

การพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา
สำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา

DEVELOPMENT OF MIXED BODIES
FROM WATER TREATMENT SLUDGE FOR POTTERY

สุทธิดา การะเวก^{*} ศศิธร คนทน อนันตกุล อินทรผดุง และ ธัชทฤต เทียมธรรม

สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยี คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10220

Sutthida Karawek, Sasithorn Khonthon, Anantaku Intarapadung and Thattharit Thiamtham

Technology management Faculty of Industrial Technology,

Phranakhon Rajabhat University, Bangkok, 10220

^{*}E-mail: ksutthida@gmail.com

Received: 2018-10-17

Revised: 2018-10-23

Accepted: 2019-01-09

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินตะกอนน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบางเขน 2) เพื่อพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบางเขนและทดสอบประสิทธิภาพ 3) เพื่อศึกษาผลกระทบของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาโดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตะกอนน้ำประปา ด้วยเทคนิค XRD และ XRF พัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา โดยการผสมตัวอย่างแบบเจาะจง จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 90 อัตราส่วนผสม ทดสอบสมบัติด้านความเหนียว สมบัติทางกายภาพก่อนและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1200 และ 1230 องศาเซลเซียส และสำรวจปริมาณการใช้ดินผสมสำเร็จรูปและงบประมาณของสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จำนวน 5 หน่วยงาน ประเมินผลการทดแทนวัสดุเดิมทางธรรมชาติ เปรียบเทียบปริมาณของดินตะกอนน้ำประปาที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตได้ และประเมินการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดดินตะกอนน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบางเขน

ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนน้ำประปาด้วยเทคนิค XRD และ XRF พบว่า ดินตะกอนน้ำประปามีองค์ประกอบหลักเป็นควอตซ์ เคโอลินไนท์และไบโอไทท์ โดยสารประกอบออกไซด์หลักคือ SiO_2 ร้อยละ 56.30 และ Al_2O_3 ร้อยละ 28.60 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 7.78 มีความเหนียวน้อย

การหัดตัวเมื่อแห้งร้อยละ 7.00 ความแข็งแรงก่อนเผา 0.27 MPa และสมบัติทางกายภาพหลังเผา ที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า ดินตะกอนน้ำประปามีค่าการหัดตัวร้อยละ 10 - 24 ค่าความแข็งแรง คือ 0.09 - 6.04 MPa และค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 7.53 - 28.70 จากการ พัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูป พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ส่วนผสมที่ประกอบด้วยดินตะกอนน้ำประปาร้อยละ 40 ดินดำร้อยละ 40 และดินตะกอน น้ำประปาแคลไซต์ร้อยละ 20 ขนาด 100 และ 200 เมช จากการศึกษาและสำรวจปริมาณการใช้ ดินผสมสำเร็จรูปและงบประมาณที่ใช้ในการซื้อดินผสมสำเร็จรูปแต่ละปี พบว่า สถานศึกษาและ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผาใช้ดิน 3 ประเภท คือ ดินคอมพาวด์ ดินแดง และ ดินผสมเอง เมื่อคำนวณหาปริมาณต้นทุนของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ได้จากการวิจัย พบว่า ต้นทุน ในการผลิต 4,000 บาทต่อตัน เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดิน ตะกอนน้ำประปาที่ได้จากการวิจัย พบว่า ทุกสถานศึกษาและหน่วยงานใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูป จากดินตะกอนน้ำประปาสามารถประหยัดหรือลดค่าใช้จ่ายในการซื้อดินสำหรับการผลิต เครื่องปั้นดินเผา ได้ร้อยละ 46.94 และสามารถลดปริมาณของดินตะกอนน้ำประปาได้ 0.6 ตัน ต่อเนื้อดินผสมสำเร็จรูป 1 ตัน หากได้มีการผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา จะทำให้การประสานครุหลวงไม่เสี่ยงงบประมาณในการจ้างขนดินไปทิ้ง และมีรายได้จากการขาย เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา

คำสำคัญ: ดินตะกอนน้ำประปา เนื้อดินผสมสำเร็จรูป เครื่องปั้นดินเผา

ABSTRACT

This research aims to 1) analyze characteristics of water treatment's sludge from Bangkhen Water Treatment Plant 2) to develop readymade clay from water treatment's sludge and verify its efficiency and 3) to study impacts of mixed bodies from water treatment's sludge by analyzing its chemical properties with XRD and XRF techniques. The mixed bodies from water treatment's sludge were developed by purposive sampling method with ninety-point triaxial blend. The selected samples were testified toughness and physical properties before and after firing at 1200 and 1230 °C. After that, a survey of mixed body clay usage and budget was carried out in five educational institutions to evaluate the replacement of original materials and compare the amount of water treatment's sludge used in the production as well as estimating cost reduction from the removal of water treatment's sludge in Bangkhen Water Treatment Plant.

From the result of analyzing properties of the water treatment's sludge with XRD and XRF techniques, it was found that main components of the sludge are quartz, kaolinite and biotite. Its major oxide percentage are SiO_2 (56.30%) Al_2O_3 (28.60%) and Fe_2O_3 (7.78%). The sludge has low plasticity and the shrinkage percentage after drying was 7.00 with the strength before firing at 0.27 MPa. From the study of physical properties after firing at 950 - 1,200 °C, it was found that the shrinkage percentage of water treatment's sludge was 10 – 24 whereas its strength was between 0.09 – 6.04 MPa and the percentage of water absorption was between 7.53 – 28.70 respectively. For the development of mixed bodies, it was found that the most suitable constituents contain 40% of water treatment's sludge, 20% of ball clays and 20% of calcite with the size of 20 and 200 mesh. From the survey of mixed body clay usage and budget in five educational institutions related to pottery, it was shown that three types of clay have been used, which are compound, red and own mixed clays. When calculating the cost of making mixed bodies from the research, it was found that the production cost was approximately 4,000 baht/ton. The comparison of cost reduction from the usage of water treatment's sludge was also investigated, it was shown that every institution could save the cost of buying clay for making pottery at 46.94 %. The amount of water sludge was also reduced by 0.6 ton per ton of readymade clay. Therefore, there is a production of mixed bodies from water treatment's sludge, the Metropolitan Water Authority will save more budget on the sludge removal and disposal and gain some revenue from the sale of mixed bodies from water treatment's sludge.

Keyword: Water Treatment Sludge, Mixed Bodies, Pottery.

บทนำ

เนื้อดินผสมสำเร็จรูป เป็นเนื้อดินที่ผ่านกระบวนการบดและผสมที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เช่น เนื้อดินผสมเอิร์ทเทินแวร์ สโตนแวร์ พอร์ซเลน เป็นต้น ซึ่งสถานศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับเครื่องปั้นหรืออุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขนาดเล็ก นิยมใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูป เนื่องจากสะดวกไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมเนื้อดิน และราคาปานกลาง ซึ่งการเตรียมเนื้อดินต้องอาศัยเครื่องมือ เครื่องจักร ซึ่งมีราคาสูง การซื้อเนื้อดินผสมสำเร็จรูป จึงเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง วัตถุดิบหลักที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูป คือ ดินประเภทต่าง ๆ ดินที่เกิดจากธรรมชาติ แหล่งดินที่นิยมนำมาใช้ในการผลิต

เนื้อดินผสมสำเร็จ ได้แก่ ดินขาวลำปาง ดินขาวระนอง ดินดำสุราษฎร์ เป็นต้น ซึ่งแหล่งดินตามธรรมชาติมีปริมาณน้อยลงตามการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาที่มีมากกว่าหลายร้อยปี การหาวัตถุดิบสำรองจึงมีความสำคัญและจำเป็น ตามแผนยุทธศาสตร์กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2559 - 2564 ในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ เพื่อเป็นแหล่งวัตถุดิบหมุนเวียนให้แก่ภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนมีนโยบายที่จะนำของเหลือทิ้งที่เกิดจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมของรัฐและเอกชนที่ถูกปล่อยเข้าสู่สิ่งแวดล้อม มาทำให้เกิดการหมุนเวียนและนำกลับมาใช้ประโยชน์

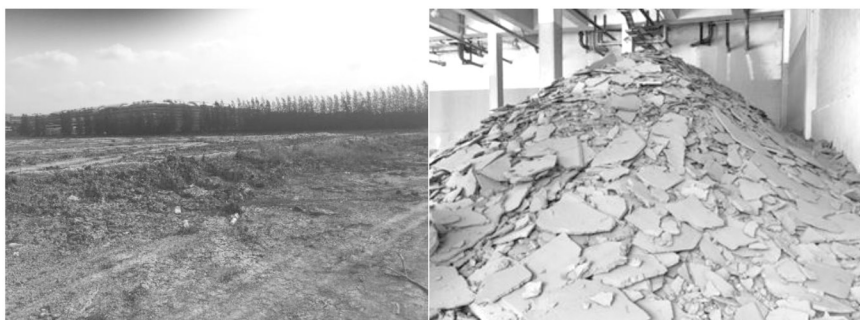
ดินตะกอนน้ำประปาเป็นของเหลือทิ้งประเภทหนึ่งที่เกิดจากกระบวนการผลิตน้ำประปา การผลิตน้ำประปาจะมีขั้นตอนการตกตะกอน ทำให้เกิดดินตะกอนตามปริมาณการผลิตน้ำในแต่ละโรงผลิต โดยน้ำดิบที่มีค่าความขุ่น 30 - 40 NTD จะมีปริมาณตะกอนประมาณ 25 - 35 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังนั้น ผลิตน้ำประปา 1 ลูกบาศก์เมตร จะมีปริมาณดินตะกอนน้ำประปา 25 - 35 กรัม โดยน้ำประปา 1 ลูกบาศก์เมตร มีน้ำ 1,000 ลิตร มีน้ำหนัก 1,000 กิโลกรัม หรือ 1 ตัน (Metropolitan Waterworks Authority, 2018) ข้อมูลการผลิตน้ำประปากับดินตะกอนที่เกิดขึ้นแสดงได้ตามโรงผลิตน้ำ ในตารางที่ 1 ซึ่งกระบวนการกำจัดดินตะกอนน้ำประปามี 2 วิธีหลัก ๆ คือ วิธีตามธรรมชาติ โดยการนำดินตะกอนน้ำประปาตากแห้งในลานกว้าง ๆ ใช้เวลาในการตากแห้งประมาณ 3 - 5 เดือน พื้นที่ในการตากแห้งประมาณ 750 ไร่ (เฉพาะโรงผลิตน้ำประปาบางเขน) ดังรูปที่ 1(ก) และวิธีระบบรีดตะกอน เป็นตะกอนแผ่น (Sludge cake) โดยอาศัยเครื่องอัดรีดดิน (Filter press) ดังรูปที่ 1(ข) เมื่อได้ดินตะกอนน้ำประปาทั้ง 2 วิธีทางการประปาฯ ต้องหาวิธีการกำจัดโดยประมาณหาคนมารับจ้างขนดินไปทิ้งหลัก ๆ คือนำไปถมที่ โดยเสียค่าจ้างเป็นรายปี ๆ ละไม่น้อยกว่า 21 ล้านบาท (Pattanakudee, 2017)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิตน้ำและการเกิดตะกอนน้ำประปา

โรงผลิตน้ำ	บางเขน	สามเสน	ธนบุรี	มหาสวัสดิ์	รวม
ปริมาณน้ำผลิตต่อวัน (ลบ.ม.)	4,400,000	550,000	170,000	1,600,000	6,720,000
ปริมาณตะกอนต่อวัน (ตัน)	110 - 154	14 - 20	4 - 6	40 - 56	168 - 235

ที่มา: Metropolitan Waterworks Authority (2018)

งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ดินตะกอนน้ำประปา สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมในงานเครื่องปั้นดินเผา (Preuksawan, 2003) อิฐมอญ (Numnuan, 1997) กระเบื้องดินเผา (Patanapanitipong ; Chonchartpinyoh & Jantrasa, 2010) และน้ำเคลือบ (Anurak Akarat Ganokganya & Suwanittaya, 2015) เป็นต้น โดยสามารถใช้ดินตะกอนน้ำประปาในปริมาณร้อยละ 40 - 90 ในเครื่องปั้นดินเผา ร้อยละ 40 ในอิฐมอญ ร้อยละ 50-60 ในกระเบื้องดินเผา และมากกว่าร้อยละ 50 ในน้ำเคลือบ ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินตะกอนน้ำประปา และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปดินตะกอนน้ำประปามีเนื้อละเอียด มีความเหนียวน้อย ต้องหมักดินตะกอนน้ำประปาให้นาน ๆ จึงจะทำให้ดินมีความเหนียว สามารถนำไปปั้นขึ้นรูปได้ง่าย (Surichat; Vichitamorphon & Reuangsemret, 2004)



(ก)

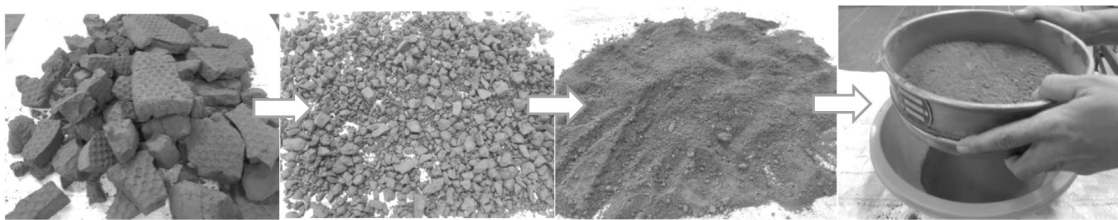
(ข)

รูปที่ 1 (ก) พื้นที่ในการตากแห้งดินตะกอนน้ำประปา โรงผลิตน้ำประปาบางเขน
(ข) ตะกอนแผ่น (Sludge cake) โดยอาศัยเครื่องอัดรีดดิน (Filter press)

ดินตะกอนน้ำประปาสามารถทดแทนดินเหนียว และนำมาเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำดินตะกอนน้ำประปามา พัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของดินตะกอนน้ำประปาให้เป็นดินผสมสำเร็จรูปที่สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้ สามารถนำมาใช้ในภาคปฏิบัติของสถานศึกษาที่เรียนวิชาเครื่องปั้นดินเผา หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา หากการวิจัยครั้งนี้สำเร็จ สามารถทดแทนการใช้ดินเหนียวจากธรรมชาติ ลดปริมาณการขุดเหมืองดิน ลดต้นทุนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน เป็นการนำของเหลือใช้กลับมาสร้างมูลค่าเพิ่มให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยั่งยืน และยังเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิต แก้ปัญหาต้นทุนวัตถุดิบที่สูง อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบรองสำหรับอุตสาหกรรมต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการด้านทรัพยากรที่มีอยู่ และการรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยครั้งนี้จะเป็นต้นแบบในการสร้างองค์ความรู้ด้านการวิจัย เพื่อการพัฒนาทรัพยากรที่มีอยู่อย่างยั่งยืน

วิธีการ

1. การวิเคราะห์สมบัติของดินตะกอนน้ำประปาจากโรงผลิตน้ำ ดินตะกอนน้ำประปาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นดินตะกอนชนิดแผ่นที่ได้จากเครื่องอัดรีดดินของโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน โดยนำดินตะกอนน้ำประปามาบดย่อย ตากแห้ง ในอุณหภูมิปกติ เป็นเวลา 7 วัน นำไปบด และผ่านตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช ดังรูปที่ 2 แล้วนำมาวิเคราะห์ดังนี้



ดินตะกอนแผ่น

บดย่อย

ตากแห้ง

กรอง

รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมดินตะกอนน้ำประปา

1.1 วิเคราะห์หาโครงสร้างผลึก โดยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffractometer: XRD)

1.2 วิเคราะห์หาองค์ประกอบออกไซด์ โดยวิธีเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence: XRF)

1.3 ทดสอบสมบัติทางกายภาพของดินตะกอนน้ำประปาก่อนเผา คือ ความเหนียว การหดตัวเมื่อแห้ง และความแข็งแรงเมื่อแห้ง ทดสอบสมบัติหลังเผา คือ การหดตัวหลังเผา ความแข็งแรงหลังเผา การดูดซึมน้ำ และสีของดิน

2. การพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา สำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา จากการศึกษาดินตะกอนน้ำประปาเบื้องต้น พบว่า ดินตะกอนน้ำประปาเนื้อละเอียด มีความเหนียวน้อย และเมื่อแห้งดินตะกอนน้ำประปา เปราะ กล่าวคือ มีความแข็งแรงเมื่อแห้งต่ำ (Low Green Strength) ผู้วิจัยจึงเลือกวัตถุดิบ 2 ชนิด ผสมกับดินตะกอนน้ำประปา คือ 1) ดินดำ เพื่อช่วยเรื่องความเหนียว และความแข็งแรงเมื่อแห้ง และ 2) ดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ เพื่อช่วยในเรื่องการปรับโครงสร้างของเนื้อดินด้านความแข็งแรงและเป็นการนำดินตะกอนน้ำประปามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้นการพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการพัฒนา ดังนี้

2.1 เตรียมวัตถุดิบโดยการนำดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาผ่านตะแกรงร่อนขนาด 200 เมช และเตรียมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ โดยการนำดินตะกอนน้ำประปา

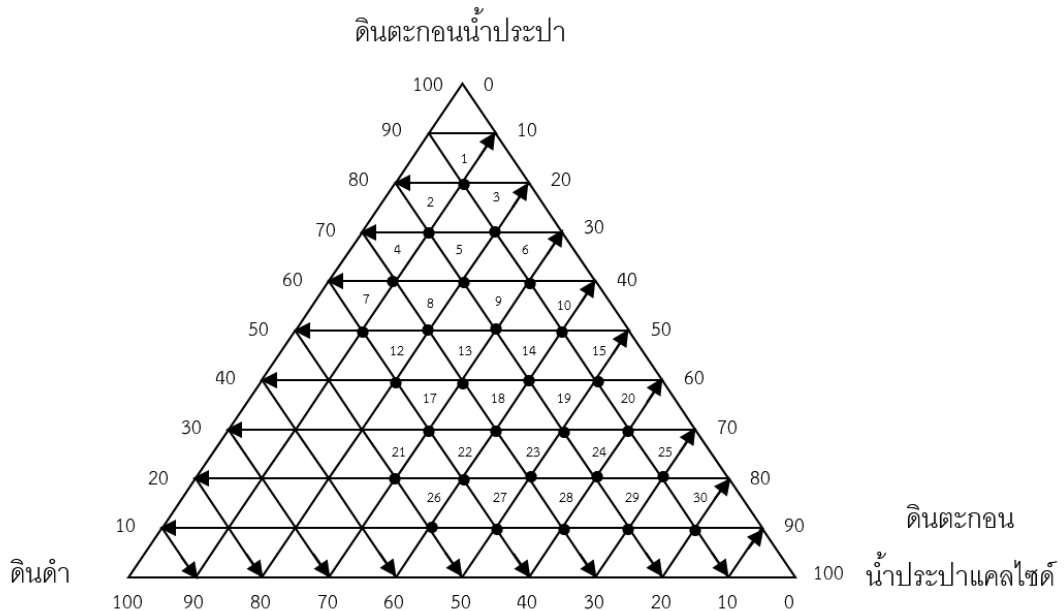
ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส แล้วนำดินตะกอนน้ำประปาที่ผ่านการแคลไซน์ผ่านตะแกรงกรอง 3 ขนาด คือ ตะแกรงกรองขนาด 50, 100 และ 200 เมช

2.2 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปได้จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend) ประกอบด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ โดยกำหนดส่วนผสมของดินดำ ร้อยละ 10-50 ดังแสดงในรูปที่ 3 แบ่งอัตราส่วนผสมดังนี้

A1-A30 คือ อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วย ดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ผ่านตะแกรงกรองขนาด 50 เมช

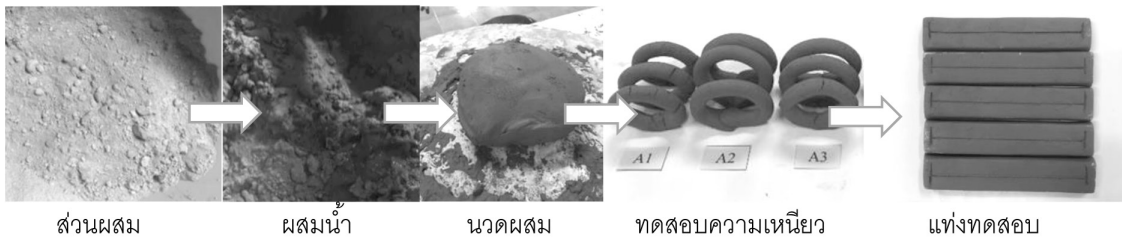
B1-B30 คือ อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วย ดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ผ่านตะแกรงกรองขนาด 100 เมช

C1-C30 คือ อัตราส่วนผสมที่ประกอบด้วย ดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ผ่านตะแกรงกรองขนาด 200 เมช



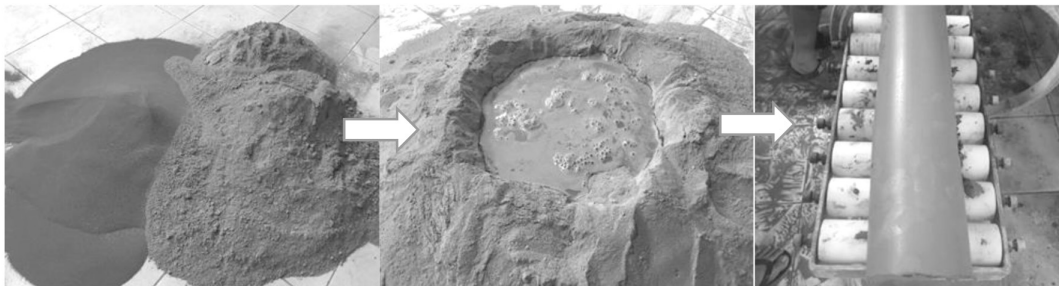
รูปที่ 3 การผสมเนื้อดินผสมสำเร็จรูป จากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า

2.3 ชั่งส่วนผสมละ 1,500 กรัม ผสมกับน้ำร้อยละ 30 - 40 นวดผสมและทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ทดสอบความเหนียว ขึ้นรูปเป็นแท่งทดสอบด้วยวิธีอัด ผึ่งลมภายใน 24 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4 และนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ทดสอบสมบัติการหดตัวและความแข็งแรงเมื่อแห้ง หลังจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส ทดสอบสมบัติการหดตัว ความแข็งแรง การดูดซึมน้ำ และสีของดิน



รูปที่ 4 ขั้นตอนการเตรียมส่วนผสมและแท่งทดสอบ

2.4 สรุปผลการทดสอบ และคัดเลือกเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีสมบัติ คือ 1) ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เครื่องปั้นดินเผา สโตนแวร์ (มผช.930/2548) และ 2) สมบัติด้านความเหนียว เนื้อดินควรมีความเหนียวและสามารถขึ้นรูปได้ (Ingsiriwat, (1998) เตรียมอัตราส่วนผสมที่ผ่านการคัดเลือก นำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ด้วยแป้นหมุนและปั้นอิสระ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินผสมสำเร็จรูป

2.4.1 การศึกษาผลกระทบของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา

(1) ศึกษาและสำรวจปริมาณการใช้ดินผสมสำเร็จรูปและงบประมาณที่ใช้ในการซื้อดินผสมสำเร็จรูปแต่ละปี โดยการสัมภาษณ์ตามสถานศึกษาและหน่วยงานที่มีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาและหน่วยงานภาครัฐ และคำนวณหาราคาของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปต่อตันและงบประมาณที่ใช้ในการซื้อต่อปี

(2) ประเมินผลการทดแทนวัสดุเดิมทางธรรมชาติ โดยการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้จากธรรมชาติ และเปรียบเทียบปริมาณของดินตะกอนน้ำประปาที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตได้ และคิดเป็นร้อยละของการประหยัดงบประมาณในการซื้อเนื้อดินผสมสำเร็จรูป

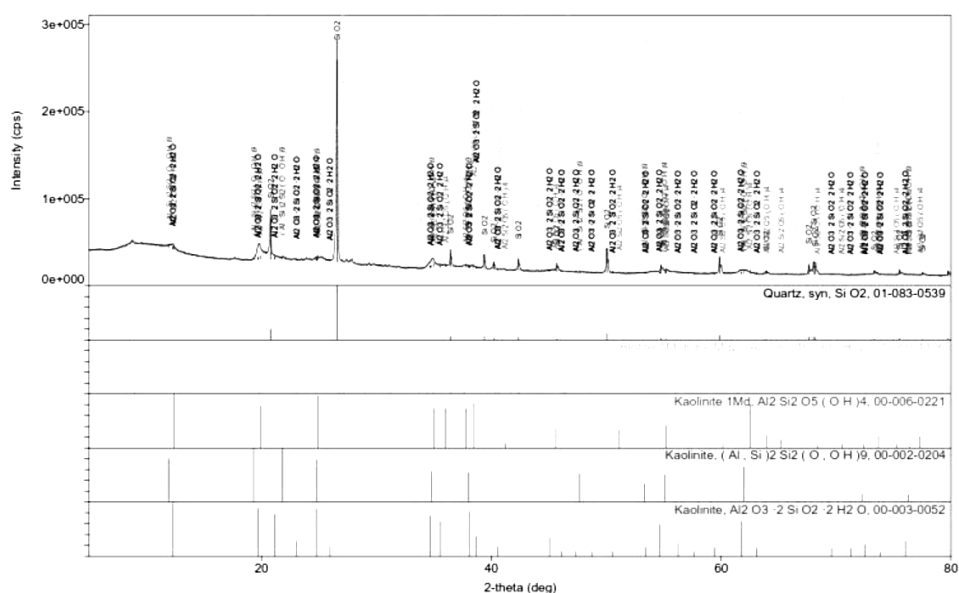
(3) ประเมินการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดดินตะกอนน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบางเขน โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของการกำจัดดินตะกอนน้ำประปา โรงผลิตน้ำ

บางเขน เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการนำดินตะกอนน้ำประปามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินตะกอนน้ำประปา จากโรงผลิตน้ำบางเขน

1.1 การวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกของดินตะกอนน้ำประปา จากการวิเคราะห์หาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffractometer: XRD) ของดินตะกอนน้ำประปา พบว่า ดินตะกอนน้ำประปา จากโรงผลิตน้ำบางเขน ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เคโอลินไนท์ และไบโอไทท์ เป็นองค์ประกอบหลัก ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างทางผลึกของดินตะกอนน้ำประปาด้วยเทคนิค XRD

1.2 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบของดินตะกอนน้ำประปา จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบออกไซด์ โดยเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence: XRF) พบว่า ดินตะกอนน้ำประปามีองค์ประกอบหลักที่พบมากอยู่ 3 ชนิด คือ SiO_2 ร้อยละ 56.30, Al_2O_3 ร้อยละ 28.60, Fe_2O_3 ร้อยละ 7.78 และองค์ประกอบอื่นๆ เจือปนเล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 2

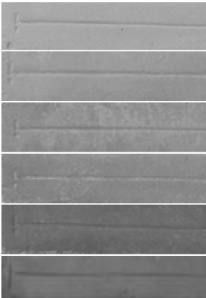
ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์องค์ประกอบออกไซด์ของดินตะกอนน้ำประปา

องค์ประกอบออกไซด์	ร้อยละ
SiO_2	56.30
Al_2O_3	28.60
Fe_2O_3	7.78
K_2O	2.15
CaO	1.18
MgO	1.24
P_2O_5	0.91
TiO_2	0.89
SO_3	0.22
MnO	0.19
Na_2O	0.36
LOI	17.48

1.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผาของดินตะกอนน้ำประปา พบว่าดินตะกอนน้ำประปา มีค่าการหดตัวก่อนเผาหรือเมื่อแห้งร้อยละ 7.00 และความแข็งแรงก่อนเผา 0.27 MPa

1.4 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพหลังเผาของดินตะกอนน้ำประปาที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบสมบัติหลังเผาของดินตะกอนน้ำประปา

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	การหดตัว (ร้อยละ)	ความแข็งแรง (MPa)	การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	สีของเนื้อดิน
950	10.00	0.90	28.70	
1000	12.00	1.32	27.05	
1050	15.00	2.57	21.76	
1100	20.00	4.31	15.00	
1150	22.00	4.56	11.08	
1200	24.00	6.04	7.53	

ผลการทดสอบสมบัติการหดตัวหลังเผาของดินตะกอนน้ำประปา ที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า ดินตะกอนน้ำประปา มีค่าการหดตัวอยู่ระหว่างร้อยละ 10.00 - 24.00 ค่าความแข็งแรงของดินตะกอนน้ำประปา ที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงอยู่ระหว่าง 0.90 - 6.04 MPa ค่าการดูดซึมน้ำของดินตะกอนน้ำประปา ที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 7.53 - 28.70 และสีของดินตะกอนน้ำประปา ที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส มีสีน้ำตาล น้ำตาลส้ม น้ำตาลเข้ม ตามลำดับ

2. ผลพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ของโรงผลิตน้ำบางเขน และทดสอบประสิทธิภาพ

2.1 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผาของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ 50 เมช (ส่วนผสมชุด A) ที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ไม่มีความเหนียว ไม่สามารถขึ้นรูปแท่งทดสอบได้ คือ อัตราส่วนผสมที่ A10, A19 - 20, A23 - 25 และ A27 - 30 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จที่มีความเหนียวน้อย คือ อัตราส่วนผสมที่ A1 - 3, A5 - 6, A13 - 14, A17 - 18, A22 และ A26 และอัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีความเหนียวมาก คือ อัตราส่วนผสมที่ A4, A11 - 12, A16 และ A21 (1) ค่าการหดตัวก่อนเผาและหดตัวที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการหดตัวเมื่อแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 2.00 - 4.00 ค่าการหดตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 14.00 - 19.00 ค่าการหดตัวที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 15.93 - 19.00 (2) ค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งอยู่ระหว่าง 0.02 - 0.26 MPa ค่าความแข็งแรงหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 4.03 - 8.71 MPa ค่าความแข็งแรงหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 9.09 - 13.74 MPa (3) ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูป มีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 7.34 - 11.83 และที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 2.99 - 5.02

2.2 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผาของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ 100 เมช (ส่วนผสมชุด B) ที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ไม่มีความเหนียว ไม่สามารถขึ้นรูปแท่งทดสอบได้ คือ อัตราส่วนผสมที่ B10, B19 - 20, B23 - 25 และ B27 - 30 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จที่มีความเหนียวน้อย คือ อัตราส่วนผสมที่ B1, B2, B3, B5 - 9, B13 - 14, B17 - 18 และ B22 และอัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีความเหนียวมาก คือ อัตราส่วนผสมที่ B4, B11 - 12, B16, B21 และ B26 (1) ค่าการหดตัวก่อนเผา

และหัดตัวที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการหัดตัวเมื่อแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 2.00 - 4.67 ค่าการหัดตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 16.00 - 20.00 และค่าการหัดตัวที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 16.60 - 20.23 (2) ค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งอยู่ระหว่าง 0.13 - 0.28 MPa ค่าความแข็งแรงหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าความแข็งแรงหลังเผาอยู่ระหว่าง 6.07 - 9.45 MPa และค่าความแข็งแรงหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 10.01 - 15.88 (3) ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 5.10 - 8.56 และที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 2.21 - 4.31

2.3 ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพก่อนเผาและหลังเผาของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ดินดำ และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ 200 เมช (ส่วนผสมชุด C) ที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ไม่มีความเหนียวไม่สามารถขึ้นรูปแท่งทดสอบได้คือ อัตราส่วนผสมที่ C10, C19-20, C23-25 และ C27 - 30 อัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จที่มีความเหนียวน้อย คือ อัตราส่วนผสมที่ C1 - 3, C5 - 6, C8 - 9 C13 - 14 และ C17 - 18 และอัตราส่วนผสมของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีความเหนียวมาก คือ อัตราส่วนผสมที่ C4, C7, C11 - 12, C16, C21 - 22 และ C26 (1) ค่าการหัดตัวก่อนเผาและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการหัดตัวเมื่อแห้งอยู่ระหว่างร้อยละ 2.00 - 4.00 ค่าการหัดตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 17.00 - 20.33 และค่าการหัดตัวที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่างร้อยละ 17.33 - 21..27 (2) ค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งและหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าความแข็งแรงเมื่อแห้งอยู่ระหว่าง 0.17 - 0.33 MPa ค่าความแข็งแรงหลังเผา ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 8.39 - 15.33 MPa ค่าความแข็งแรงหลังเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส อยู่ระหว่าง 11.32 - 18.11 MPa (3) ค่าการดูดซึมน้ำของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 4.79 - 6.61 และที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส เนื้อดินผสมสำเร็จรูปมีค่าการดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.47 - 3.41

2.4 ผลการทดสอบสีของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่อุณหภูมิ 1,200 และ 1,230 องศาเซลเซียส ส่วนผสมชุด A B และ C พบว่า สีของเนื้อดินผสมสำเร็จรูป มีสีเป็นไปทางเดียวกัน คือ สีของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีสีน้ำตาลเข้มที่สุด ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส คือ ส่วนผสมที่ 1, 3, 4 และ 5 โดยเมื่ออุณหภูมิการเผาเพิ่มขึ้นสีของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปเข้มขึ้นเล็กน้อย ทุกส่วนผสม A, B และ C ส่วนสีของเนื้อดินที่มีสีครีม คือ ส่วนผสมที่ 11

2.5 ผลการคัดเลือกเนื้อดินผสมสำเร็จรูป พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผ่านการคัดเลือกตามเกณฑ์ คือ B12 และ C12 โดยมีส่วนผสมดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อัตราส่วนผสมที่ผ่านการคัดเลือก

อัตรา ส่วนผสมที่	วัตถุดิบ		
	ดินตะกอนน้ำประปา	ดินดำ	ดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์
B12	40	40	20 (#100)
C12	40	40	20 (#200)

จากตารางที่ 3 ผู้วิจัยได้เตรียมเนื้อดินผสมสำเร็จรูปอัตราส่วนผสมที่ B12 และ C12 และได้้นำเนื้อดินผสมสำเร็จรูปทั้ง 2 อัตราส่วนผสม แล้วนำไปขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนพบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปอัตราส่วนผสมที่ C12 ขึ้นรูปได้ดีกว่าอัตราส่วนผสมที่ B12 จากผลการศึกษาลักษณะของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา (1) จากการศึกษาและสำรวจปริมาณการใช้ดินผสมสำเร็จรูปและงบประมาณที่ใช้ในการซื้อดินผสมสำเร็จแต่ละปี โดยการสัมภาษณ์ตามสถานศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผาและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวกับเครื่องปั้นดินเผา ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ชนิดของดินที่สถานศึกษาและหน่วยงานใช้การผลิตเครื่องปั้นดินเผา

ลำดับที่	สถาบัน/หน่วยงาน	ชนิดของดินที่ใช้		
		ดินคอมพาวด์	ดินแดง	ดินผสมเอง
1	สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	✓	ปากเกร็ด	✓
2	สาขาวิชาออกแบบเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา	✓	ปากเกร็ด	✓
3	สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	✓	เชียงใหม่	✓
4	หมวดวิชาเครื่องเคลือบดินเผา วิทยาลัยช่างศิลปสุพรรณบุรี	✓	ปากเกร็ด	✓
5	แผนกเครื่องเคลือบดินเผาศูนย์ศิลปาชีพ บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	✓	สามโคก, โคราซ	✓

(2) การประเมินผลการทดแทนวัสดุเดิมทางธรรมชาติ โดยการคำนวณหาปริมาณวัตถุดิบที่ใช้จากธรรมชาติ และเปรียบเทียบปริมาณของดินตะกอนน้ำประปาที่นำมาใช้ในการผลิตได้ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณการใช้ดินคอมพาวด์และงบประมาณที่ใช้

ลำดับที่	สถาบัน/หน่วยงาน	จำนวน/ปี (ตัน)	ราคา/ตัน (บาท)	งบประมาณ/ปี (บาท)
1	สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	2	7,540	15,080
2	สาขาวิชาออกแบบเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา	4	7,540	30,160
3	สาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง	4	7,540	30,160
4	หมวดวิชาเครื่องเคลือบดินเผา วิทยาลัยช่างศิลป์สุพรรณบุรี	2	7,540	15,080
5	แผนกเครื่องเคลือบดินเผาศูนย์ศิลปาชีพ บางไทร จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	15	7,540	113,100

การคำนวณหาปริมาณต้นทุนของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ได้จากการวิจัย พบว่า ต้นทุนในการผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ราคาตันละ 4,000 บาท ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ราคาต้นทุนเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ได้จากการวิจัย

ที่	วัตถุดิบ	ปริมาณ (ร้อยละ)	ราคา/กิโลกรัม (บาท)	ต้นทุน (บาท)
1	ดินตะกอนน้ำประปา	40	-	0
2	ดินดำ	40	7	280
3	ดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์	20	-	0
รวม		100	-	280
ราคาต้นทุน/กิโลกรัม				2.8
ราคาต้นทุน/ตัน				2,800
ค่าแรงการผลิต/ตัน				600
ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต/ตัน				600
ต้นทุนการผลิต = $\frac{(\text{ค่าวัตถุดิบ} + \text{ค่าแรง} + \text{ค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต})}{\text{ปริมาณที่ผลิตได้}}$				4,000

และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้ดินผสมสำเร็จรูปในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทุกสถานศึกษาและหน่วยงานใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาสามารถประหยัดหรือลดค่าใช้จ่ายในการซื้อดินสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ได้ร้อยละ 46.94

ตารางที่ 8 ปริมาณดินตะกอนน้ำประปากับปริมาณการใช้ดินตะกอนน้ำประปา

ปริมาณดินตะกอนน้ำประปา	ปริมาณการใช้ดินตะกอนน้ำประปา
ดินตะกอนน้ำประปา (โรงผลิตน้ำประปาบางเขน)	เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา
ปี 2560 ดินตะกอนเฉลี่ยต่อวัน 189 ตัน	ดินตะกอนน้ำประปา ร้อยละ 40
ค่าใช้จ่ายในการขนดิน/ปี 21 ล้านบาท	ดินตะกอนน้ำประปาแคลไซน์ ร้อยละ 20
	รวมดินตะกอนน้ำประปา ร้อยละ 60
	เนื้อดินผสมสำเร็จรูป 1 ตัน (1000 kg)
	ใช้ดินตะกอนน้ำประปา 0.6 ตัน
	ดินตะกอนน้ำประปา 1 วัน 189 ตัน
	ผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูป 315 ตัน

(3) การประเมินการลดค่าใช้จ่ายในการจำกัดดินตะกอนน้ำประปาของโรงผลิตน้ำบางเขน โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายของการกำจัดดินตะกอนน้ำประปา โรงผลิตน้ำบางเขนเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการนำดินตะกอนน้ำประปามาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาดังตารางที่ 8

สรุปและวิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์สมบัติของดินตะกอนน้ำประปา จากโรงผลิตน้ำบางเขน ดินตะกอนน้ำประปาโรงผลิตน้ำประปาบางเขนมีองค์ประกอบหลักเป็นควอตซ์ เคโอลินไนท์ และไบโอไทท์ โดยสารประกอบออกไซด์หลัก คือ SiO_2 ร้อยละ 56.30 รองลงมา คือ Al_2O_3 ร้อยละ 28.60 และ Fe_2O_3 ร้อยละ 7.78 การหดตัวเมื่อแห้งร้อยละ 7.00 และความแข็งแรงก่อนเผา 0.27 MPa ค่าการหดตัวที่อุณหภูมิ 950 - 1,200 องศาเซลเซียส ร้อยละ 10 - 24 ค่าความแข็งแรง คือ 0.90 - 6.04 MPa และมีค่าการดูดซึมน้ำ ร้อยละ 7.53 - 28.70

2. การพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา สำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา ที่มีอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการนำมาขึ้นรูปเครื่องปั้นดินเผาได้ คือ อัตราส่วนผสมที่ B12 และ C12

3. การศึกษาการศึกษาผลกระทบของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาพบว่าสถานศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผาใช้ดิน 3 ประเภท คือ ดินคอมพาวด์ ดินแดง และดินผสมเอง โดยมีปริมาณการซื้อดินผสมสำเร็จรูป ประเภทดินคอมพาวด์ มากที่สุดในทุกหน่วยงาน และเมื่อคำนวณหาปริมาณต้นทุนของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ได้จากการวิจัยพบว่า ต้นทุนในการผลิต คือ 4,000 บาทต่อตัน และเมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาที่ได้จากการวิจัย พบว่า ทุกสถานศึกษาและหน่วยงานใช้เนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาสามารถประหยัดหรือลดค่าใช้จ่ายในการซื้อดินสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ได้ร้อยละ 46.94

จากข้อมูลดินตะกอนน้ำประปาโรงผลิตน้ำบางเขน การประปานครหลวง ประจำปี 2560 มีปริมาณ 189 ตันต่อวัน (68,985 ต่อบปี) กำจัดดินตะกอนน้ำประปาที่เกิดจากการผลิตน้ำประปาโดยการนำไปถมที่ เสียบบประมาณในการจ้างบริษัทในการขนดินตะกอนน้ำประปา ประมาณปีละ 21 ล้านบาท ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำดินตะกอนน้ำประปามาใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาทั้งหมด ร้อยละ 60 ดังนั้นเนื้อดินผสมสำเร็จรูป 1 ตัน ใช้ดินตะกอนน้ำประปา 0.6 ตัน ดินตะกอนน้ำประปา 1 วัน 189 ตัน สามารถผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูปได้ 315 ตัน การผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา 1 ตัน สามารถลดปริมาณของดินตะกอนน้ำประปาที่เหลือจากการผลิตน้ำประปาได้จำนวน 0.6 ตันต่อการผลิตเนื้อดินผสมสำเร็จรูป 1 ตัน

จากการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางเคมีและองค์ประกอบทางแร่ ของดินตะกอนน้ำประปาจากโรงงานผลิตน้ำประปาบางเขน พบว่า ดินตะกอนน้ำประปามีองค์ประกอบหลักที่พบมาก คือ SiO_2 ร้อยละ 57 รองลงมา คือ Al_2O_3 ร้อยละ 27.40 Fe_2O_3 ร้อยละ 7.92 ซึ่งมีค่ามากกว่างานวิจัยของ Supin sangsuk (2010); Sommana & Sommana (2014) และ Anurak Akarat Ganokganya & Suwanittaya (2015) โดยมีซิลิกา (SiO_2) ร้อยละ 46.30- 51.79 อลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 20.33 - 26.50 เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 0.07 - 7.49 และองค์ประกอบอื่นๆ เจือปนเล็กน้อย จากการศึกษาลักษณะองค์ประกอบทางแร่ พบว่า ดินตะกอนน้ำประปาโรงผลิตน้ำประปาบางเขนมีองค์ประกอบหลักเป็นควอตซ์ เคโอลินไนท์ และไบโอไทต์ ซึ่งโครงสร้างผลึกของดินตะกอนน้ำประปาสอดคล้องกับ Sangsuk (2010) ที่พบองค์ประกอบหลักคือ อิลไลต์ ควอตซ์ และ เคโอลินไนท์ โดยไบโอไทต์เป็นกลุ่มแร่ชนิดเดียวกับกลุ่มแร่ไมกา หรือ อิลไลต์ โดยผลทำให้ดินมีจุดหลอมละลายต่ำ (Ingsiriwat, 1998)

การพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาโดยการผสมดินดำเพื่อความเหนียวของเนื้อดิน (Ingsiriwat, 1998) ได้กล่าวไว้ว่า ดินดำเป็นดินที่มีขนาดผลึกเม็ดละเอียดมาก อนุภาคของดินยึดเกาะกันได้ดี มีอินทรีย์สารที่มีโครงสร้างคล้ายกับที่พบในถ่านหินลิกไนต์เจือปนอยู่ จึงทำให้ดินชนิดนี้มีความเหนียว นอกจากความเหนียวแล้วดินดำยังส่งผลต่อการหดตัวของเนื้อดิน โดยค่าการหดตัวเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณของดินดำในเนื้อดินเพิ่มขึ้น (Sarasil,

2000) ได้กล่าวว่า การหดตัวหลังเผาไหม้ของประกอบที่สำคัญ คือ ชนิดของดิน ขนาดความละเอียดของดิน สารอินทรีย์ที่อยู่ในดิน วิธีการขึ้นรูป และอุณหภูมิการเผา เมื่อนำดินไปผ่านการเผา สารอินทรีย์และน้ำในองค์ประกอบของโมเลกุล ตลอดจนสารที่สลายตัวที่อุณหภูมิสูง เกิดการสลายตัวไป และมีการจัดเรียงตัวใหม่ อันมีผลทำให้ขนาดของชิ้นงานลดลง นอกจากนี้ Sawangpon (2000) ได้กล่าวว่า ความเหนียวของดินมีความสัมพันธ์กับความพรุนตัว และการหดตัวของดินด้วย กล่าวคือ ถ้าดินที่มีความเหนียวมาก เม็ดดินจะเล็ก ความพรุนตัวต่ำ และมีการหดตัวมาก แต่ถ้าดินที่มีความเหนียวน้อย หรือไม่มีความเหนียวเลย เม็ดดินจะใหญ่ ความพรุนตัวสูง และมีการหดตัวน้อยมาก หรือไม่มีการหดตัวเลย อัตราส่วนผสมที่ 1 (A1, B1, C1) มีดินตะกอนน้ำประปาร้อยละ 80 ดินดำร้อยละ 10 และดินตะกอนแคลไซต์ร้อยละ 10 มีความเหนียวสามารถขึ้นรูปได้ มีค่าการหดตัวร้อยละ 19 และมีความพรุนตัวหรือการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.60 และส่วนผสมที่ 14 (A14, B14, C14) มีความเหนียวน้อย มีดินตะกอนน้ำประปาร้อยละ 40 ดินดำร้อยละ 20 และดินตะกอนแคลไซต์ร้อยละ 40 หดตัวร้อยละ 17 และมีความพรุนตัวหรือการดูดซึมน้ำร้อยละ 4.59 ซึ่งไม่สอดคล้อง อาจมีผลมาจากปริมาณของดินตะกอนน้ำประปา โดยดินตะกอนน้ำประปามีปริมาณสูง ส่งผลให้สมบัติของเนื้อดินหดตัวสูงแต่มีการดูดซึมน้ำสูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ (Sangsuk, 2010) ได้พบว่า เนื้อดินที่ผสมดินตะกอนน้ำประปามีค่าการหดตัวเพิ่มขึ้น และมีความพรุนตัวสูงกว่าเนื้อดินที่ไม่ผสมดินตะกอนน้ำประปา

จากการทดสอบสมบัติของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ ที่มีขนาดอนุภาคต่างกัน คือ 50, 100 และ 200 เมช มีผลต่อสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินผสมสำเร็จรูป เนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 50 เมช มีค่าการดูดซึมน้ำสูงกว่า ดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ ขนาด 100 และ 200 เมช โดยค่าการดูดซึมน้ำลดลงเมื่อมีขนาดอนุภาคของดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์เล็กลง กล่าวคือ ค่าการดูดซึมน้ำมีค่าต่ำสุดที่ส่วนผสมชุด C ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ ขนาด 200 เมช เช่นเดียวกับผลการหดตัวและความเหนียวของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 200 เมช เนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่มีการดูดซึมน้ำต่ำมีผลเกี่ยวข้องกับการหดตัว และความเหนียวของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่สูงขึ้น ค่าการหดตัวของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปสูงเมื่อผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 200 เมช ซึ่งมีมากกว่าเนื้อดินผสมสำเร็จรูปผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 50 และ 100 เมช จากการทดสอบค่าความแข็งแรงของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 200 เมช มีค่าสูงกว่าขนาด 50 และ 100 เมช ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปาที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ที่มีขนาด 50, 100 และ 200 เมช พบว่า เนื้อดินผสมสำเร็จรูปที่ผสมดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ที่มีขนาดเล็ก คือ 200 เมช มีสมบัติด้านความเหนียว การหดตัว ความแข็งแรง และการดูดซึมน้ำ

ที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ Duanggamon Surichat Pason Vichitamorphon & Reuangsemret (2004); และ Frank and Janet Hamar (2004) ที่กล่าวว่า ขนาดอนุภาคมีผลต่อสมบัติด้านอื่น ๆ ของวัตถุเป็นอย่างมาก เช่น การหดตัว สภาพพลาสติก และการดูดซึมน้ำ เป็นต้น ขนาดอนุภาคมีผลสำคัญต่อการจัดเรียงตัวของผลึกในเนื้อดินก่อนการเผา ซึ่งการจัดเรียงตัวที่ดีเนื้อดินมีความหนาแน่นสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถเกิดการแน่นตัวได้ง่าย นอกจากนี้ขนาดอนุภาคของเนื้อดินส่งผลต่อความเหนียว ความแข็งแรงและการหดตัวของเนื้อดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Sarasit (2000) ที่กล่าวว่า เนื้อดินที่มีอัตราการดูดซึมน้ำมากกว่าร้อยละ 3 ส่งผลให้ความแข็งแรงของเนื้อดินลดลง ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อสมบัติความแข็งแรงของเนื้อดินให้ลดลงอย่างสัมพันธ์กัน ดังนั้นการลดขนาดอนุภาคของดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ สามารถปรับสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินให้ดีขึ้นได้จริง และสอดคล้องกับ Tiamsam et. (2012) ที่กล่าวว่า การลดขนาดวัตถุดิบ ก่อนการผสมด้วยปริมาณที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความสามารถในการทำงาน ความแข็งแรงของเนื้อดินนั้น และปรับปรุงสมบัติต่าง ๆ ของเนื้อดินได้ โดย Waitayaongsagol. (2014) ได้เรียบเรียงจาก Reed, James S. (1988) ที่กล่าวว่า การลดขนาดของวัตถุดิบเป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากการลดขนาดอนุภาคจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และทำให้รูปร่างอนุภาคเปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลต่อการอัดตัว การผสมและการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมีของอนุภาคนั้น นอกจากนี้ การลดขนาดอนุภาคยังสามารถปรับปรุงสมบัติของอนุภาคได้อีกหลายประการ เช่น กำจัดสิ่งเจือปน ลดปริมาณรูพรุนและตำหนิต่าง ๆ ในเนื้อสาร ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จอีกด้วย

จากการพัฒนาเนื้อดินผสมสำเร็จรูปจากดินตะกอนน้ำประปา สำหรับงานเครื่องปั้นดินเผา พบว่า อัตราส่วนผสมที่เหมาะสม คือ อัตราส่วนผสมที่ B12 ประกอบด้วยดินตะกอนน้ำประปาร้อยละ 40 ดินดำร้อยละ 40 และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 100 เมช ร้อยละ 20 และ C12 ดินตะกอนน้ำประปาร้อยละ 40 ดินดำร้อยละ 40 และดินตะกอนน้ำประปาแคลไซต์ขนาด 200 เมช ร้อยละ 20 โดยเนื้อดินทั้ง 2 ส่วนผสมสามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาได้โดยเคลือบผิวด้วยเคลือบชนิดเฟลด์สปาร์ได้ดี โดยไม่มีตำหนิ ที่อุณหภูมิ 1,200 - 1,230 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับ Chonchartpinyoh (2006) ได้กล่าวว่า เนื้อดินสโตนแวร์ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส ที่ดีที่สุดสูตรหนึ่งมีส่วนประกอบหลัก คือ ดินดิบลำปางร้อยละ 40 ดินขาวเหนียวลำปางร้อยละ 40 และหินลำปางร้อยละ 20 ทำการบดผสมวัตถุดิบทั้งหมดด้วยหม้อบดจนมีอนุภาคที่เล็กกว่า 8 ไมครอน มากกว่าร้อยละ 70 แล้วนำมาขึ้นรูปด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้งขึ้นแบบหมุน จิกเกอร์ และเครื่องโรลเลอร์เฮด และการหล่อแบบ ปรากฏว่าประสบความสำเร็จด้วยดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนักวิชาการประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และเจ้าหน้าที่สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์และปฏิบัติการทดสอบตัวอย่างจนกระทั่งสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

- Chonchartpinyoh, S. (2006). Teaching “**Introduction to Ceramic**”. Bangkok. Phranakhon Rajabhat University. (in Thai)
- Chonchartpinyoh, S., Jantrasa, R. & Patanapanitipong, P. (2010). **Processing of Sludge from Water Treatment for Application in Pottery Industry. Brick and Tile Product**. Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage. (in Thai)
- Ganokganya, A., A. & Suwanittaya, P. (2015). **The Use of Water Treatment Sludge in Ceramic Glaze**. National Conference on Civil Engineering, 20th July 8-10, Chonburi. (in Thai)
- Hamer, F. & J. (2004). **The Pottery’s Dictionary of Materials and techniques**. 5th Edn. English: A&C Black Publishers Ltd. (in Thai)
- Ingsiriwat, P. (1998). **Ceramic Bodies**. Bangkok. O.S printing House. (in Thai)
- Metropolitan Waterworks Authority. (2018). **Water Supply and Distribution System, Provincial Waterworks Authority**. (Online). Retrieved May 9, 2018 from https://www.mwa.co.th/ewt_news.php?nid=712. (in Thai)
- Numnuan, K. (1997). **The Use Sludge from Water system replace Plastic clay for produce bricks**. Bachelor of Engineering. Civil Engineering. Mahanakorn University of Technology. (in Thai)
- Pattanakudee, S. (2017). **Academic and Information Division**. Bangkhen Water Treatment Plant. (Interview). (in Thai)
- Preuksawan, K. (2003). **The Use of Water treatment Sludge**. (Online). Retrieved April 2 from https://www.mwa.co.th/art_takom.html. (in Thai)
- Sangsuk, S. (2010). **Nano Clay**. Metal and Materials Research Institute Chulalongkorn University. Bangkok. (in Thai)

- Sarasit, P. (2000). Teaching “**Testing of physical properties in ceramics**”. Faculty of Industrial Technology Nakhon Si Thammarat Rajabhat Institute. (in Thai)
- Sawangpon, A. (2000). **Raw materials used in ceramics**. Bangkok. Odein Store. (in Thai)
- Sommana, R. & G. (2014). **Binder from Calcium carbide and Sludge**. Conference The 10th annual Concrete (Oct 20-22, 2014). (in Thai)
- Tiamsam, S. (2012). **Strength Development of Ceramic Meat with Ceramic Fiber**. Journal of Naresuan University. Science and Technology, Vol. 5 No. 1. (in Thai)
- Vichitamorpham, D., S., P. & Reuangsemret, W. (2004). **Application of sludge from tap water**. Bangkok. Metallurgical Technology Group. Department of Primary Industries and Mines. (in Thai)
- Waitayaongsagol, S. (2014). **Reduction of particle size of ceramic raw materials**. (Online). Retrieved August 27, 2014 from <http://www.material.chula.ac.th/RADIO47/June/radio6-2.htm> (in Thai)
-