

## บทที่ 2

### ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทบทวนเอกสาร

##### 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเคลือบและเนื้อดินปั้น

###### 1.1 เคลือบ (Glaze)

เคลือบ คือชั้นของแก้วบางๆ ที่หลอมละลายติดอยู่กับผิวดินซึ่งขึ้นรูปเป็นภาชนะทรงต่างๆ วัตถุดิบที่เป็นน้ำยาเคลือบถูกบดจนละเอียดมากกว่าดินหลายเท่า ก่อนนำมาเคลือบบนผิวดินเผาเป็นชั้นหนา 1-1.5 มม. เมื่อเคลือบแล้วต้องทิ้งให้ผลิตภัณฑ์แห้ง เช็ดกันผลิตภัณฑ์ให้สะอาดก่อนนำเข้าเตาเผา ผลิตภัณฑ์ที่เคลือบแล้วโดนเผาผ่านความร้อนในอุณหภูมิสูง วัตถุดิบที่เป็นแก้ว ในเคลือบเมื่อถึงจุดหลอมละลาย ชั้นของเคลือบบนผิวดินจะกลายเป็นแก้วมันวาวติดอยู่กับผิวดินโดยไม่ไหลลงไปที่กองรวมอยู่บนพื้นเตาขณะหลอมตัว (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537: 1) ความรู้ในการทำน้ำเคลือบ สามารถสืบประวัติศาสตร์ไปได้ถึง 5,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ชาวอียิปต์เป็นผู้ที่ค้นพบน้ำชนิดแรกของโลก คือเคลือบอุณหภูมิต่ำสีฟ้าสดหรือเคลือบสีฟ้าสด (Turquoise Blue) ซึ่งนิยมใช้เคลือบลูกปัด ภาชนะ และเครื่องประดับดินเผาเผาในอุณหภูมิต่ำ 900 องศาเซลเซียส โดยใช้โซดาแอช (Sodium Carbonate) หรือบอแรกซ์ผสมกับทรายในทะเลทรายและสนิมทองแดง (Copper Oxide) ร้อยละ 4 ยังคงนิยมทำกันอยู่ในแถบประเทศตะวันออกกลาง คือตุรกี และอิหร่าน จากหลักฐานเพิ่มเติมค้นพบว่า ชาวซีเรียและบาบิโลเนีย เป็นผู้ค้นพบการใช้เคลือบตะกั่ว ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักจะเป็นสิ่งก่อสร้าง เช่น กระเบื้องผนังหลังคา และกระเบื้องประดับตกแต่งอาคารเป็นต้น และได้เผยแพร่เทคนิคการทำเคลือบตะกั่วไปสู่จีน ต่อมาจีนได้ค้นพบการทำเคลือบซีเถ้าไม้ และเคลือบหินซึ่งเผาในอุณหภูมิสูง ส่วนการทำขวดจากแก้วก็มีต้นกำเนิดจากประเทศทางตะวันออกกลางเช่นเดียวกัน ในแถบอียิปต์ เมโสโปเตเมีย เมื่อประมาณ 2,000 ปีมาแล้ว หรือยุคเริ่มต้นของคริสต์ศักราชแสดงให้เห็นชัดเจนว่ามนุษย์รู้จักการทำเครื่องเคลือบดินเผาก่อนการทำแก้ว เกือบ 3,000 ปี (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537: 2)

###### 1.1.1 ประเภทของน้ำเคลือบ

1.1.1.1 น้ำเคลือบสามารถแบ่งตามอุณหภูมิในการเผาได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ เคลือบอุณหภูมิต่ำ (Low Temperature Glaze) อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 800 – 1,100 องศาเซลเซียส เคลือบอุณหภูมิปานกลาง (Medium Temperature Glaze) อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ

ประมาณ 1,150 – 1,200 องศาเซลเซียส และเคลือบอุณหภูมิสูง (High Temperature Glaze) อยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 1,230 – 1,300 องศาเซลเซียส

1.1.1.2 ในการจำแนกลักษณะของเคลือบที่สามารถมองเห็นและสัมผัสได้นั้นสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

ก. เคลือบใส (Transparent Glaze) เป็นเคลือบที่มีผิวมัน นิยมใช้กับภาชนะ ที่เขียนสีได้เคลือบ และเป็นเคลือบพื้นฐานสำหรับใส่ออกไซด์ (Oxide) และสีสำเร็จรูป (Stain)

ข. เคลือบทึบ เป็นเคลือบสีขาวหรือสีอื่นๆและแสงไม่สามารถผ่านได้ มีวัตถุดิบ ที่ใช้ในการทำทึบ ได้แก่ ทินออกไซด์(Tin Oxide) เซอร์โคเนียมซิลิเกต(Zirconium Silicate) ซิงก์ออกไซด์(Zinc Oxide) และไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium Dioxide)

ค. เคลือบด้าน เป็นเคลือบที่มีพื้นผิวที่ไม่เรียบลื่น มีสีแบบต่างๆกันออกไป สามารถเผาได้ในทุกอุณหภูมิ ลักษณะโดยทั่วไปแล้วจะเป็นเคลือบที่สุกตัวไม่ร้อนหลุดได้มีส่วนผสมของอะลูมินา(Alumina) หรือ แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) หรืออัตราส่วนของซิงก์ออกไซด์ (Zinc Oxide) มากเกินความจำเป็น เป็นต้น

ง. เคลือบราน (Crackle Glaze) เป็นลักษณะของเคลือบที่เกิดจากสัมประสิทธิ์การหดตัวของเนื้อดิน และเคลือบมีความแตกต่างกัน โดยมากเกิดขึ้นในดินสโตนแวร์และดินปอร์ซเลน มีลักษณะการรานตัวที่ชั้นผิวของเคลือบมีลวดลายเป็นลายตาข่าย ถี่ หรือห่างแตกต่างกันที่ความหนาของเคลือบ และสูตรเคลือบ

จ. เคลือบผลึก (Crystalline Glaze) เกิดจากการตกผลึกของเคลือบระหว่าง การเย็นตัว แบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิด คือ เคลือบผลึกใหญ่ที่ฝังอยู่ที่ผิวหรือในผิวเคลือบ และผิวเคลือบ อะเวนจูริน (Aventurine) ซึ่งเป็นเคลือบผลึกเล็กเตี้ยที่กระจายอยู่บนผิวมีความแวววาวเคลือบผลึกจะเป็นเคลือบที่ไหลตัวมากควรวางในภาชนะรองเพื่อป้องกันไม่ให้เคลือบไหลติดแผ่นรองเตา ช่วงเวลาการเย็นตัวของเคลือบมีความสำคัญมาก จะต้องมีการแช่ไว้ที่อุณหภูมิหลายชั่วโมงก่อนจะทำให้เย็นลงช้าๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปในการแช่อุณหภูมิ ซึ่งต้องอาศัยการจดบันทึก ในแต่ละช่วงอุณหภูมิในการเผา เพื่อให้ได้ผลึกที่ดีมีคุณภาพ

ฉ. เคลือบประกายมุก (Luster Glaze) ลัสเตอร์เป็นเคลือบผิวมัน มีประกายเหลือบแวววาว สดใส หรือเป็นประกายมุก สายรุ้ง หรือเงิน ทอง เผาในอุณหภูมิต่ำประมาณประมาณ 650 - 850 องศาเซลเซียส

1.1.2 พาליสซี (Bernard Palissy, ค.ศ. 1510-1590) ชาวฝรั่งเศสได้เขียนบันทึกเกี่ยวกับการทำเซรามิกโดยละเอียดไว้เป็นคนแรก สมัยนั้นการทำเครื่องเคลือบดินเผาจะทำในอุณหภูมิต่ำ หลังจากนั้นก็มีเวจด์วูด (Josiah Wedgwood) ชาวอังกฤษ (ค.ศ.1730 – 1795) สมัยก่อนที่จอร์จจ็องการเขียนสูตรเคลือบโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ ได้ทำการทดลองวัตถุดิบ ดิน และเคลือบไว้มากมาย พร้อมทั้งจดบันทึกไว้เป็นหลักฐาน และ เซเกอร์ (Seeger) ชาวเยอรมัน นับเป็นคนแรกที่สามารถวางกฎเกณฑ์ในการ

เขียนสูตรเคลือบตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งเขียนเป็นสูตรส่วนผสมทางเคมีขั้นสำเร็จ โดยใช้กฎในการแบ่งวัตถุดิบทางเคมีออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งวัตถุดิบในแต่ละกลุ่มนั้นมีคุณสมบัติดังนี้

1.1.2.1 กลุ่มด่าง (Basic oxide หรือ Alkali) ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในเคลือบช่วยให้เคลือบสามารถหลอมตัวได้เร็ว วัตถุดิบได้แก่ หินปูนมา หินปูน แมกนีเซียม ออกไซด์ บอแรกซ์ ตะกั่ว โซดาแอช และฟrit เป็นต้น

1.1.2.2 กลุ่มตัวกลาง (Amphoteric oxide) ทำหน้าที่เป็นตัวกลาง ช่วยประสานวัตถุดิบในกลุ่มตัวที่ 1 และกลุ่มที่ 3 ช่วยไม่ให้เคลือบไหล เช่น อะลูมินา ดินขาว

1.1.2.3 กลุ่มกรด (Acidic oxide) ทำหน้าที่เป็นตัวให้แก้ว และตัวทนไฟในเคลือบเช่น ซิลิกา ควอร์ต หินเขี้ยวหนุมาน ฟรินท์ (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537: 4)

การคำนวณสูตรของเซเกอร์ (Segger) เป็นการคำนวณในการหาสูตรเคลือบซึ่งมีความละเอียดมาก สามารถใช้วัตถุดิบในการทำเคลือบได้หลายชนิด เพื่อลดและเพิ่มอุณหภูมิตามความต้องการ โดยมีสัดส่วนเป็นร้อยละ เพื่อการทดลองให้เห็นถึงความเป็นไปได้ของเคลือบ ทั้งนี้ผู้ใช้จะต้องมีความรู้และทราบคุณสมบัติของวัตถุดิบทางเซรามิกส์ อย่างเข้าใจ จนสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีเหตุผล เพื่อคาดคะเนผลความน่าจะเป็นเบื้องต้นได้อย่างชัดเจน

### 1.1.3 วัตถุประสงค์ของการเคลือบ

ในการเคลือบบนเครื่องปั้นดินเผาจะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมในการเคลือบเนื่องจากชิ้นงานแต่ละประเภทนั้นมีความแตกต่างกันไปตามประโยชน์ใช้สอย รูปทรง หรือเพื่อเป็นการทำให้เกิดความงาม หรือเพื่อเพิ่มคุณสมบัติให้ดีขึ้น สามารถแยกตามวัตถุประสงค์ได้ดังนี้

1.1.3.1 เพื่อเพิ่มความสวยงาม ตามสุนทรียะทางศิลปะเครื่องเคลือบดินเผา และทำให้เกิดคุณค่าในความคงแท้ของผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา อย่างสมบูรณ์

1.1.3.2 เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดได้ง่าย จากผิวเคลือบที่ดูมันเรียบง่ายต่อการเช็ดล้าง

1.1.3.3 เพื่อให้ทนต่อการกัดกร่อนของกรด ด่าง และสารเคมีไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ เช่นภาชนะใส่ยา สารเคมี และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

1.1.3.4 เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ทนทาน ทนต่อสารเคมีและการเสียดสี

### 1.1.4 วัตถุดิบในการทำน้ำเคลือบ (Raw Materials)

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำน้ำเคลือบ ส่วนมากเป็นวัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียวเป็นวัตถุดิบที่มาจากหิน และแร่ต่างๆ ทั้งที่มีพิษหรือไม่มีพิษ โดยส่วนมากแล้วการได้รับพิษจากวัตถุดิบจะได้รับจากการสูดดมเป็นเวลานาน หรือการกินเข้าไป นอกจากวัตถุดิบบางชนิด เช่นตะกั่ว และวัตถุดิบที่สามารถ

ละลายน้ำได้เท่านั้นที่สามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าไปได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณที่ได้รับเข้าไป จะมีหลายอาการให้พบเห็น ตั้งแต่เวียนหัวอาเจียน ท้องเสียและถึงขั้นไตวายเสียชีวิตได้ เช่น สารพิษจากตะกั่ว เป็นต้น หากมีความระมัดระวังและมีเครื่องป้องกันต่อการจับต้องสารเคมีต่างๆ ก็สามารถทำให้ได้รับพิษน้อย แต่จะเป็นการสะสมแทน ซึ่งอาจแสดงอาการในช่วงเวลาหลังจากได้รับพิษเป็นเวลานาน หรือสำหรับผู้ที่มีการแพ้อย่างรุนแรงเท่านั้นที่จะแสดงผลในเวลาระยะสั้น จึงควรหลีกเลี่ยงวัตถุดิบที่มีอาการแพ้หรือเปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงแทน ทั้งนี้แล้วการระมัดระวังในการสัมผัสน่าจะเป็นสิ่งที่ดีที่สุด

### 1.1.5 วิธีการเคลือบ (Glazing)

การเคลือบ เป็นการนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาเคลือบด้วยน้ำเคลือบที่เตรียมไว้ ซึ่งจะเคลือบให้มีความหนาประมาณ 0.2-0.5 มม. หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับชนิดของเคลือบ ในการเคลือบผลิตภัณฑ์ ต้องมีความเข้าใจรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ทั้งขนาด รูปทรง รายละเอียดและความเหมาะสมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการเคลือบผลิตภัณฑ์มีหลายแบบ ได้แก่ วิธีการชุบเคลือบ วิธีการพ่น วิธีการเทราด และวิธีการทา โดยวิธีการชุบเคลือบหรือจุ่ม (Dipping) เป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายที่สุด โดยการนำชิ้นงานชุบหรือจุ่มลงไปเคลือบแล้วนำขึ้น ซึ่งชิ้นงานจะต้องมีขนาดที่พอเหมาะกับปริมาณของเคลือบ และขนาดของภาชนะบรรจุเคลือบ ส่วนมากจะมีขนาดเล็ก หรือขนาดที่พอเหมาะ เช่น แก้วน้ำ จาน ชาม หรือของชำร่วยขนาดเล็ก จะทำให้ชิ้นงานเคลือบได้ทั่วถึงเท่ากันทั้งชิ้นงาน แต่ต้องคำนึงถึงรอยนิ้วมือที่อาจเกิดขึ้นจากการจับ หรืออาจใช้คีมขนาดเล็กคีบงานชุบเคลือบ จะทำให้ตำหนิตลง และควรเช็ดชิ้นงานให้สามารถดูดซึมน้ำเคลือบได้ดี อย่าให้เปียกจนชุบเคลือบไม่ติด

### 1.2 เนื้อดินปั้น (Body) มีผู้นิยามความหมายของเนื้อดินปั้นไว้หลายท่าน ได้แก่

โกมล รัชวงศ์ (2531 : 126) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นจึงเป็นการนำดินชนิดต่างๆมาผสมเข้าด้วยกันหรือ การผสมดินกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ในสมัยก่อน การทำเนื้อดินปั้นจะทำมาจากดินธรรมชาติ ที่มีความเหนียวพอมาขึ้นรูปได้ เป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆตามความต้องการ เริ่มทำจากการทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่มีการเคลือบนับเป็นเวลาพันๆ ปี จนกระทั่งสมัยศตวรรษที่ 10 จีนได้มีความก้าวหน้าในการทำเครื่องปั้นดินเผาสามารถทำเนื้อดินปั้นชนิดพิเศษขึ้นได้ เรียกว่า เนื้อดินปั้นพอร์สเลน (Porcelain)

ทวี พรหมพุกษ์ (2523 : 16) กล่าวว่า การเตรียมเนื้อดินในสมัยก่อน ส่วนมากเตรียมได้จากดินเหนียวธรรมดาโดยทั่วไป นิยมใช้ดินในท้องถิ่น ดินเมื่อยังไม่เผามากมีสีน้ำตาลเข้ม สีเทาแก่ ลักษณะที่สำคัญส่วนมากเนื้อดินละเอียด แข็งช้า แต่มีความเหนียวดี (Plasticity) เมื่อนำไปเผาแล้วจะให้สีน้ำตาลอ่อนเหมาะแก่การขึ้นรูปในลักษณะต่างๆ เช่นการขึ้นรูปแบบอิสระ แบบขุด แบบแผ่น ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน แบบวิธีกดพิมพ์ เป็นต้น ดินประเภทนี้มีเปอร์เซ็นต์ของเหล็ก (Iron) สูง ไม่นิยมทำผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว

ปริดา พิมพ์ขาวขำ (2539 : 125) กล่าวถึง ความหมายของเนื้อดิน เนื้อดินปั้น หมายถึง เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสม อาจมีดินล้วนๆ หรือ ดินร้อยเปอร์เซ็นต์ แต่ส่วนมากแล้วจะมีวัสดุอื่นผสมอยู่ด้วย เช่นเดียวกับเนื้อดินปั้นที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ อาจมีเนื้อวัสดุชนิดเดียว หรือวัสดุหลายชนิดผสมกัน

Singer (1963 : 396) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นอาจใช้ดินล้วนๆที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่ง มีอยู่ทั่วไป หรืออาจจะเตรียมขึ้นจากการนำเอาดิน หินฟืนม้า หินเขียวหนุมาผสมกัน แล้วหาสัดส่วนที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุดสำหรับการทำผลิตภัณฑ์

Rhodes (1974 : 24) กล่าวว่า เนื้อดินปั้นหมายถึง ดินตามธรรมชาติ หรือการนำเอาดินในธรรมชาติไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ เพื่อให้ได้เนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่น การเพิ่มความเหนียว การเพิ่มความโปร่งแสงภายหลังการเผา

## 2. วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบและสารเคมีที่เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และเคลือบสำหรับนำไปผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์นั้น ผู้วิจัยได้กำหนดให้ใช้ ซีถ้าเกลบ ดินขาวระนอง หินฟืนม้า หินเขียวหนุมา เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะแตกต่างกัน แต่เมื่อรวมกันแล้วก่อให้เกิดประโยชน์ซึ่งกันและกันได้ โดยวัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.1 ซีถ้าเกลบ คือ เกลบดิบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส แล้วนำมาบดและแช่น้ำแยกวัตถุเจือปนจนได้ซีถ้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งซีถ้าเกลบจะต้องมีสีเทาปนขาวเมื่อสัมผัสแล้วมีลักษณะเบาบาง จากนั้นนำมาเป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบสามารถหาได้จากแหล่งโรงสีข้าวทั่วไป

2.2 ดินขาวระนอง มีสูตรทางเคมีคือ  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  ดินขาวมีอยู่หลายชนิดแตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่บนผิวโลก ส่วนใหญ่เป็นดินที่เกิดอยู่ในแหล่งผุพังของหินเดิม เป็นดินที่มีรูปผลึกเป็นแผ่นหกเหลี่ยม เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 – 10.0 ไมครอน มีขนาดเม็ดหยาบ มีความเหนียวต่ำ ความหดตัวน้อย ความแข็งแรงสูงหลังเผา ประกอบไปด้วยแร่กาลินไนท์มากกว่าดินชนิดอื่น ๆ ดินขาวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมเซรามิกส์ อุตสาหกรรมการทำสี อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมยาฆ่าแมลง อุตสาหกรรมปุ๋ย อุตสาหกรรมยาง และผสมในปูนซีเมนต์ เป็นต้น ดินขาวมีความบริสุทธิ์สูง เผาแล้วได้สีขาวบริสุทธิ์ นิยมนำมาทำผลิตภัณฑ์ พอร์สเลน โบราณ และผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่มีเนื้อสีขาวทุกชนิด แหล่งดินขาวในประเทศไทยที่สามารถนำมาใช้ทำเซรามิกส์ มีหลายแหล่ง ได้แก่ ระนอง ชุมพร และนราธิวาส เป็นต้น ดินขาวระนองเป็นดินคุณภาพปานกลาง ซึ่งเป็นแร่กาลินไนท์ มีความบริสุทธิ์ และความขาวมากกว่าดินขาวลำปาง ดินขาวลำปางมีแร่ไมก้าเป็นส่วนประกอบหลัก มีแร่กาลินไนท์ประกอบอยู่เป็นส่วนน้อย หรือแร่กาลินไนท์มีคุณภาพต่ำ ดินขาวระนองมีปริมาณของเหล็ก

และไททาเนียมต่ำ ดินดิบสีครีมอมเหลืองเมื่อเผาแล้วขาวบริสุทธิ์ นิยมใช้ทำเนื้อดินพอร์สเลน หรือผสมในเนื้อวัสดุทนไฟ และใช้เป็นวัตถุดิบในน้ำเคลือบ มีความทนไฟประมาณ 1,500 องศาเซลเซียส (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์, 2541 : 41 - 45)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ดินขาวระนองเนื่องจาก เป็นดินขาวที่มีในประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบกับดินแหล่งต่าง ๆ ในประเทศจัดว่าคุณภาพสูงกว่าดินแหล่งอื่น ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับการใช้ดินขาวจากต่างประเทศ มีสมบัติทางด้านความขาว มีปริมาณของเหล็กและไททาเนียมต่ำ ซึ่งมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังมีความทนไฟไม่สูงมากนัก

2.3 หินฟันม้า เป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายหรือตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) นำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ เพื่อเป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่นๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง หินฟันม้าเป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เป็นสารประกอบของแอลคาไลน์ อะลูมิเนียม ซิลิเกต (Alkaline Aluminuim Silicate) ที่ใช้สะดวกที่สุดเมื่อต้องการเติมสารจำพวกแอลคาไลน์ (Alkalies) ที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้า ได้แก่ โพแทสเซียมออกไซด์ ( $K_2O$ ) โซเดียมออกไซด์ ( $Na_2O$ ) และสารจำพวกแอลคาไลน์เอิร์ท (Alkaline Earths) ที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้าเช่นกัน ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ ( $CaO$ ) แบเรียมออกไซด์ ( $BaO$ ) ซึ่งไม่ละลายน้ำ เนื่องจากอัลคาไลน์ ในหินฟันม้าจะมีก้อนโต แต่ถ้าเป็นผงละเอียดแล้วอาจละลายน้ำได้บ้าง ปริมาณแอลคาไลน์ในหินฟันม้าจะต่ำลงได้ถ้าบดหินฟันม้าเหล่านั้นโดยวิธีเปียก แอลคาไลน์ บางส่วนจะละลายไปกับน้ำ แอลคาไลน์ ที่มีอยู่ในหินฟันม้าจะลดจุดหลอมตัวของหินฟันม้าเหล่านั้นให้ต่ำลง ดังนั้นเมื่อมีหินฟันม้าอยู่ในส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบจะทำให้เนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบนั้นมีอุณหภูมิในการเผาต่ำลงเนื่องจากหินฟันม้าหลอมตัวได้ง่าย เมื่อหลอมตัวแล้วมีลักษณะเป็นแก้ว เมื่อเผาเป็นของเหลว อุณหภูมิซึ่งหินฟันม้าอ่อนตัวและหลอมเหลวนั้นขึ้นอยู่กับสมบัติ ชนิด และปริมาณของสารจำพวกแอลคาไลน์ ได้แก่ โพแทสเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และสารจำพวกแอลคาไลน์เอิร์ท ได้แก่ แคลเซียมออกไซด์ แบเรียมออกไซด์ รวมทั้งสิ่งเจือปนต่างๆ และขนาดของอนุภาคหินฟันม้าอีกด้วย

สมบัติทั่วไปของหินฟันม้า คือ เมื่อหลอมตัวแล้วมีลักษณะมันคล้ายไข่มุก สิ่งที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสิ่งเจือปนต่างๆ จากสีขาว สีครีม สีชมพู สีเหลืองน้ำตาล สีเทา สีเขียว และออกสีน้ำเงิน อาจโปร่งใสหรือมีลักษณะขุ่นๆ ก็ได้ รอยแตกของมันจะมีลักษณะคล้ายแก้วทั่วๆ ไป และเป็นตัวหลอมละลายที่อุณหภูมิสูง หินฟันม้าที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ได้แก่

2.3.1 Potassium Feldspar ( $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) ชื่อสามัญ Orthoclase หรือ Microline มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นและเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เพราะมีช่วงเย็นด้วยยาวกว่า โซดาเฟลด์สปาร์

2.3.2 Soda Feldspar ( $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ) ชื่อสามัญ Albeit มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิประมาณ 1,170 องศาเซลเซียส ใช้ในการผสมเนื้อดินปั้นหรือน้ำเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และใช้

เป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของการผลิตแก้วชนิดต่างๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันเนื่องจาก Soda Feldspar เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิที่ต่ำกว่า Potassium Feldspar (สมศักดิ์ ขวาลาวณิชย์. 2549 : 48 - 49)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้หินฟีนมาชนิด Potassium เนื่องจาก เป็นหินฟีนมา ที่มีจุดหลอมตัวที่อุณหภูมิและช่วยเพิ่มความคงทนให้ผิวเคลือบได้แข็งแรงมากกว่าหินฟีนมาชนิด Soda

2.4 หินเขี้ยวหนุมาน ฟลินต์ (Flint) หรือ ซิลิกา (Silica) หรือควอตซ์ (Quartz) ซึ่งได้จาก หินทราย ผงทราย หรือกรวดหิน มีสีดำ สีเทา สีชมพู เป็นวัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าวัตถุดิบอื่น ไม่ละลายน้ำ หาง่าย ราคาถูก ช่วยเพิ่มจุดหลอมให้เคลือบ มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,710 องศาเซลเซียส ใช้เป็นส่วนผสมในเคลือบทำให้เคลือบมีความแข็งแรง มีความเป็นแก้วและ มันวาว

### 3. การเตรียมวัตถุดิบ และกรรมวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การเตรียมวัตถุดิบเริ่มต้นจากการหาส่วนผสมของวัตถุดิบ ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งสำคัญมากสำหรับการทดลองเนื้อดินปั้น หรือน้ำเคลือบ ดังที่มีนักวิชาการหลายท่านกล่าวถึงวิธีการหาส่วนผสมของวัตถุดิบหลายแบบซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ อัตราส่วนผสมของเคลือบเลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 36 อัตราส่วนผสม และอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น เลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า ได้อัตราส่วนผสมทั้งหมด 16 อัตราส่วนผสม โดยการบดผสมวัตถุดิบในแต่ละอัตราส่วนผสมด้วยโกร่งบด และเลือกใช้หม้อบดขนาด 2 กิโลกรัม ในการบดผสมน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้นที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ชนิดละ 1 อัตราส่วนผสม

กระบวนการผลิตเซรามิกส์ การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จัดเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนในการแปรสภาพวัตถุดิบหรือเนื้อดินให้ออกมาเป็นรูปผลิตภัณฑ์ การกำหนดหรือเลือกวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมหลายประการ เช่น ปริมาณการผลิต รูปทรงของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายการผลิต และความเหมาะสมของวัตถุดิบ โดยทั่วไปการเตรียมวัตถุดิบต้องสอดคล้องกับวิธีการขึ้นรูป Singer (1978 : 716) ได้แบ่งวิธีการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ เป็น 5 ประเภท ดังนี้

- 3.1 การขึ้นรูปด้วยน้ำดินเหลว เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อกลง
- 3.2 การขึ้นรูปด้วยดินชั้นหนืด เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อโดยใช้แรงดัน
- 3.3 การขึ้นรูปด้วยดินเหนียว เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีอิสระ วิธีปั้นหมุน และวิธีการขึ้นรูปด้วยใบมีด
- 3.4 การขึ้นรูปด้วยดินผงขึ้น เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยวิธีอัด
- 3.5 การขึ้นรูปด้วยดินผงแห้ง เหมาะกับการขึ้นรูปโดยใช้แรงดันทุกทิศทาง

การขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบต้องอาศัยพิมพ์ที่ทำจากปูนปลาสเตอร์ (Plaster mold) เป็นหลักเพราะปูนปลาสเตอร์จะช่วยคูดน้ำออกจากน้ำดินให้แห้งและคงรูปอยู่ตามแบบพิมพ์ การหล่อแบบแบ่งเป็น 2 วิธีคือ การหล่อแบบกลวงเป็นการหล่อที่ทำได้โดยการเทน้ำดินลงไปแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้เต็มและทิ้งไว้ในแบบจนได้ความหนาตามต้องการแล้วจึงระบายน้ำดินออกจากแบบพิมพ์ และการหล่อแบบตัน การทำผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำดินลงในแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ให้เต็ม และปล่อยให้ น้ำดินแห้งและแข็งตัวในแบบจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างลักษณะเป็นทรงตันที่ต้องการ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการขึ้นรูปขึ้นทดลองด้วยวิธีการหล่อตัน และรูปผลิตภัณฑ์ตัวอย่างด้วยวิธีการหล่อแบบกลวง เนื่องจากการหล่อแบบจะได้ชิ้นงานที่เท่ากัน เหมือนกัน และยังสามารกำหนดความหนา ของผลิตภัณฑ์ได้สม่ำเสมอ

#### 4. เตาเผา และบรรยากาศในการเผา

4.1 เตาเผา (Kiln) เป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็น และสำคัญมากในงานด้านเซรามิกส์เพราะต้องใช้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานะของผลิตภัณฑ์ทั้งด้านเคมี และฟิสิกส์ เตาเผาที่ใช้กันในปัจจุบันนั้นได้มีการพัฒนาให้เหมาะสมกับความต้องการ มีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ควบคุมสะดวก ปลอดภัย มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป (ทวี พรหมพฤกษ์, 2525 : 11) เตาเผา สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะต่าง ๆ ได้หลายชนิด แบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิงได้ดังนี้

4.1.1 เตาแก๊ส เป็นเตาที่สามารถเผาได้อุณหภูมิสูง และปรับบรรยากาศภายในเตาได้ นิยมใช้มากในระบบอุตสาหกรรมเพราะเมื่อเทียบกับเตาชนิดอื่น ๆ แล้ว เป็นเตาที่ค่อนข้างประหยัดค่าใช้จ่าย

4.1.2 เตาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีความสะดวกสบาย ควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูงเผาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำไปจนกระทั่งอุณหภูมิสูง และเร่งอุณหภูมิให้เพิ่มขึ้นได้ตามต้องการ เผาได้สะดวกไม่มีเปลวไฟ และควัน ใช้ขดลวดต้านทานในการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าให้เป็นความร้อนทำให้เผาได้อย่างสะดวกที่สุด และสามารถเผาได้เฉพาะบรรยากาศแบบออกซิเดชันเท่านั้น

4.1.3 เตาฟืน เป็นเตาที่นิยมอย่างแพร่หลายในอดีต ปัจจุบันความนิยมลดลง เนื่องจากหาฟืนได้ยาก และมีราคาแพงขึ้น อีกทั้งคุณภาพในการเผาค่อนข้างยุ่งยาก จึงไม่เหมาะกับการเผาที่ต้องการความเที่ยงตรง

4.1.4 เตน้ำมัน เป็นเตาที่เคยได้รับความนิยมมากระยะหนึ่ง ภายหลังความนิยมลดลงเนื่องจากตัวเตามีขนาดใหญ่ ลงทุนสูง ราคาน้ำมันสูง เมื่อเทียบกับเตาที่ใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอีกทั้งการควบคุมก็ค่อนข้างยุ่งยาก การเผาต้องฉีดกระจายน้ำมันให้เป็นฝอยโดยใช้แรงดันของลมตลอดเวลา

4.2 บรรยากาศในการเผา มี 3 แบบ (ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ, 2538 : 91) คือ

4.2.1 บรรยากาศออกซิเดชัน (Oxidation Firing) เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ และใช้ออกซิเจนมากเกินไปซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีออกซิเจนเหลืออยู่ ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้



4.2.2 บรรยากาศรีดักชัน (Reduction Firing) เป็นการเผาที่มีการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ ในเตาเผาใช้ออกซิเจนไม่เพียงพอ ซึ่งเมื่อเกิดการเผาไหม้แล้วจะมีคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เหลืออยู่ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้



4.2.3 บรรยากาศนิวทรัล (Neutral Firing) เป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ และไม่มีออกซิเจนเหลืออยู่เลยเป็นการเผาไหม้ที่พอดี ดังปฏิกิริยาการเผาไหม้



ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เตาเผาแก๊ส เพราะเป็นเตาที่สามารถควบคุมการเผาได้ทั้งในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชันได้ดีที่สุด

## 5. การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของวัสดุดิบ เนื้อดินปั้นและเคลือบ

การวิเคราะห์และทดสอบสมบัติของวัสดุดิบ เนื้อดินปั้นและเคลือบ มีความสำคัญมากในการผลิตผลิตภัณฑ์และการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน สามารถอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่

### 5.1 ลักษณะของวัสดุดิบ ได้แก่ ความละเอียดของวัสดุดิบ

ความละเอียดของวัสดุดิบมีจำนวนขนาดที่แตกต่างกันมาก คือ การกระจายความละเอียด (Particle Size Distribution) นั้นเอง โดยทั่วไปเราแบ่งความละเอียดออกเป็น 3 พวกใหญ่ คือ

5.1.1 พวก Non – Colloidal Size สามารถแบ่งย่อยออกเป็น 2 พวก คือ Sieve Size ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 44 ไมโครเมตร สามารถหาได้โดยใช้ตะแกรงขนาดต่าง ๆ และ Sub Sieve Size ได้แก่ อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 44 ไมโครเมตร แต่ใหญ่กว่า 0.2 ไมโครเมตรสามารถหาได้โดยใช้วิธีการตกตะกอนตามหลักของ Stoke' Law

5.1.2 ขนาด Colloidal Size เป็นขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า 0.2 ไมโครเมตร จนถึง 0.001 ไมโครเมตร สามารถหาได้โดยการใช้สารละลายเมททีลีน บลู

5.1.3 ขนาดโมเลกุล เป็นขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า 0.001 ไมโครเมตร สามารถวัดได้โดยใช้เครื่อง Micromeritics (ประจักษ์ สาสีสิทธิ์. 2541 : 20-27)

วิธีการทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ ใช้การทดสอบ แบบ Sieve Size เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่หาได้ง่าย สะดวก และไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ซึ่งมีวิธีการทดสอบดังนี้ ไพจิตร อังศิริวัฒน์. (2541 : 251-252) นำวัตถุไปบดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง 500 กรัม กรองผ่านตะแกรงระบบสันสะเทือน ตามขนาดความละเอียดที่ต้องการ โดยให้ตะแกรงที่มีเบอร์หยาบสุดอยู่ด้านบน ปิดฝาครอบขณะตะแกรงทำงาน และนำวัตถุที่ค้างบนตะแกรง แต่ละเบอร์มาชั่งน้ำหนักนำไปคำนวณอัตราส่วนเป็นร้อยละ ดังสมการ 2.1

$$\text{ปริมาณของวัตถุที่ผ่านตะแกรง (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักแห้ง} - \text{วัตถุค้างตะแกรง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100 \quad (2.1)$$

## 5.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้น

### 5.2.1 ความสามารถในการขึ้นรูป

เป็นการทดสอบความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ โดยปกติดินที่นำมาขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อนั้น จำเป็นต้องเตรียมกับน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม การกระจายตัวที่ดีจึงจะมีคุณสมบัติการไหลตัวที่ดี ทำให้หล่อง่าย การพิจารณาความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ จึงพิจารณาจากความยากง่ายในการถอดชิ้นงานออกจากพิมพ์ ไม่ติดพิมพ์ ไม่แตกร้าว หรือเกิดการสูญเสียในการผลิต (วิลาวัลย์ จินวรรณ. 2546 : 72)

### 5.2.2 การหดตัว

การทดสอบหาการหดตัวของดินสามารถที่จะวัดได้ 2 ขั้นตอนคือ การหดตัวเมื่อแห้งก่อนการเผา และการหดตัวหลังจากการเผา การหดตัวเมื่อแห้งจะขึ้นอยู่กับความเหนียวและความละเอียดของดิน ส่วนการหดตัวหลังการเผาบ่งบอกถึงความทนไฟของเนื้อดินหรือความสุกตัวของเนื้อดิน โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกทดสอบการหดหลังเผาเท่านั้น ซึ่งการทดสอบการหดตัวหลังเผา มีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

นำแท่งทดลองข้างต้นไปทำการเผาที่ โคน 6 เมื่อเสร็จนำออกมาวัดความยาว ความกว้าง ความหนา และชั่งน้ำหนักจนบันทึกไว้ แล้วนำมาคำนวณหาค่าการหดตัวหลังเผา เป็นร้อยละ ตามสมการ 2.2 ดังนี้ (โกลล รัชวงศ์, 2531:106 )

$$\text{การหดตัวหลังเผา} = \frac{\text{ความยาวก่อนเผา} - \text{ความยาวหลังเผา}}{\text{ความยาวก่อนเผา}} \times 100 \quad (2.2)$$

5.2.3 ความแข็งแรง เป็นสมบัติที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถต่อแรงกระทบหรือแรงกดต่างๆ ที่กระทำต่อผลิตภัณฑ์ แบ่งได้ 2 ชนิด คือ (Andrews, 1957 : 43-44)

5.2.3.1 ความแข็งแรงก่อนเผา (Green Strength) เป็นคุณสมบัติที่แสดงให้เห็นถึงความทนทานต่อแรงที่มากระทบกระเทือนหรือแรงกด เป็นคุณสมบัติของเนื้อดินปั้นที่สำคัญอย่างหนึ่ง ก่อนทำการเผา เพราะถ้าเนื้อดินปั้นไม่มีความแข็งแรง เมื่อผลิตภัณฑ์แห้งจะทำให้เปราะแตกหักได้ง่าย ถ้ามีการจับต้องหรือเคลื่อนย้าย

5.2.3.2 ความแข็งแรงหลังเผา (Fired Strength) เป็นคุณสมบัติที่แสดงให้เห็นถึงความทนทานต่อแรงที่มากระทบกระเทือน หรือแรงกดแก่ผลิตภัณฑ์ภายหลังการเผา

การทดสอบความแข็งแรงในปัจจุบันนิยมทดสอบด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแรงเป็นระบบไฟฟ้า สามารถควบคุมความเร็วของลิ้มที่ตกลงมาได้สม่ำเสมอทุกครั้ง จึงค่อนข้างได้มาตรฐาน หากต้องทดสอบด้วยแบบเดิมก็สามารถใช้สมการในการคำนวณดังนี้

สมการสำหรับ คำนวณหาค่าความแข็งแรงของแท่งทดสอบสี่เหลี่ยม แสดงดังสมการ 2.3

$$MOR = \frac{3LD}{2bd^2} \quad (2.3)$$

โดย	MOR	คือ ค่าความแข็งแรง (kg/cm <sup>2</sup> )
	L	คือ ค่าน้ำหนักแรงกดที่หัก (kg)
	D	คือ ระยะห่างของลิ้มที่รองรับแผ่นทดสอบ (cm)
	b	คือ ความกว้างของแผ่นทดสอบ (cm)
	d	คือ ความหนาของแผ่นทดสอบ (cm)

#### 5.2.4 การดูดซึมน้ำ

การดูดซึมน้ำสามารถบอกให้ทราบว่า ชี้นทดสอบ และผลิตภัณฑ์เผาถึงจุดสกตัวหรือไม่ หากเนื้อมีความพรุนตัวมากจะดูดซึมน้ำได้มาก และถ้าเนื้อมีความพรุนตัวน้อยจะดูดซึมน้ำได้น้อย และสำคัญอย่างยิ่งถ้าผลิตภัณฑ์ที่นำไปใช้งานที่เกี่ยวข้องโดยตรง หรือสัมผัสกับน้ำเสมอต้องไม่ควรมีการดูดซึมน้ำ

##### วิธีการหาค่าการดูดซึมน้ำ

5.2.4.1 นำชี้นทดสอบที่ผ่านการเผาตามอุณหภูมิที่กำหนดแล้วมาชั่งน้ำหนักและจดบันทึกไว้

5.2.4.2 นำชี้นทดสอบไปต้มในน้ำรอนจนกระทั่งน้ำเดือดจึงเริ่มจับเวลา แล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง และทิ้งชี้นสอบไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง โดยน้ำต้องท่วมชี้นทดสอบตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มต้ม

5.2.4.3 นำชี้นทดสอบมาชั่งน้ำหนักออกด้วยผ้าช้อน ชั่งน้ำหนักจดบันทึกไว้และนำมาคำนวณ (Rhodes, 1974 : 200) ดังสมการ (2.4)

$$A = \frac{W - D}{D} \times 100 \quad (2.4)$$

โดย A คือ ร้อยละการดูดซึมน้ำ

W คือ น้ำหนักชี้นทดสอบที่ผ่านการต้มจนอิ่มตัว

D คือ น้ำหนักชี้นทดสอบที่แห้ง

#### 5.2.5 ความหนาแน่น

ความหนาแน่นมีความสำคัญอย่างยิ่งเช่นกัน การทดสอบความหนาแน่นของเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผาสามารถทดสอบได้ดังนี้

5.2.5.1 นำชี้นทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส แล้วชั่งน้ำหนักจดบันทึกไว้

5.2.5.2 นำชี้นทดสอบไปต้มในหม้อต้มอัดความดันนาน 2-3 ชั่วโมง หลังจากนั้นแช่น้ำไว้นาน 24 ชั่วโมง

5.2.5.3 นำชี้นทดสอบจากข้อ 5.2.5.2 ไปชั่งน้ำหนักในน้ำ (หาปริมาตร) จดบันทึกแล้วนำไปคำนวณตามสูตร (Singer, 1974 : 342) ดังสมการ (2.5)

$$D = \frac{M}{V} \quad (2.5)$$

โดย D	คือ ความหนาแน่น (g/cm <sup>3</sup> )
M	คือ น้ำหนักแห้งชิ้นทดสอบ (g)
V	คือ ปริมาตรชิ้นทดสอบ (cm <sup>3</sup> )

### 5.3 การวิเคราะห์ลักษณะของเคลือบ ประกอบด้วย

#### 5.3.1 ระดับความมันแวววาวของเคลือบ

5.3.1.1 เคลือบมัน (Gloss) มีลักษณะมันวาว เหมือนแก้วบางๆ ฉาบอยู่ที่ผิวของผลิตภัณฑ์

5.3.1.2 เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน (Semi Mat Glazes) ลักษณะของผิวเคลือบจะมีความแวววาวเล็กน้อย แต่ไม่ถึงกับมันวาว

5.3.1.3 เคลือบด้าน มีลักษณะผิวเคลือบด้านสนิท

#### 5.3.2 ความสมบูรณ์ของเคลือบ

เคลือบที่สมบูรณ์และสามารถเลือกมาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ได้นั้น จะต้องไม่มีตำหนิต่างๆ ดังต่อไปนี้

5.3.2.1 รูเข็ม มีลักษณะเป็นรูเล็กๆ ที่เกิดบนผิวเคลือบ ถ้ามีขนาดใหญ่เรียกว่า Blisters

5.3.2.2 การแตกร่อนตามริมขอบ เป็นปรากฏการณ์ที่เผาเคลือบแล้วเคลือบไม่ติดตามริมขอบของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเคลือบมีความเหนียวน้อย และมีสัมประสิทธิ์แห่งการขยายตัวน้อยกว่าเนื้อดินปั้น หรืออาจจะเกิดที่พวกไขมันติดที่ผิวผลิตภัณฑ์

5.3.2.3 การร่อนออกจากเนื้อดินปั้น เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบร้อนหลุดมาเป็นแผ่นๆ เกิดจากการแยกตัวของเนื้อดินโดยเด็ดขาด

5.3.2.4 การแยกตัวออกจากกันของเคลือบ เป็นปรากฏการณ์ที่เคลือบแยกออกจากกันคล้ายเคลือบเคลือบอื่นนี้ ทำให้เกิดรอยว่างไม่มีเคลือบติด

5.3.2.5 ผิวเคลือบด้านไม่ตรงตามความเป็นจริง เป็นตำหนิเคลือบที่เกิดจากการสูญเสียของส่วนผสมของเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเผาใหม่เกินทำให้สารบางอย่างที่ระเหยได้ง่ายระเหยไปหมด (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2534 : 37)

5.3.3 สีของเคลือบ ใช้วิธีการสังเกตด้วยตาเปล่า โดยใช้แถบวัดสีมาตรฐานช่วยเปรียบเทียบ

## 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โกมล รักษ์วงศ์ (ม.ป.ป.) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นสำหรับขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,225 องศาเซลเซียส มีคุณสมบัติทางด้านกายภาพหลังการเผาคือ มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 0.1 การหดตัวหลังเผาร้อยละ 13.8 เมื่อเผาในบรรยากาศการเผาไหม้แบบออกซิเดชัน มีสีขาว โดยอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ประกอบด้วย ดินขาวจังหวัดลำปางร้อยละ 25.8 ดินขาวจังหวัดระนองร้อยละ 19.2 ดินดำร้อยละ 14.3 หินเขียวหนุมานร้อยละ 30.0 หินฟันม้า จังหวัดราชบุรีร้อยละ 10.7 และโซเดียมซิลิเกตร้อยละ 0.3

สาทร ชนชาติภิญโญ. (2538 : 66-67) ได้ทำการทดลองทำภาชนะทนความร้อนชนิดเนื้อแน่นจากอัตราส่วนผสมระหว่างอลูมินา ดินขาว หินฟันม้า และดินเหนียว โดยทดลองอัตราส่วนผสมที่ได้จากตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่ามาทำการทดลอง ขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อ แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,280 องศาเซลเซียส จากนั้นทดสอบความทนไฟ ความพรุนตัว การหดตัว และการทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ผลการวิจัยพบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่สามารถนำมาผลิตภาชนะ มีอัตราส่วนผสมของ อลูมินา ดินขาว หินฟันม้า และดินเหนียว อยู่ในระหว่างร้อยละ 5-15 : 25-35 : 15-25 : 35-45 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการใช้งานของภาชนะตัวอย่าง สามารถใช้เป็นภาชนะประกอบอาหารได้ดีในลักษณะการอบ นึ่งไอน้ำ หรือใช้สัมผัสเปลวไฟโดยตรงด้วยการเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ

Zakin (1981) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส พบว่า อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบด้วยวัตถุดิบที่เป็นดิน ร้อยละ 90 และอีกร้อยละ 10 เป็นวัตถุดิบชนิดอื่น อัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ใช้ได้ผลดีมีอัตราส่วนผสมของดินขาวร้อยละ 20-30 ดินดำ และดินแดงร้อยละ 60-70 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5-10 และหินฟันม้าร้อยละ 5

Norton (1952) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่เผาในอุณหภูมิ 1,225-1,250 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวดี มีการหดตัวหลังเผาร้อยละ 13 การดูดซึมน้ำร้อยละ 5 เผาในบรรยากาศ ออกซิเดชันจะมีสีเทา มีอัตราส่วนผสมประกอบด้วย ดินขาวร้อยละ 47.5 ดินดำร้อยละ 30.0 และหินเขียวหนุมานร้อยละ 22.5

Chappell (1977) ได้ทดลองหาอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ที่เผาในอุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ขึ้นรูปด้วยแป้นหมุน ผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่มีความเหนียวดี มีการหดตัวร้อยละ 12.5 การดูดซึมน้ำร้อยละ 5 เผาในบรรยากาศออกซิเดชัน เนื้อดินจะมีสีน้ำตาล-ดำ

ประกอบด้วยดินแดง ร้อยละ 40 ดินขาว ร้อยละ 18 ดินดำ ร้อยละ 15 แมงกานีสไดออกไซด์ ร้อยละ 6  
ดินเบนโทไนต์ ร้อยละ 3 และเนฟทลีนไชนไนต์ ร้อยละ 2