



# วารสารวิชาการ อุตสาหกรรมศึกษา

วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2550 (45-52)

การทดลองเคลือบซีเมนต์จากอัตราส่วนผสมซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และ  
ดินเหนียวท้องถิ่น เพื่อเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

ภาณุเทพ สุวรรณรัตน์, อุพิทย์ สุคันธกุล, อนุมสิน ดิสภาพร  
สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

## บทคัดย่อ

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมจากอัตราส่วนผสมในการทำเคลือบซีเมนต์โดยใช้วัตถุดิบ คือ ซีเมนต์มะม่วง (MANGO ASH), หินฟันม้า (FELDSPER) และดินเหนียวท้องถิ่น (SURFACE CLAY) การทดลองแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนที่ 1 เพื่อดูลักษณะของเคลือบทำโดยกำหนดอัตราส่วนผสมของสารแต่ละชนิดจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า จะมีทั้งหมด 36 สูตร นำมาทดสอบเพื่อชุปบนแผ่นทดสอบเคลือบ ขนาดความกว้าง 5.00 เซนติเมตรยาว 5.00 เซนติเมตรหนา 1.00 เซนติเมตร นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม จำนวน 3 สูตร ผลการทดลองที่ได้คือ เคลือบที่มีส่วนผสมของหินฟันม้า และซีเมนต์มะม่วงสูงตั้งแต่ร้อยละ 20-80 พบว่าเคลือบมีความมันวาว ทั้ง 2 บรรยากาศ เคลือบที่มีส่วนผสมของดินเหนียวท้องถิ่นสูงตั้งแต่ร้อยละ 50-80 พบว่าเคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน สีที่เกิดขึ้นในบรรยากาศแบบออกซิเดชัน มีโทนสีครีม สีเหลืองอ่อน สีนํ้าตาลอ่อนถึงสีนํ้าตาลเข้ม และในบรรยากาศรีดักชันมีโทนสีเขียวอมฟ้า สีเขียว สีเขียวขี้ม้า สีนํ้าตาลอ่อนถึงสีนํ้าตาลเข้ม ผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกสูตรที่เหมาะสม คือสูตรที่ 13, 18 และ 20 ขั้นตอนที่ 2 เพื่อดูคุณภาพของเคลือบเมื่อ นำมาเคลือบบนผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินผลิตภัณฑ์ ผลการทดลองที่ได้ สูตรที่ 1 3 และ 18 พื้นผิวเคลือบเรียบเนียนและพบตำหนิเคลือบรานตัวของเคลือบทั่วผลิตภัณฑ์ ในสูตรที่ 20 พื้นผิวเคลือบจะเรียบเนียนเป็นบางจุด และพบตำหนิเคลือบแยกตัวและรูเข็มทั่วผิวผลิตภัณฑ์ จึงสรุปได้ว่า เมื่อทำการเผาทั้ง 2 บรรยากาศผิวเคลือบมีความเรียบเนียนใสเป็นมันวาว มีความสมบูรณ์สวยงามสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

**คำสำคัญ :** เคลือบซีเมนต์ เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ ซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า ดินเหนียวท้องถิ่น

## ภูมิหลัง

ในกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ขั้นตอนการเคลือบผลิตภัณฑ์ถือเป็นขั้นตอนการผลิตที่สำคัญมาก เนื่องจากเคลือบคือ ชั้นของแก้วบางที่หลอมละลายติดอยู่กับผิวดินซึ่งขึ้นรูปเป็นภาชนะรูปร่างต่าง ๆ (ไพจิตร อิงคิ

วิวัฒน์.2537:1) เพื่อประโยชน์ในการทำความสะอาด เพิ่มความแข็งแรงและเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เกิดความสวยงามจากสีสันทองเครื่องเคลือบ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 :1) ซึ่งการเคลือบเริ่มเป็นที่รู้จักเมื่อราว 3,500 ปีโดยชาวอียิปต์เป็นผู้คิดค้นเคลือบสีฟ้าสโตนแวร์ในการเคลือบลูกบิด และมีการพัฒนา

อยู่ในตะวันออกกลางและมีการเผยแพร่สู่ประเทศจีน ต่อมาจีนก็ได้มีการคิดค้นการทำเคลือบขี้เถ้าและเคลือบหินที่เผาในอุณหภูมิสูงต่าง ๆ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์.2537:2) และได้มีการคิดค้นพัฒนาสูตรเคลือบมาโดยตลอดเพื่อให้เกิดสีสันที่หลากหลายและสวยงามขึ้นกว่าเดิม

น้ำเคลือบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ เคลือบจากขี้เถ้าของพืชและสัตว์ และเคลือบจากแร่และหิน ซึ่งอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาโดยส่วนมากมักใช้เคลือบจากแร่และหินมากกว่าเนื่องจากคุณภาพของสีที่สม่ำเสมอสามารถควบคุมคุณภาพของสีได้ตลอดในการผลิตแต่ละครั้ง และมีเจดสีมากมายให้เลือกใช้ อีกทั้งมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ยุ่งยาก ยิ่งในปัจจุบันมีโรงงานสำหรับผลิตน้ำเคลือบสำเร็จรูปโดยเฉพาะสำหรับโรงงานผลิตเครื่องปั้นดินเผา เป็นการลดขั้นตอนในการผลิตน้ำเคลือบและลดต้นทุนในการผลิต แต่วัตถุดิบประเภทแร่และหินบางชนิดต้องสั่งนำเข้าจากต่างประเทศเนื่องจากมีคุณภาพที่ดีกว่าวัตถุดิบภายในประเทศทำให้มีราคาที่สูงและทำให้ราคาของเคลือบสำเร็จรูปมีราคาที่สูงตามมาด้วย

เคลือบขี้เถ้าเป็นเคลือบอีกประเภทหนึ่งที่ใช้ขี้เถ้าจากไม้ ยืนต้นหรือไม้ล้มลุกเป็นวัตถุดิบหลักในการทำเคลือบ ซึ่งชาวจีนเป็นชาติที่คิดค้นได้และมีการเผยแพร่เทคนิคในการผลิตสู่ชาติใกล้เคียง เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี ในประเทศไทยมีการผลิตเครื่องเคลือบจากขี้เถ้าใช้กันมานานแล้ว เริ่มแรกในยุคสุโขทัยเป็นราชธานี มีการผลิตเครื่องสังคโลกที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักของต่างชาติ เนื่องจากในยุคนั้นมีการส่งออกจำหน่ายในหลายประเทศ เครื่องเคลือบสังคโลกมีการเคลือบด้วยขี้เถ้าไม้ ที่มีโทสนีเขียวต่าง ๆ เช่น สีเขียวอมฟ้า สีเขียวอมเทา สีเขียวอมน้ำตาล เคลือบสีเขียวก่อนที่พื้นนิยมนจะมีโทสนีเขียวไขก้า หรือที่รู้จักในชื่อ เคลือบศิลาดล ซึ่งเป็นที่นิยมเคลือบผลิตภัณฑ์มาแต่โบราณ แม้ในยุคปัจจุบันเคลือบศิลาดลยังได้รับความนิยมและเป็นที่นิยมตลอดมาทั้งชาวไทยและต่างชาติ เนื่องจากมีสีที่นุ่มนวล สุขุมสวยงาม ในปัจจุบันเคลือบขี้เถ้าไม้ยังได้รับความนิยมในการใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ทางด้านงานศิลปะ และงานตกแต่งประดับอาคาร เช่น ที่เขียงใหม่หรือที่ราชบุรี แต่ไม่ได้รับความนิยมในระบอบอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาขนาดใหญ่ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร เป็นต้น เนื่องจากเคลือบขี้เถ้ามีข้อจำกัดในเรื่องเจดสีที่มีโทนสีน้อย

และมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายในการเผาครั้งต่อไปหากการควบคุมการเผาไม่ดี อีกทั้งยังเป็นการยุ่งยากในขั้นตอนการผลิตเคลือบของโรงงาน การใช้เคลือบขี้เถ้าจึงมักเป็นโรงงานขนาดเล็กที่ทำงานด้านศิลปะหรือกลุ่มชุมชนที่ทำงานเครื่องปั้นดินเผาภายในครัวเรือน แต่เคลือบขี้เถ้ามีลักษณะพิเศษในเรื่องพื้นผิวที่มีความหยาบเหมือนเม็ดทรายจนถึงมีผิวเรียบเนียนเหมือนหยก ผิวมีความแวววาวจนถึงผิวด้าน ผิวแตกรานเหมือนลายงาและมีความอ่อนแก่ของสีที่หลากหลายจึงสามารถตอบสนองต่อการทำงานเครื่องปั้นดินเผาในแนวศิลปะที่ดุดันได้อย่างกว้างขวาง (เสริมศักดิ์ นาคบัว.2536:1) อีกทั้งเคลือบขี้เถ้าไม่มีต้นทุนการผลิตที่น้อยกว่าสามารถนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาใช้ในการผลิตเคลือบขี้เถ้าได้ ยิ่งในปัจจุบันแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ และรัฐบาลมีนโยบายที่ต้องการพัฒนาเศรษฐกิจในชุมชนต่างๆ ในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสร้างความสำเร็จให้แก่มุมชนและสามารถยกระดับชีวิตความเป็นอยู่และฐานะของชุมชนให้ดีขึ้น โดยการผลิตหรือการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นให้กลายเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ จากนโยบายดังกล่าว แต่ละชุมชน จึงมีการคิดค้นและนำภูมิปัญญาเดิมมาพัฒนาให้ดีขึ้น ยิ่งในพื้นที่ภาคกลางเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมแก่การทำเกษตรกรรม และมีสินค้าเกษตรออกสู่ตลาดอย่างมากมาย ทั้งข้าว ไม้ผล พืชไร่ ไม้ประดับ และการประมง โดยเฉพาะข้าวและไม้ผลที่มีการผลิตอยู่หลายพื้นที่ จึงทำให้มีวัสดุที่เหลือจากภาคเกษตรกรรมมาก จึงมีผู้คิดค้นนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างมากมาย

จากสภาพการณ์ดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากกว่าเดิม สำหรับงานด้านเครื่องปั้นดินเผาโดยจะทำการทดลองเคลือบขี้เถ้า ให้มีโทสนีที่สวยงาม มีความหลากหลายทั้งสีสรรและพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ โดยนำวัสดุที่เหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเคลือบขี้เถ้า ซึ่งผู้วิจัยมีความสนใจในไม้มะม่วง ซึ่งมีการปลูกกันมากในพื้นที่ภาคกลางโดยเฉพาะจังหวัดสุพรรณบุรีที่มีการปลูกกันมากเป็นอันดับ 2 รองจากการปลูกข้าว โดยมีพื้นที่การปลูกมะม่วงถึง 114,300 ไร่ (เอกสารสภาอุตสาหกรรมจังหวัด.2545:39) ทั้งที่ปลูกเพื่อการขายผล และการขายกิ่งพันธุ์ ปริมาณการปลูกที่มีอยู่อย่างมากมาย ทำให้มีวัสดุเหลือ

ทั้งอยู่มาก ผู้วิจัยจึงต้องการนำไม้มะม่วงมาเป็นส่วนผสมหลักในการทำเคลือบซีเมนต์ เพื่อให้มีโทนสีที่สวยงาม จึงทำการทดลองหาอัตราส่วนผสมเคลือบซีเมนต์ จากซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา เพื่อให้ได้เคลือบซีเมนต์ที่มีโทนสีเขียว มีพื้นผิวเคลือบที่เรียบเนียน ใสเป็นมันวาว เพื่อนำไปใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ เป็นการลดต้นทุนในการผลิตเคลือบ อีกทั้งเป็นการนำวัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรกรรมที่มีเป็นจำนวนมากในท้องถิ่นมาสร้างมูลค่าให้เพิ่มขึ้นจากเดิมอีกทั้งเป็นแนวทางของผู้ประกอบการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ในประเภทงานเครื่องปั้นดินเผาในการพัฒนาเคลือบให้มีลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาในการแข่งขันกับโรงงานขนาดใหญ่และคู่ค้าทางการตลาด และเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของท้องถิ่นตนเอง

### ความมุ่งหมายการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมเคลือบซีเมนต์ จากส่วนผสมซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์
2. เพื่อประเมินคุณภาพของเคลือบซีเมนต์ จากส่วนผสมซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

### ความสำคัญของกาวิจัย

ได้อัตราส่วนผสมในการผลิตเคลือบซีเมนต์จากอัตราส่วนผสมซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา ที่มีราคาต้นทุนการผลิตที่ถูกลง สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาชนิด สโตนแวร์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการทางด้านงานเครื่องปั้นดินเผาในการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น ราคาถูกนำมาพัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

### ขอบเขตการวิจัย

เพื่อให้การศึกษ้อัตราส่วนผสมเคลือบซีเมนต์ จากส่วนผสมซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา บรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาวิจัยไว้ดังนี้

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
  - 1.1 ซีเมนต์มะม่วง มีความละเอียด 100 เมส
  - 1.2 หินฟันม้า ( Feldspar ) มีความละเอียด 325 เมส
  - 1.3 ดินเหนียวท้องนา บริเวณทุ่งสำยาง ตำบลโคกโคเฒ่า อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ( Kind of surface clay ) มีความละเอียด 120 เมส
2. การกำหนดอัตราส่วนผสมของเคลือบได้จากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า จำนวน 36 สูตร โดยกำหนดสารหลักคือ ซีเมนต์มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องนา
3. การทดลองมี 2 ขั้นตอนหลักดังนี้  
ขั้นตอนที่ 1 นำแผ่นทดสอบชุบน้ำเคลือบทั้ง 36 สูตร สูตรละ 6 แผ่นจะได้แผ่นทดสอบจำนวน 213 ชิ้น นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน (OF) และบรรยากาศแบบรีดักชัน(RF) จากนั้นคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุด 3 สูตรโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการเปรียบเทียบกับตนเองภายในอัตราส่วนสูตรต่างๆ  
ขั้นตอนที่ 2 นำสูตรที่ดีที่สุดจำนวน 3 สูตรไปเคลือบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ ที่ผ่านการเผาดิบจำนวน 3 รูปแบบที่ต่างกันรูปแบบละ 6 ชิ้น จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เผาจำนวน 18 ชิ้น นำไปเคลือบและเผาที่อุณหภูมิ 1, 230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน (OF) และการเผาไหม้แบบรีดักชัน (RF)
4. เตาเผาที่ใช้ในการทดลองเป็นเตาเผาชนิดทางเดินลมร้อนลงใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ในบรรยากาศรีดักชัน (OF) และใช้เตาไฟฟ้าในการเผาแบบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)
5. ดินที่ใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และแผ่นทดสอบเคลือบจะใช้ดินผสมสำเร็จจากบริษัทคอมพิวเตอร์เคลย์
6. ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ที่นำมาใช้เคลือบกับสูตรที่ผ่านการคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3สูตร มีรูปแบบที่แตกต่างกัน 3 รูปแบบ จำนวน 18 ชิ้นทดลอง เพื่อนำไปเผาใน 2 บรรยากาศ
7. การประเมินลักษณะทางกายภาพของเคลือบจะใช้แบบประเมินทางสายตา โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์

ทางการสอนวิชาเครื่องปั้นดินเผาจำนวน 3 ท่านและผู้มีประสบการณ์ในสถานประกอบการทางงานเครื่องปั้นดินเผา 1 ท่าน

8. การซึ่งส่วนผสมของวัตถุดิบใช้เครื่องซึ่งระบบไฟฟ้า จำนวนทศนิยม 2 ตำแหน่ง

ตัวแปรที่ศึกษา

1 ตัวแปรต้น ได้แก่

1.1 อัตราส่วนผสมเคลือบซีเถ้า จำนวน 36 สูตร จากอัตราส่วนผสมระหว่าง ซีเถ้าไม้มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องถิ่น โดยกำหนดอัตราส่วนผสมจากแผนภาพสามเหลี่ยมด้านเท่า

1.2 บรรยากาศในการเผาไหม้

1.2.1 บรรยากาศการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน (OF)

1.2.2 บรรยากาศการเผาไหม้แบบรีดักชัน (RF)

2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของเคลือบ

2.1 การหลอมตัวของเคลือบ

2.1.1 เคลือบมันวาว

2.1.2 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน

2.1.3 เคลือบด้าน

2.1.4 เคลือบไม่หลอม

2.2 พื้นผิวของเคลือบ

2.2.1 ผิวเรียบเนียน

2.2.2 ผิวหยาบ

2.3 สีของเคลือบ

2.4 ความสมบูรณ์ของเคลือบ

2.4.1 การรานตัว

2.4.2 การแยกตัวของเคลือบ

2.4.3 รูเข็ม

### สมมติฐานของการวิจัย

เคลือบซีเถ้า จำนวน 3 สูตรที่ดีที่สุดโดยการเลือกของผู้เชี่ยวชาญ จากซีเถ้าไม้มะม่วง หินฟันม้า และดินเหนียวท้องถิ่นเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน มีผิวที่เรียบเนียนใสเป็นมันวาว มี

ความสมบูรณ์สวยงาม สามารถใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์

### สรุปผลการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนผสมเคลือบซีเถ้า จำนวน 36 สูตรเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ใน 2 บรรยากาศที่ต่างกัน

1. ด้านการหลอมตัวของเคลือบ

1.1. ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน เคลือบที่มีมันวาวคือสูตรที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,12,13,16,17, และ 18 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 11,19,20, และ 34 เคลือบที่ด้านคือสูตรที่ 9,10,21,22,23,24,25,26,28,29,30,31,32,33,35, และ 36 เคลือบไม่หลอมคือสูตรที่ 15 เคลือบที่มีการรานตัวคือสูตรที่ 1,2,3,4,5,7,8,11,12,13,17 และ 18

1.2 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันเคลือบที่มีมันวาวคือสูตรที่ 1,2,3,4,5,6,8,9,11,12,13,16,17,18,

19,23,24,31, และ 32 เคลือบที่กึ่งมันกึ่งด้านคืออัตราส่วนที่ 7,10,14,15,20,21,22,25,26,27,28,30, และ 33 เคลือบที่ด้านคือสูตรที่ 34,35 และ 36 เคลือบไม่หลอมคือสูตรที่ 29, เคลือบที่มีการรานตัวคือสูตรที่ 1,2,3,4,5,7,8,9,11,12, 13,16,17,18,19,22,23,24,

25,29,30,31, 32 และ 36



ภาพที่ 1: เคลือบซีเถ้า 36 สูตร เผาแบบออกซิเดชัน

2. ด้านสีของเคลือบ

2.1 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน เคลือบที่มีสีครีมจุดน้ำตาลได้แก่สูตรที่ 1,2,3,4,5, และ 7 สูตรที่มีสีครีมได้แก่สูตรที่ 11,16,22 และ 29 สูตรที่มีสีเหลืองอ่อนได้แก่สูตรที่ 12,17,23,24,30,31,32 และ 33 สูตรที่มีสีเหลืองอ่อนจุดน้ำตาลคือสูตรที่ 8,9,13,18,19,25 และ 26 สูตรที่มีสีน้ำตาลได้แก่สูตรที่ 21,28 และ 36 สูตรที่มีสีน้ำตาลเข้มได้แก่สูตรที่ 10,15,27 และ 35 สูตรที่ 20 มีสีน้ำตาลเข้มจุดเขียว

2.2 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน สูตรที่มีสีเขียวอมฟ้าได้แก่สูตรที่ 1,2,4,7,11 และ 16 สูตรที่มีสีเขียวอ่อนได้แก่สูตรที่ 3,5,8,12,17,18,22,23,24,29,30 และ 31 สูตรที่มีสีเขียวเขียวได้แก่สูตรที่ 9,13,19,25,26,32 และ 33 สูตรที่มีสีน้ำตาลอ่อนได้แก่สูตรที่ 6,10 และ 14, สูตรที่มีสีน้ำตาลได้แก่สูตรที่ 21 และ 36 สูตรที่มีสีน้ำตาลเข้มได้แก่สูตรที่ 15,27 และ 35 สูตรที่ 20 มีสีน้ำตาลเข้มจุดดำและสูตรที่ 34 มีสีน้ำตาลอมเขียว



ภาพที่ 2: เคลือบซี้เจ้า 36 สูตร เเผาแบบรีดักชัน

หลังจากทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ใน 2 บรรยากาศ จึงให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจำนวน 3 สูตร เพื่อนำไปเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดสโตนแวร์ 3 รูปแบบที่ต่างกันเพื่อประเมินผลิตภัณฑ์ ในด้านพื้นผิวของเคลือบ และ

ความสมบูรณ์ของเคลือบ ซึ่งอัตราส่วนที่ผู้เชี่ยวชาญคัดเลือกคือ อัตราส่วนที่ 8 มีอัตราส่วนผสมของซี้เจ้าไม่มะม่วงร้อยละ 30 หินฟันม้าร้อยละ 50 และดินเหนียวท้องถิ่นร้อยละ 20 อัตราส่วน 13 มีอัตราส่วนผสมของซี้เจ้าไม่มะม่วงร้อยละ 30 หินฟันม้าร้อยละ 40 และดินเหนียวท้องถิ่นร้อยละ 30 สูตรที่ 20 มีอัตราส่วนผสมของซี้เจ้าไม่มะม่วงร้อยละ 20 หินฟันม้าร้อยละ 30 และดินเหนียวท้องถิ่นร้อยละ 50

ขั้นตอนที่ 2. การประเมินผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ ที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบซี้เจ้าสูตรละ 3 รูปแบบแบ่งเผาใน 2 บรรยากาศ แล้วประเมินผลการทดลองในด้านพื้นผิวของเคลือบและความสมบูรณ์ของเคลือบ

1 ด้านพื้นผิวของเคลือบ

1.1 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยสูตรที่ 8 และ 13 มีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเนียนเป็นมันวาว ส่วนสูตรที่ 20 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบมันเป็นบางจุด

1.2 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน ในด้านลักษณะของผิวเคลือบ ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยสูตรที่ 8 และ 13 มีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบเนียน เป็นมันวาว ส่วนสูตรที่ 20 ผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะผิวเคลือบที่เรียบมันเป็นบางจุด



ภาพที่ 3: ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ เเผาแบบรีดักชัน

## 2. ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบ

2.1 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบออกซิเดชัน ผลึกภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยสูตรที่ 8 และ 13 พบตำหนิเคลือบรานตัวทั้งหมด ในสูตรที่ 20 ผลึกภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบตำหนิเคลือบแยกตัวทั้งหมด ในรูปแบบผลึกภัณฑ์ที่ 1 ยังพบตำหนิริ้วเข็มผสมอยู่

2.2 ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชัน ผลึกภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบที่เคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยสูตรที่ 8 และ 13 พบตำหนิเคลือบรานตัวทั้งหมด ในสูตรที่ 20 ผลึกภัณฑ์ทั้ง 3 รูปแบบพบตำหนิเคลือบแยกตัวทั้งหมด

## อภิปรายผล

1. ด้านการหลอมตัวของเคลือบ จากการประเมินผลการทดลองพบว่าเคลือบที่มีอัตราส่วนผสมของ หินฟันม้า และซีเมนต์มะม่วงร้อยละ 20-80 และดินเหนียวท้องถิ่น สัดส่วนที่น้อยจะทำให้เคลือบมีการหลอมตัวที่ดี เคลือบมีความมันวาวทั้ง 2 บรรยากาศเนื่องจากหินฟันม้าและซีเมนต์มะม่วงมีคุณสมบัติเป็นต่าง ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบ น้ำเคลือบหลอมละลายเร็วขึ้นทำให้เคลือบมีผิวเรียบ มีความมันวาวสูงโดยเฉพาะสูตรที่ 1-8 ซึ่งมีปริมาณของหินฟันม้าในสูตรเคลือบปริมาณที่สูง ในทางตรงกันข้ามอัตราส่วนผสมที่มีดินเหนียวท้องถิ่นในปริมาณที่มากร้อยละ 50-80 จะทำให้เกิดเคลือบด้านหรือไม่หลอมได้ เนื่องจากในดินเหนียวท้องถิ่นมีปริมาณของซิลิกาที่สูงและบางส่วนในซีเมนต์มะม่วงซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่เป็นตัวทอนไฟ หากไม่ถึงอุณหภูมิที่หลอมก็จะทำให้เคลือบไม่หลอมหรือเคลือบด้านได้ สูตรที่เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านอาจจะเนื่องมาจากเผาเคลือบยังไม่ถึงจุดสุกตัว หากได้เพิ่มอุณหภูมิในการเผาน่าจะดีกว่านี้ จากผลการทดลองเคลือบด้านหลายสูตรมีการหลอมตัวดี ผิวเรียบเนียนแสดงว่าถึงจุดหลอมละลาย ซึ่งอาจเกิดจากการตกผลึกของซิงค์ออกไซด์ ขณะที่เคลือบเย็นตัวลงช้า ๆ และบรรยากาศในการเผาแบบรีดักชันยังทำให้เคลือบหลายสูตรมีความมันวาวกว่า การเผาในบรรยากาศออกซิเดชัน



ภาพที่ 4: ผลึกภัณฑ์สโตนแวร์ เเผาแบบรีดักชัน

2. ด้านสีของเคลือบ สีเคลือบที่เผาในบรรยากาศออกซิเดชัน จะมีโทนสีครีม เหลืองอ่อน น้ำตาลแดงจนน้ำตาลเข้ม ในสูตรที่มีปริมาณของหินฟันม้าอยู่มาก นอกจากจะทำให้เคลือบหลอมละลายเป็นมันวาว สีที่เกิดจะเป็นโทนครีม-เหลืองอ่อนเนื่องจากสารโพแทสเซียม คาร์บอเนต ในหินฟันม้าซึ่งแตกต่างกันไปตามแหล่งกำเนิด เช่น สีขาว เหลือง และชมพูเป็นต้น ซึ่งผลการทดลองสูตรเคลือบที่ได้มีสีโทนครีม-เหลืองอ่อน มีถึง 25 สูตร สูตรที่มีปริมาณของดินเหนียวท้องถิ่นในปริมาณที่มาก จะทำให้เกิดสีโทนน้ำตาล-น้ำตาลเข้ม เนื่องจากในดินมีสารเฟอร์ริกออกไซด์ในปริมาณที่มาก ทำให้เคลือบมีน้ำตาลแดง-น้ำตาลเข้ม เนื่องจากเฟอร์ริกออกไซด์เป็นสารให้สีในเคลือบ ในบางจุดกระบนผิวเคลือบ คาดว่ามาจากการบดเคลือบสูตรที่มีปริมาณมากของดินเหนียวท้องถิ่นสูงไม่ละเอียดพอ ทำให้เม็ดดินที่ใหญ่หลอมละลายไม่ทัน เม็ดดินละเอียดจึงเกิดจุดกระบนผิวเคลือบ สีเคลือบที่เผาในบรรยากาศรีดักชัน ในแต่ละสูตรจะมีสีที่แตกต่างกัน บ้างเล็กน้อย ในเรื่องน้ำหนักร้อนแก่ โทนสีที่ปรากฏจะมีโทนสีเขียวฟ้า ,เขียวอ่อน เขียวเข้ม เขียวขี้ม้า และน้ำตาลแดง ถึงน้ำตาลเข้ม สูตรที่มีปริมาณของหินฟันม้าสูงจะทำให้เกิดสีเขียวอมฟ้าได้แก่สูตรที่ 1,2,4,7,11,16,22



ในสูตรที่มีปริมาณของซีเมนต์มะม่วงและดินเหนียวทองนา ในปริมาณเท่า ๆ กันหรือลดหลั่นลงมาจะทำให้เกิดสีเขียวย่อน จนถึงเขียวเข้มหรือเขียวขี้ม้า เนื่องจาก เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ที่พบในซีเมนต์มะม่วงและดินเหนียวทองนาเมื่อเผาในบรรยากาศแบบรีดักชันจะเกิดการเปลี่ยนแปลง กลายเป็นเหล็กดำ (FeO Ferrous oxide) หากมีปริมาณร้อยละ 1-2 จะทำให้เกิดสีเขียวชลาตอนหรือสีเขียวอ่อนหากใช้ในปริมาณมากถึงร้อยละ 10-15 จะทำให้เกิดสีน้ำตาลอมดำ สีดำหรือสีสนิม เหมือนในสูตรที่ 15,20,21,27,28,35,36 หากมีปริมาณเฟอร์ริกออกไซด์น้อยลงมาก็จะกลายเป็นเขียว ขี้ม้า หรือเขียวอมน้ำตาล การเผาในบรรยากาศรีดักชัน เคลือบที่ได้จะมีความหลากหลายและสวยงามกว่าการเผาใน บรรยากาศออกซิเดชัน ซึ่งคุณภาพของการเผาเคลือบ เปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับชนิดของเตาเผา เช่น เตาแก๊ส เตาไฟฟ้า คุณสมบัติของเตาเผาแต่ละชนิดหรือคนละบริษัท รวมทั้งการ วางตำแหน่งชิ้นงาน มีผลต่อสีที่อาจเปลี่ยนแปลงได้

3. ด้านพื้นผิวของเคลือบ ในการเผาแบบออกซิเดชัน เคลือบหลายสูตรมีพื้นผิวเรียบเนียนแม้จะเป็นเคลือบด้าน หรือกึ่งมันกึ่งด้าน เนื่องจากเคลือบมีการหลอมตัวที่สมบูรณ์ ดี เพียงแต่มีสารที่ทำปฏิกิริยาในการตกผลึกเป็นฝ้าที่บ่งผิว เคลือบในสูตรที่มีปริมาณของดินเหนียวทองนาที่สูงบางสูตร ไม่หลอมตัวหรือหลอมไม่เต็มที่ทำให้ผิวเคลือบ หยาบ บาง สูตรอาจมีผิวเป็นเม็ดสะดุดเกิดจากขนาดของเม็ดดินที่ใหญ่ ทำให้หลอมตัวได้ช้าทำให้เกิดเป็นเม็ด ในสูตรที่ 1 และ 10 เป็นลักษณะผิวเคลือบที่เป็นหลุมพองทั่วผิวเคลือบเกิดจาก การระเหยของแก๊สขณะที่เคลือบเริ่มเย็นตัวทำให้เกิดเคลือบ พอง ในบรรยากาศเผาไหม้แบบรีดักชันหลายสูตรมีผิวที่ เรียบเนียนบางสูตรอาจพบเป็นเม็ดละเอียดกระจายอยู่ทั่วผิว ในสูตรที่ 22 และ 29 พบผิวมีลักษณะแตกร่อนเป็นแผ่น บางส่วนเรียบ อาจเกิดจากการจุ่มเคลือบที่บางส่วนหนา มากเกินไป

4. ด้านความสมบูรณ์ของเคลือบ ในการเผาแบบ ออกซิเดชัน หลายสูตรมีการรานตัวที่เคลือบเป็นลักษณะตา ข่ายขนาดเล็กทั่วผิวเคลือบ โดยจะเห็นชัดในสูตรที่มีปริมาณ ของหินฟันม้าที่มาก ส่วนในสูตรที่มีหินฟันม้าน้อยการรานตัว จะเกิดเฉพาะบริเวณที่มีเคลือบหนา และมีขนาดเล็กจน มองเห็นได้ยาก ในสูตรที่มีปริมาณของดินเหนียวทองนา

จะไม่พบการรานตัว ในสูตรที่ 28 และ 36 มีการพบเคลือบ ไม่ติดเนื่องจากมีปริมาณของดินเหนียวมากจนไม่เกาะผิว ใน การเผาแบบรีดักชัน พบมีการรานตัวในหลายสูตร บางสูตร ในออกซิเดชันการรานตัวไม่เด่นชัดก็จะชัดเจนในการเผาแบบ รีดักชัน เส้นที่รานมีขนาดเล็กและเห็นตัดกับสีรอบข้างอย่าง เด่นชัด แต่ในสูตรที่มีปริมาณของดินเหนียวทองนาปริมาณ ที่มากยังไม่พบการราน การรานในเคลือบเนื่องจากค่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวของเนื้อดินและเคลือบไม่เท่ากัน เกิดจากในสูตรที่เคลือบมีปริมาณของหินฟันม้าอยู่มาก ซึ่งมี ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวหลังเผาสูงมากถึงร้อยละ 11-12 ทำให้เคลือบขยายตัวดันกันแตกเป็นลายละเอียด หลังนำสูตร ที่คัดเลือกโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 สูตรคือสูตรที่ 8 13 และ 20 หลังการเผาทั้ง 2 บรรยากาศพบว่าสูตรที่ 8 และ 13 ไม่พบ ตาหินใด ๆ นอกจากการรานตัวของเคลือบ ในสูตรที่ 20 ไม่พบ การรานตัวแต่เกิดตาหินเคลือบหลุดตัว หรือเคลือบหนี กระจายตัวทั่วผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์รูปแบบที่ 2 จะพบมากทั่วผลิตภัณฑ์ เนื่องจากอาจมีการบดเคลือบนาน เกินไป เพราะในขั้นตอนทดลองเคลือบบนชิ้นทดลองไม่พบ การเกิดตาหิน หากแต่ใช้การบดในโรงจึงมีความหยาบอยู่ บ้าง และอาจเกิดจากการเคลือบหนาเกินไป และค่า ถ่วงจำเพาะของเคลือบที่สูงทำให้เคลือบมีความชื้นเพราะมี ดินผสมอยู่มาก เมื่อเคลือบจึงหนากว่าปกติ

### ข้อเสนอแนะ

1. ตำแหน่งของการวางผลิตภัณฑ์ในเตาเผา ตำแหน่งที่ต่างกันมีส่วนทำให้สีของเคลือบต่างกันบ้าง เล็กน้อย จึงควรทดสอบในจุดต่างๆของเตาที่จะเผางานจริง
2. ในช่วงของการเผาอุณหภูมิที่กำหนดควรมีการเย็น ไฟ (Soaking) จะช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาสม่ำเสมอทั่วทั้ง เตา และสามารถลดข้อผิดพลาดในการเผาผลาญได้ อีกทั้งยัง ทำเคลือบมีความมันวาวขึ้น.
3. เคลือบซีเมนต์ที่วิจัยหลายสูตรมีการรานเกิดขึ้น หากต้องการให้การรานหายไปควรเพิ่มทัลก์ (Talc) หรือซิลิกาในสูตรจะลดอัตราการรานตัวลงได้
4. ในสูตรที่มีอัตราส่วนผสมของดินเหนียวทองนา ปริมาณมากควรคำนึงถึงค่าความชื้นชื้นของเคลือบ และ

คำนึงถึงการบดเคี้ยวที่ควรใช้เวลาานกว่าการบดวัตถุดิบ  
ตัวอื่น

5.การเคี้ยวผิวผลิตภัณฑ์แต่ละวิธีที่ต่างกันผลของ  
เคี้ยวที่ออกมาจะต่างกันด้วย

### บรรณานุกรม

- [1.] กรมพัฒนาที่ดิน.(2546).คู่มือการจัดการดินกับพืช  
เศรษฐกิจสำหรับเกษตรกรอำเภอเมืองสุพรรณบุรี.  
สุพรรณบุรี : สถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรี .
- [2.] กรมส่งเสริมการเกษตร . (2544). สถิติการปลูกไม้ยืน  
ต้นไม้ผล ประจำปี 2544 .กรุงเทพฯ:ศูนย์  
สารสนเทศการเกษตร .
- [3.] กรมศิลปากร. (2545). เครื่องปั้นดินเผาบ้านบางปูน.  
กรุงเทพฯ.สำนักงานศิลปากรที่2 สุพรรณบุรี
- [4.] กฤตยาวัลย์ พินิจตานกลาง. (2542) .การทดลองทำสี  
ได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใสอุณหภูมิ 1, 230  
องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน.  
ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ  
: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย  
สำเนา
- [5.] นิสา มีฉัยยา. (2538) .การทดลองทำเคลือบขี้เถ้าจาก  
อัตราส่วนผสมระหว่างขี้เถ้าไม้ยางพารา หินฟันม้า ดิน  
เหนียวทองนา และขี้เถ้าเปลือกหอยแครง.ปริญญา  
ณิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา).กรุงเทพฯ:  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย  
สำเนา
- [6.] ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ . (2537) .รวมสูตรเคลือบเซรา  
มิกส์ . กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .
- [7.] ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ . (2541) .เนื้อดินเซรามิกส์ .  
กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .
- [8.] ไพจิตร อิงศิริวัฒน์ . (2546) .สีเซรามิก . กรุงเทพฯ  
: โอเดียนสโตร์ .
- [9.] มนุ ไปสมบูรณ์ . (2544) . คู่มือการผลิตมะม่วง  
คุณภาพดี. กรุงเทพฯ. กรมส่งเสริมการเกษตร.
- [10.]ลดดา พันธุ์สุขุมธนา และ ชลัย ศรีชุม.(2546กันยายน-  
ธันวาคม).ตามมาตุการพัฒนาเคลือบขี้เถ้าไม้ยาง.เซรา  
มิก . 7(17) : 59-63 .

[11.]สิริลักษณ์ ทองลุ่ม . (2545) . การศึกษาอัตราส่วนที่  
เหมาะสมของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์สำหรับชิ้นส่วนนำร่อง  
เส้นด้าย . ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรม  
ศึกษา). กรุงเทพฯ . บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรี  
นครินทรวิโรฒ . ถ่ายสำเนา .

[12.]อายุวัฒน์ สว่างผล . (2543) . วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลาย  
ในงานเซรามิก . กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์ .