วยเหล็ก และวัตถุดิบที่ช่วยในการหลอมตัวเป็นตัวสร้างปฏิกิริยาให้เกิดขึ้นนั้นเอง [6]




**ภาพที่ 3** ภาพ (ก) พื้นที่สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านม่อนเขาแก้ว (ข) วิธีการขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาด้วยแป้นหมุนของชาวบ้านม่อนเขาแก้ว

สำหรับการเผาผลิตภัณฑ์ของชุมชนบ้านม่อนเขาแก้ว เป็นวิธีการเผาแบบ เผาในที่โล่ง ไม่ใช้เตาเผาในการเผาผลิตภัณฑ์ วิธีการเผานั้นจะนำผลิตภัณฑ์ที่แห้งสนิทมาวางเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ วางเศษไม้และฟางหรือขี้เถ้าแกลบถมกลบผลิตภัณฑ์แล้วจึงนำเอาเศษผลิตภัณฑ์แตกวางทับไว้ด้านข้างและด้านบนเพื่อใช้กักความร้อน วิธีการเผาดังกล่าวเป็นเทคนิคที่ชาวบ้านได้คิดค้นขึ้นจากประสบการณ์ของชาวบ้านเอง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 900-1,100 องศาเซลเซียส

**ภาพที่ 4** ลักษณะของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาของชาวบ้านม่อนเขาแก้ว

ปัจจุบันมีเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์อีกหลายประเภท แต่ที่ผู้เขียนพบบ่อยมีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทแรกผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์เนื้อละเอียด จะมีความทนไฟสูงใช้ผลิตเป็นกระถาง กระเบื้องมุงหลังคา กระเบื้องปูพื้น ประเภทที่ 2 ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์ไฟต่ำจะใช้ดินโดโลไมท์เป็นส่วนผสมร่วมด้วยเพื่อลดน้ำหนักให้กับผลิตภัณฑ์ นิยมผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทของตกแต่ง และสุดท้าย ประเภทที่ 3 ผลิตภัณฑ์เอิร์ทเทินแวร์เนื้อสีแดงหรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเทอราคอตต้า ใช้ผลิตสินค้าประเภทของตกแต่งตุ๊กตา เป็นต้น

## แนวทางการใช้ประโยชน์ของกากดินขาวลำปางในเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

หลังจากการได้ศึกษาสมบัติของกากดินขาวลำปาง และการได้รับประสบการณ์ตรงจากการลงพื้นที่ยังสถานที่ผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ ผู้เขียนจึงได้หาแนวทางในการนำกากดินขาวลำปางมาเป็นส่วนผสมในเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์จากข้อมูลที่ผู้เขียนได้จากการสอบถามชาวบ้านม่อนเขาแก้วเรื่อง ส่วนผสมของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์พบว่า อัตราส่วนผสมที่ชาวบ้านใช้ คือ ดิน 2 ส่วน ต่อ ทราย 1 ส่วน ผู้เขียนจึงใช้อัตราส่วนผสมดังกล่าวเป็นแนวทางในการนำกากดินขาวลำปางมาใช้ประโยชน์ ใช้วิธีการเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างอัตราส่วนของชาวบ้านที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสมกับอัตราส่วนผสมของผู้เขียนที่ใช้กากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสม ผู้เขียนกำหนดให้อัตราส่วนผสมของชาวบ้านม่อนเขาแก้วที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสม เป็นสูตรการทดลองที่ 1 และกำหนดให้อัตราส่วนผสมของผู้เขียนที่ใช้กากดินขาวลำปางแทนทรายเป็นส่วนผสมเป็นสูตรการทดลองที่ 2 เครื่องมือที่ใช้วัดผลของสมบัติเชิงกล ผู้เขียนเลือกใช้สูตรการคำนวณค่าการหดตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแกร่งเป็นเครื่องมือเปรียบเทียบสมบัติของเนื้อดินทั้ง 2 สูตรการทดลอง

**ตารางที่ 1** อัตราส่วนผสมของการทดลองของผู้เขียน

| สูตรการทดลอง | ดินม่อนเขาแก้ว | ทราย | กากดินขาวลำปาง |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 ส่วน | 1 ส่วน | - |
| 2 | 2 ส่วน | - | 1 ส่วน |

## วิธีการการวัดผลสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

หลังจากการหาแนวทางการนำกากดินขาวมาใช้ประโยชน์ในเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์แล้วนั้น ผู้เขียนจึงเริ่มดำเนินการทดลอง โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

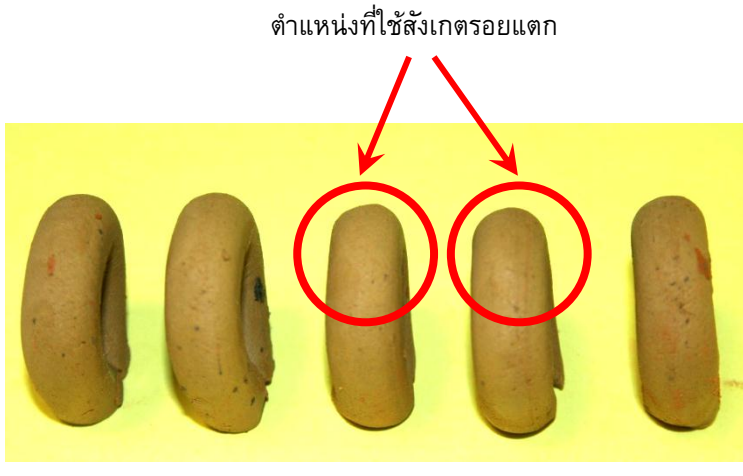
**ขั้นตอนที่ 1** การเตรียมเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ เริ่มจากเตรียมเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่ใช้ทรายเป็นส่วนผสมคือ ดิน 2 ส่วน หรือ ร้อยละ 66.67 โดยน้ำหนัก ทราย 1 ส่วน หรือ ร้อยละ 33.33 โดยน้ำหนักก่อนจากนั้นเตรียมเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่ใช้กากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมคือ ดิน 2 ส่วน หรือร้อยละ 66.67 โดยน้ำหนัก กากดินขาวลำปาง 1 ส่วน หรือร้อยละ 33.33 โดยน้ำหนัก วิธีการผสมใช้การคลุกเคล้าด้วยมือผสมเนื้อดินให้เข้ากัน แต่ละสูตรการทดลองใช้เวลาในการคลุกเคล้าเป็นเวลา 10 นาที เติมน้ำลงไปในเนื้อดินนวดผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

**ขั้นตอนที่ 2** การขึ้นรูปตัวอย่าง ผู้เขียนใช้ตัวอย่างการทดลองเป็นลักษณะแท่งทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เซนติเมตร ยาว 12 เซนติเมตร โดยรีดผ่านเครื่องรีดดินชนิดใช้คันโยกมือ แต่ละสูตรการทดลองขึ้นรูปตัวอย่างการทดลอง จำนวน 10 แท่ง หลังจากการขึ้น

รูปเสร็จ ทิ้งไว้ในบรรยากาศปกติ เป็นเวลา 1 วัน ก่อนเผาด้วยเตาเผาชนิดใช้ไฟฟ้าเป็นเชื้อเพลิง ที่อุณหภูมิ 900, 1000, 1100 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ คือ 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาที

**ขั้นตอนที่ 3** การวัดผลสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ ในขั้นตอนนี้ผู้เขียนได้เลือกใช้สูตรการคำนวณค่าการหดตัว ค่าการดูดซึมน้ำ และค่าความแข็งแกร่ง เป็นเครื่องมือในการวัดผลสมบัติเชิงกลของเนื้อดิน เอิร์ทเทินแวร์ แต่ผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ต้องอาศัยความเหนียวในการขึ้นรูป ผู้เขียนจึงเพิ่มการวัดผลค่าความเหนียวลงในการทดลองด้วย

**- ความเหนียว** การวัดผลความเหนียว ผู้เขียนวัดผลด้วยวิธีการโค้งงอเส้นดินโดยกำหนดความยาวของแท่งดินให้เท่ากัน คือ 6 เซนติเมตร จากนั้นจับปลายทั้งสองข้างงอเข้าหากัน สังเกตดูรอยแตกบริเวณส่วนโค้ง หากรอยแตกเกิดขึ้นแสดงว่าเนื้อดินสูตรนั้นมีความเหนียวน้อย




**ภาพที่ 5** ลักษณะการทดสอบความเหนียวและตำแหน่งที่ใช้สังเกตรอยแตก

**- การหดตัว** การวัดผลการหดตัวของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนแบ่งการวัดผลแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ การหดตัวก่อนการเผา และการหดตัวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส การวัดผลการหดตัวก่อนเผา ผู้เขียนนำตัวอย่างการทดลองอบให้แห้งด้วยเตาอบวัสดุเซรามิก อุณหภูมิการอบ คือ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างการวิจัย จำนวน 5 แท่ง วัดค่าความยาวตามจุด 2 จุด นำค่าที่วัดได้คำนวณจากสูตรเพื่อหาค่าร้อยละการหดตัวก่อนเผา ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

**สูตรการหาร้อยละการหดตัวก่อนเผา**

$$\text{ร้อยละการหดตัวก่อนเผา} = \frac{\text{ความยาวเปียก} - \text{ความยาวแห้ง}}{\text{ความยาวเปียก}} \times 100 \quad (1)$$

การวัดผลการหดตัวหลังเผา ผู้เขียนได้นำตัวอย่างการทดลองเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส อัตราการให้อุณหภูมิ คือ 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาทีจากนั้นนำตัวอย่างการวิจัย จำนวน 5 แท่ง วัดค่าความยาวตามจุด 2 จุด นำค่าที่วัดได้คำนวณจากสูตรเพื่อหาค่าร้อยละการหดตัวก่อนเผา ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

**สูตรการหาร้อยละการหดตัวหลังเผา**

$$\text{ร้อยละการหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวเปียก} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวเปียก}} \times 100 \quad (2)$$

**- การดูดซึมน้ำ** การวัดผลการดูดซึมน้ำของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนวัดผลการดูดซึมน้ำของตัวอย่างการทดลองหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียสผู้เขียนได้นำตัวอย่างการทดลอง 5 แท่ง อบด้วยเตาอบวัสดุเซรามิกที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งหาน้ำหนักจดบันทึกเป็นค่าน้ำหนักก่อนต้มไว้จากนั้นต้มตัวอย่างการวิจัยทั้ง 5 แท่ง เป็นเวลา 5 ชั่วโมงและทิ้งไว้ในน้ำนาน 24 ชั่วโมง จึงนำตัวอย่างการวิจัยทั้ง 5 แท่ง ชั่งน้ำหนัก จดบันทึกเป็นค่าน้ำหนักหลังต้ม ใช้สูตรการคำนวณดังนี้

**สูตรค่าการดูดซึมน้ำ**

$$\text{ค่าการดูดซึมน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักหลังต้ม} - \text{น้ำหนักก่อนต้ม}}{\text{น้ำหนักก่อนต้ม}} \times 100 \quad (3)$$

**- ความแข็งแกร่ง** การวัดผลความแข็งแกร่งของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนวัดผลความแข็งแกร่งของตัวอย่างการทดลองก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียสขั้นตอนเริ่มจากการวัดค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของแต่ละแท่ง ระยะระหว่างลิ่มรองรับแท่งกด สำหรับเครื่องที่ใช้วัดผลค่าความแข็งแกร่งเป็นลักษณะการกดแบบแรงกด 3 จุด จากนั้นวางตัวอย่างการทดลองบนลิ่มรองรับ เปิดเครื่องให้เครื่องทำงานจนกว่าตัวอย่างการทดลองจะหัก นำค่าสุดท้ายที่เครื่องวัดได้ก่อนตัวอย่างการทดลองจะหัก คำนวณหาค่าความแข็งแกร่ง ดังนี้

**สูตรคำนวณหาค่าความแกร่งของแท่งทดสอบทรงกลม**

$$MOR = \frac{8LD}{\pi d^3} \quad (4)$$

เมื่อ

L = ค่าน้ำหนักแรงกด

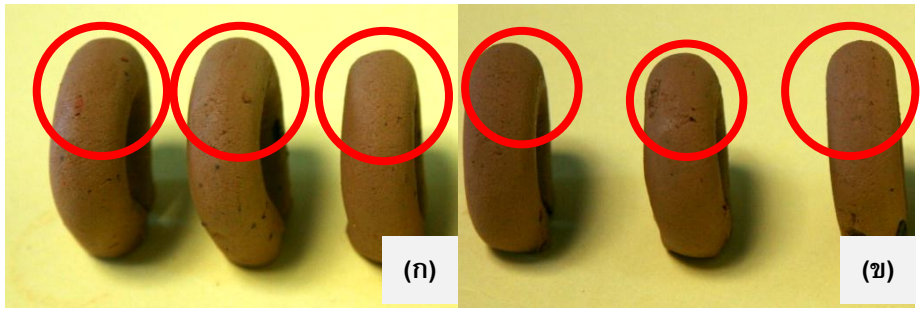
D = ระยะห่างของลิ่มที่รองรับแท่งทดสอบ

d = เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่งทดสอบ

## ผลที่เกิดขึ้นหลังการนำกากดินขาวลำปางมาเป็นส่วนผสมในเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

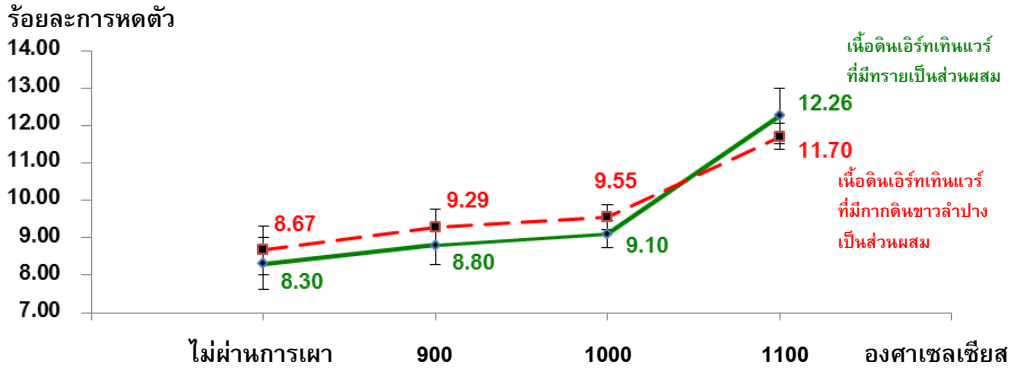
จากการวัดผลค่าความเหนียวและสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนขอนำเสนอผลที่ได้ออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

**ส่วนที่ 1 ความเหนียว** หลังจากการทดสอบค่าความเหนียวของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนพบว่าเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีทรายเป็นส่วนผสมกับเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีความเหนียวเหมือนกัน เพราะผลที่ได้จากการทดสอบหาค่าความเหนียวหลังการจับปลายทั้งสองข้างงอเข้าหากันและสังเกตดูรอยแตกบริเวณส่วนโค้งในระยะเวลา 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 นาที ไม่ปรากฏรอยแตกบริเวณส่วนโค้งของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง แสดงผลดังภาพที่ 6




**ภาพที่ 6** ภาพ (ก) ลักษณะเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีทรายเป็นส่วนผสม ภาพ (ข) ลักษณะเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสม

**ส่วนที่ 2 การหดตัว** ผลค่าการหดตัวของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนพบว่า สูตรการทดลองที่ 1 ที่มีทรายเป็นส่วนผสม มีค่าการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 8.30 หลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส มีค่าการหดตัวร้อยละ 8.80, 9.10 และ 12.26 ตามลำดับ สูตรการทดลองที่ 2 ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีค่าการหดตัวก่อนเผาร้อยละ 8.67 หลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส มีค่าการหดตัวร้อยละ 9.29, 9.55 และ 11.70 ตามลำดับ

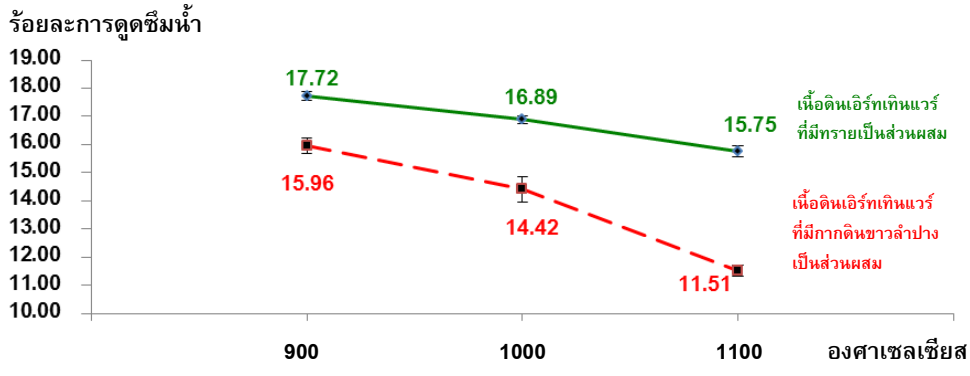



**ภาพที่ 7** ผลการทดสอบค่าการหดตัว

กระบวนการการหดตัวของเนื้อดินเกิดขึ้นเมื่อน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคเม็ดดินระเหยออกจนหมด อนุภาคเม็ดดินจะเคลื่อนที่เข้าหากัน [7] ซึ่งจากภาพจะพบว่าการหดตัวก่อนการเผาของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลองมีค่าการหดตัวใกล้เคียงกัน เนื่องจากกากดินขาวลำปางจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้กับเนื้อดินคล้ายกับทราย [8] แต่เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีค่าการหดตัวมากกว่า เพราะกากดินขาวลำปางมีขนาดอนุภาคเล็กกว่าทราย ภายใต้สภาวะของความชื้น มวล และขนาดแท่งทดสอบที่เท่ากัน เมื่อเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมจึงเคลื่อนที่ได้มากกว่า ส่วนการหดตัวหลังการเผาของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลองมีค่าการหดตัวใกล้เคียงกันเช่นกัน แต่ผู้เขียนพบข้อสังเกตว่า ณ อุณหภูมิการเผา 1,100 องศาเซลเซียส เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์

ที่มีทรายเป็นส่วนผสมกลับมีค่าการหดตัวมากกว่าเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ดังนั้นผู้เขียนจึงได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของทรายและกากดินขาวลำปางเพิ่มเติม จึงพบสาเหตุว่าองค์ประกอบทางเคมีของกากดินขาวลำปางมีปริมาณของอลูมินาร้อยละ 14.59 ซึ่งมากกว่าปริมาณอลูมินาในทราย ซึ่งมีปริมาณเพียงร้อยละ 5.76 โดยอลูมินาในงานเซรามิกจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ ต้านทานการหลอมตัว และมีอุณหภูมิการหลอมตัวสูง ดังนั้นจึงทำให้เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีอุณหภูมิการหลอมตัวสูงขึ้น การหลอมตัวลดลง การหดตัวจึงลดลงตาม และน้อยกว่าเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีทรายเป็นส่วนผสม

**ส่วนที่ 3 การดูดซึมน้ำ** ผลค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนพบว่า สูตรการทดลองที่ 1 ที่มีทรายเป็นส่วนผสมมีค่าการดูดซึมน้ำหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 17.72, 16.89 และ 15.75 ตามลำดับ สูตรการทดลองที่ 2 ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีค่าการดูดซึมหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 15.96, 14.42 และ 11.51 ตามลำดับ

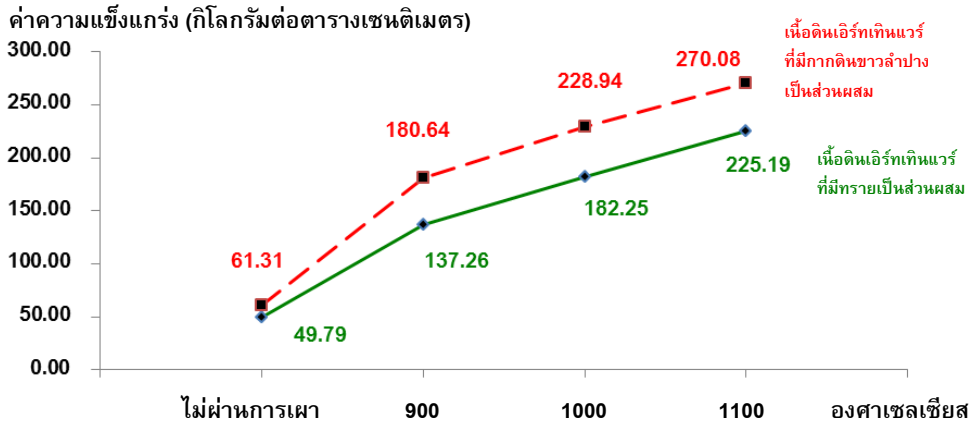



**ภาพที่ 8** ผลการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำ

จากภาพจะพบว่า การดูดซึมน้ำของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง มีค่าแตกต่างกัน คือ เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีค่าการดูดซึมน้ำน้อยกว่าเนื่องจากกากดินขาวลำปางจะมีอนุภาคขนาดเล็กกว่าทราย ซึ่งอนุภาคใดๆ ก็ตามที่มีขนาดอนุภาคหรือมวลน้อยกว่าจะเกิดการหลอมตัวได้ดีและเร็วกว่า เปรียบเสมือนกับการเผาไหม้ของกิ่งไม้เมื่อเผากิ่งไม้ขนาดเล็กและขนาดใหญ่พร้อมกัน กิ่งไม้ขนาดเล็กจะไหม้หมดก่อนกิ่งไม้ขนาดใหญ่เสมอ และจากการศึกษาโครงสร้างทางผลึกเพิ่มเติมผู้เขียนพบว่ากากดินขาวลำปางมีองค์ประกอบของแร่มัสโคไวต์อยู่ด้วยซึ่งแร่มัสโคไวต์เป็นแร่ที่จัดอยู่ในกลุ่มอัลคาไลต์ [9] มีสมบัติช่วยในการหลอมละลาย สามารถลดจุดหลอมและหลอมละลายแร่ควอตซ์ได้ดี ดังนั้นจึงทำให้เนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมเกิดการหลอมตัวดีขึ้น และเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีเป็นเนื้อแก้วแทรกตัวปิดช่องว่างของรูพรุนได้มากกว่าเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีทรายเป็นส่วนผสม

**ส่วนที่ 4 ความแข็งแกร่ง** ผลค่าความแข็งแกร่งของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ทั้ง 2 สูตรการทดลอง ผู้เขียนพบว่า สูตรการทดลองที่ 1 ที่มีทรายเป็นส่วนผสมมีค่าความแข็งแกร่งก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 49.79,

137.26, 182.25 และ 225.19 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ สูตรการทดลองที่ 2 ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสมมีค่าความแข็งแกร่งก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 61.31, 180.64, 228.94 และ 270.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ




**ภาพที่ 9** ผลการทดสอบค่าความแข็งแกร่ง

## สรุป

จากการทดลองของผู้เขียนที่ต้องการหาแนวทางในการนำกากดินขาวลำปางมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยเลือกใช้แนวทางการนำเอากากดินขาวลำปางมาใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์จากนั้นดำเนินการทดลองเพื่อเปรียบเทียบสมบัติเชิงกลระหว่างเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีทรายเป็นส่วนผสมจากหมู่บ้านม่อนเขาแก้วกับเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ที่มีกากดินขาวลำปางเป็นส่วนผสม การทดลองเริ่มจากการเตรียมเนื้อดิน การขึ้นรูปตัวอย่างการทดลองและการวัดผลการทดลองทำให้ผู้เขียนพบว่า กากดินขาวลำปางสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในงานเซรามิกได้จริง โดยสามารถใช้เป็นส่วนผสมแทนทรายในผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เพราะกากดินขาวที่เติมลงไปนั้น สามารถปรับปรุงสมบัติเชิงกลของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ให้ดีขึ้น ดังนี้

**ความเหนียว** สมบัติด้านความเหนียวของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื้อดินมีความคงตัวและไม่สูญเสียสมบัติด้านความเหนียวไป

**การหดตัว** สมบัติด้านการหดตัวของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์มีค่าใกล้เคียงกับเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เนื้อดินมีการหดตัวก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิ 900, 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 8.67, 9.29, 9.55 และ 11.70 ตามลำดับ

**การดูดซึมน้ำ** สมบัติด้านการดูดซึมน้ำของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์มีสมบัติที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เนื้อดินมีการดูดซึมน้ำหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 15.96, 14.42, และ 11.51 ตามลำดับ มีสมบัติด้านการดูดซึมน้ำลดลงร้อยละ 1.76, 2.46 และ 4.24 ตามลำดับ

**ค่าความแข็งแกร่ง** สมบัติด้านความแข็งแกร่งของเนื้อดินเอิร์ทเทินแวร์มีสมบัติที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับเนื้อดินจากแหล่งผลิตผลิตภัณฑ์

เนื้อดินชนิดเอิร์ทเทินแวร์ เนื้อดินมีความแข็งแกร่งก่อนและหลังการเผาที่อุณหภูมิ 900 1000 และ 1,100 องศาเซลเซียส ร้อยละ 61.31, 180.64, 228.94 และ 270.08 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีสมบัติที่ดีขึ้น มีสมบัติด้านค่าความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 23.14, 31.60, 25.62 และ 19.93 ตามลำดับ

**เอกสารอ้างอิง**


[1] รองรัตน์ ระมิงค์วงศ์. (2550). *ผลของกากดินขาวลำปางต่อสมบัติเชิงกลของเนื้อดินสโตนแวร์.* วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เคมีอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[2] Norsker, F. & J. (1990). *Dictionary of Materials & Techniques.* Pitman.

[3] ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2541). *เนื้อดินเซรามิก.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[4] ไพจิตร อิ่งศิริวัฒน์. (2552). *ตำหนิเซรามิกและแนวทางแก้ไข.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[5] ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. (2539). *เซรามิกส์.* พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

[6] John Toki. (2004*). Hands in clay*. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

[7] Reed J.S. (1994). *Principles of Ceramics Processing*. 2nd ed. New York: A Wiley-Interscience.

[8] อายุวัฒน์ สว่างผล. (2543). *วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์.* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[9] ดรุณี วัฒนศิริเวช; และ สุธี วัฒนศิริเวช. (2552). *การวิเคราะห์แร่ดินเคลือบ และตำหนิในผลิตภัณฑ์เซรามิก.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.