

738.3

ส 283 ก

ร.3

การทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชร
เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา
ประเภทสโตนแวร์

ปริญญาโท

ของ

สมศักดิ์ วังศิริกุล

25 ก.ย. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

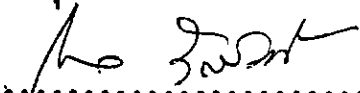
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา

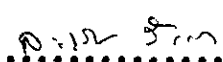
ธันวาคม 2534

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอก
อุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

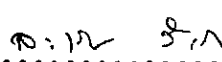
คณะกรรมการควบคุม

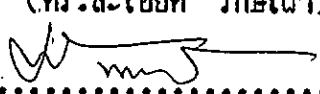
.....  ประธาน
(นศ. โจนด รักษ์วงศ์)

.....  กรรมการ
(ดร. ละเอียค รักษ์เนา)

คณะกรรมการสอบ

.....  ประธาน
(นศ. โจนด รักษ์วงศ์)

.....  กรรมการ
(ดร. ละเอียค รักษ์เนา)

.....  กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รศ. ทวี ทธมพฤษ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ.ดร. สมพร บัวทอง)

วันที่ ๒๔ เดือน ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๓๔

ประกาศคุณูปการ

ผลงานวิจัยฉบับนี้ได้รับความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ แก่ไข คุณแลและให้กำลังใจ อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์โกลด์ รัชวงศ์ และ ดร.ละเอียก รัชเณว รวมทั้ง รองศาสตราจารย์พรหมพฤกษ์ ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ข้อแก้ไขต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครู พระนคร และภาควิชาทัศนศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัย ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปด้วยความเรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ ดร.ทิพา เทพจักรพงศ์ และอาจารย์เพ็ญสิทธิ์ โพธิจินดา ที่กรุณา ตรวจสอบบทความภาษาอังกฤษ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณฉลวย ปานแดง ที่กรุณาจัดพิมพ์ผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จไปด้วยความเรียบร้อย

อนึ่ง ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและกำลังใจเป็นอย่างดียิ่งจาก คณะจารย์และกรรมการ บริหารหลักสูตรสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ทั้งจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน และวิทยาลัยครูพระนคร ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือ สนับสนุนและให้ กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณที่ทั้งหมคของงานวิจัยครั้งนี้ แก่ คุณพ่อ คุณแม่ และครู - อาจารย์ อันเป็นที่เคารพสูงสุดของผู้วิจัย

สมศักดิ์ วงศ์วิบูล

ธันวาคม 2534

สารบัญ

บทที่

หน้า

1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ข้อตกลงเบื้องต้น.....	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อคินั่น.....	11
	เนื้อคินั่นสโตนแวร์.....	17
	วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อคินั่นและน้ำเคลือบ.....	19
	การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อพิมพ์.....	26
	น้ำเคลือบ.....	30
	เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	34
	การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคิน.....	41
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	46
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	46
	ตัวแปร.....	54
	เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	54
	สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....	56
	การดำเนินการวิจัย.....	56

การวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
✓ สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร.....	68
ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินบนสโตนแวร์.....	70
ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนื้อดินบนสโตนแวร์กับการขึ้นรูปถ้วยวิธีการ หล่อพิมพ์และเคลือบเฟล็กส์ปาร์.....	78
5 สรุป อภิปรายผลและขอเสนอแนะ.....	86
✓ ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	86
กลุ่มตัวอย่าง.....	86
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	86
การดำเนินการวิจัย.....	87
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	89
X สรุปผลการวิจัย.....	90
X อภิปรายผล.....	92
ขอเสนอแนะ.....	94
บรรณานุกรม.....	96
ภาคผนวก.....	99
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	117

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 สารประกอบทางเคมีของดินแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร.....	21
2 สารประกอบทางเคมีของน้ำอึกบั้นสโตนแวร์.....	22
3 สารประกอบทางเคมีของดินขาวเขาปางกาจังหวัดลำปาง.....	23
4 สักส่วนของวัตถุที่ยึดสมในน้ำอึกบั้นแหล่งดินหมายเลข 1.....	49
5 สักส่วนของวัตถุที่ยึดสมในน้ำอึกบั้นแหล่งดินหมายเลข 2.....	50
6 สักส่วนของวัตถุที่ยึดสมในน้ำอึกบั้นแหล่งดินหมายเลข 3.....	51
7 สักส่วนของวัตถุที่ยึดสมในน้ำอึกบั้นแหล่งดินหมายเลข 4.....	52
8 สักส่วนของวัตถุที่ยึดสมในน้ำอึกบั้นแหล่งดินหมายเลข 5.....	53
9 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรก่อนการเผา.....	69
10 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรหลังการเผา.....	70
11 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำอึกบั้นสโตนแวร์ก่อนการเผา.....	71
12 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำอึกบั้นสโตนแวร์หลังการเผา.....	76
13 ความเหมาะสมของน้ำอึกบั้นสโตนแวร์กับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์และเคลือบ เฟล็กสปรู.....	84

ប័ណ្ណការព្រះករុណា

ภาพประกอบ	หน้า
1 ตารางสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของส่วนผสมเนื้อคินนัม.....	16
2 การกรอกน้ำหมักลงบนแท่งทกลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง.....	42
3 การทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทกลอง.....	43
4 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรส่วนผสมเนื้อคินนัม.....	47
5 จำนวนสูตรส่วนผสมเนื้อคินนัมของกินแต่ละแหล่ง.....	48
6 ลักษณะของแท่งทกลอง.....	57
7 การวางแท่งทกลองรูปท่อนักไฟ.....	58
8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนของกระบวนการทกลอง.....	61
9 แผนภูมิแสดงกระบวนการทกลองตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ คินนัมยวักแห้งทั้งหมด 5 แหล่ง.....	62
10 แผนภูมิแสดงกระบวนการทกลองตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ เนื้อคินนัมสโคโนวแห้ง 5 แหล่ง.....	63
11 แผนภูมิแสดงกระบวนการทกลองตอนที่ 3 ทดสอบความเหมาะสมกับการขึ้นรูป ถ้วยการหลอมพิมพ์และเคลือบเฟลคสปาร์.....	64
12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติ ทางกายภาพของเนื้อคินนัมบรรยากาศแบบออกซิเจน.....	101
13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติ ทางกายภาพของเนื้อคินนัมบรรยากาศแบบรีดักชัน.....	102
14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ บรรยากาศแบบออกซิเจน.....	104
15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ บรรยากาศแบบรีดักชัน.....	105

16	แผนที่จังหวัดกำแพงเพชรแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินที่นำมาวิจัย.....	107
17	แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 1.....	109
18	แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 2.....	110
19	แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 3.....	111
20	แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 4.....	112
21	แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 5.....	113

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมขั้นพื้นฐาน โดยการนำเอาทรัพยากรที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สันนิษฐานว่า ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตขึ้นครั้งแรกในประเทศไทย คือ เครื่องปั้นดินเผาแบบเชียง ซึ่งใช้เทคนิคแบบกรรมวิธีกรรมกรรม มีอายุประมาณกว่า 4,000 ปี (อนันต์ศักดิ์ โชคินงค. 2533 : 12) รองลงมาได้แก่ เครื่องสังคโลก ในสมัยสุโขทัย ซึ่งเป็นที่รู้จักและแพร่หลายไปทั่วโลก งานเครื่องปั้นดินเผาได้พัฒนาทั้งรูปแบบและเทคนิควิธีการผลิตต่าง ๆ เรื่อยมา จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2513 มีการขึ้นตัวค้านอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เริ่มมีโรงงานผลิตด้วยระบบ กระเบื้อง โมเสก กระเบื้องปูพื้นและผนัง ทั้งนี้เป็นผลจากกฏบัตรรัฐบาลได้ให้การสนับสนุนและส่งเสริมด้านการลงทุนเพื่อลดการนำเข้า และยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ (ศิริชัย โทษิตาปะน. 2532 : 53) มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ขยายตัวมากขึ้นโดยตลอด จากมูลค่า 361.2 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2526 เป็นมูลค่าถึง 2,015.0 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2531 หรือเพิ่มประมาณ 6 เท่า (มณฑิพย์ รัตนวิจิตร และสุภัทรา สติวิสาละกิจ. 2533 : 69 ; อ้างอิงมาจาก กรมศุลกากร. ม.ป.ป.)

จากการที่รัฐบาลได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการส่งผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เป็นสินค้าออก ทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์มากยิ่งขึ้น ความต้องการทางเทคนิคจึงได้เพิ่มตามมา และมีแนวโน้มว่าทิศทางการผลิตจะเริ่มขาดแคลน หรือมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการทั้งที่ กิตติ โสณนัย (2533 : 33) กรมการรองผู้จัดการบริษัทอเมริกันสแตนคาร์ด จำกัด กล่าวไว้ว่า

วัตถุดิบที่จังหวัดระนอง ซึ่งเป็นแหล่งวัตถุดิบรายใหญ่ของประเทศเพื่อทำผลิตภัณฑ์มีปริมาณลดลง ในปัจจุบันมีแหล่งวัตถุดิบอยู่เพียงไม่กี่แห่ง คือ ลำปาง นครนายก ปราจีนบุรี

และระนอง อันอาจไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ภายในประเทศในอนาคตอันใกล้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการเพิ่มกำลังการผลิตให้มากขึ้น หากไม่มีการแก้ไขปัญหเกี่ยวกับวัตถุดิบดังกล่าวจะทำให้สินค้าเซรามิกส์ประสบปัญหาทั้งตลาดภายในและต่างประเทศอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการสำรวจหาแหล่งวัตถุดิบขึ้นมาใหม่

หินเป็นวัตถุดิบหลักนำมาใช้ทำส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ได้หลายประเภท เช่น หินกาชนะใสอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง อิฐ วัตถุทนไฟ อุปกรณ์ทางไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้นในการศึกษาวิชาการทางงานเซรามิกส์จึงต้องศึกษาทั้งแก้ววัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต แหล่งวัตถุดิบ การนำวัตถุดิบมาใช้ คุณสมบัติทางกายภาพเคมีและฟิสิกส์ระหว่างการขึ้นรูป การตาก การเผา หลังจากการเผาศึกษาหาส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมเพื่อการผลิต รวมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติทาง ๗ ที่ของการและจำเป็นแก่การนำไปใช้งานแต่ละประเภทตามต้องการ (ปริศนา พินิจชาวชา. 2532 : 41)

สาขาวิชาเซรามิกส์ได้เปิดทำการสอนที่วิทยาลัยครูพระนคร กรมการฝึกหัดครู เป็นแห่งแรก ตั้งแต่ พ.ศ. 2509 เป็นต้นมา จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2527 ได้มีการขยายการเปิดสอนวิชาเซรามิกส์ไปยังวิทยาลัยครูต่าง ๆ ในส่วนภูมิภาคที่มีความพร้อมและสามารถเปิดสอนได้ก็กรวม 10 แห่ง วิทยาลัยครูกำแพงเพชรได้เปิดสอนโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีเซรามิกส์มาตั้งแต่ปีการศึกษา 2528 โดยใช้หินเหนียวจากพื้นที่ต่าง ๆ ในบริเวณวิทยาลัยครู และจากบริเวณอื่น ๆ ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งชาวบ้านนำมาทำอิฐที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นวัตถุดิบในการเรียนการสอนสาขาวิชาดังกล่าว และพบว่าเมื่อนำมาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาแล้วเผาด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงดี ไม่ถูกฉีกหักหรือของเหลว เมื่อเผาจะมีเสียงกังกังวาน เนื้อผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลไหม้ อันเป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ (Stoneware) อย่างไรก็ตามคุณภาพที่พบว่ามีข้อบกพร่องเมื่อผ่านการเผาจะเกิดรอยตำหนิบนผิวเคลือบทุกครั้ง จึงทำให้อาจารย์ผู้สอนเปลี่ยนมาใช้ดินสำเร็จรูปแทน เพราะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ แต่

ปัญหาที่ตามมา คือ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูง เพราะสินค้าสำเร็จรูปต้องสั่งซื้อจากโรงงาน
อุตสาหกรรมสินค้าสำเร็จรูปโดยตรง

จากสภาพปัญหาเกี่ยวกับปริมาณของสินค้าที่แนวโน้มว่าลดลง ปัญหาเกี่ยวกับรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนผิวเคลือบ ปัญหาเกี่ยวกับการเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงในการสั่งซื้อสินค้าสำเร็จรูป จากที่อื่น
ที่ทางไกลซึ่งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงทำการสอนวิชาทางคานเซรอนิกส้อยู่ที่วิทยาลัยครู
กำแพงเพชร จึงสนใจที่จะทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา
ประเภทสโตนแวร์ ซึ่งผลของการวิจัยครั้งนี้จะช่วยให้ได้แหล่งดินเพิ่มเติมมาในอีกแห่งหนึ่ง ได้
สูตรส่วนผสมเนื้อดินขึ้นที่ไม่มีรอยตำหนิบนผิวเคลือบ และช่วยให้ประหยัดเวลาลดค่าใช้จ่ายให้น้อย
ลง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้สามารถนำเอาทรัพยากรของท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ
การศึกษาและประเทศชาติต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อสร้างส่วนผสมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ โดยใช้ดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของดินใหม่มีความเหมาะสมในการทำเครื่องปั้นดินเผาประเภท
สโตนแวร์
2. เพื่อเป็นกรณีตัวอย่างสำหรับการวิจัยค้นหาแหล่งดินเพิ่มเติมในแหล่งอื่น ๆ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการ เปิดโรงงานอุตสาหกรรมสินค้าสำเร็จรูป และอุตสาหกรรม
เครื่องปั้นดินเผาที่จังหวัดกำแพงเพชรและที่อื่น ๆ

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการ
วิจัยไว้ดังต่อไปนี้

1. ประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ประชากรเป็นคินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชร จากแหล่งคินที่ชาวกำแพงเพชรนำมาใช้ทำอิฐก่อสร้างอยู่แล้ว และมีผลการวิจัยที่แสดงว่าเป็นแหล่งคินที่สามารถนำมาใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาได้ (อายุวัฒน์ สว่างผล. 2532 : 80) ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกเฉพาะแหล่งคินที่มีคุณสมบัติเหมาะสมแก่การนำมาทอกลองทำเป็นเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ รวมทั้งหมด 5 แหล่ง ตามภาพประกอบ 16 ดังต่อไปนี้

1.1 คินเหี้ยวบริเวณรอบคันคูวิทยาลัยครูกำแพงเพชร (แหล่งคินหมายเลข 1)

ภาพประกอบ 17

1.2 คินเหี้ยวตำบลหนองปลิง (แหล่งคินหมายเลข 2) ภาพประกอบ 18

1.3 คินเหี้ยวบ้านทุ่งเศรษฐี (แหล่งคินหมายเลข 3) ภาพประกอบ 19

1.4 คินเหี้ยวอำเภอไทรงาม (แหล่งคินหมายเลข 4) ภาพประกอบ 20

1.5 คินเหี้ยวอำเภอลองลาน (แหล่งคินหมายเลข 5) ภาพประกอบ 21

2. กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ คินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 5 หมายเลข รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง และเนื้อคินนั้นที่เกิดจากคินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชรแต่ละหมายเลขผสมเข้ากับหินดินเผาและหินเขียวตามสัดส่วน โดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) ของแหล่งคินแต่ละหมายเลขทั้งหมด 5 หมายเลข 5 ตาราง ได้ตัวอย่างเนื้อคินนั้นตารางละ 15 จุก รวมทั้งหมด 75 จุก (75 ตัวอย่าง หรือ 75 สุ่มส่วนผสม)

3. ตัวแปรที่จะศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

3.1.1 คินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชร 5 แหล่ง (5 หมายเลข)

3.1.2 ส่วนผสมของเนื้อคินกับสโตนแวร์

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

3.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของคินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อคินนั้น

สโตนแวร์ก่อนการเผา ใต้แก้ว

3.2.1.1 ความแข็งแรง

3.2.1.2 ความหยาบ

3.2.1.3 ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์

3.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อดินมัน

สโตนแวร์หลังการเผา ใต้แก้ว

3.2.2.1 ความหยาบ

3.2.2.2 ความคงทนน้ำ

3.2.2.3 ความทนไฟ

3.2.2.4 สี

3.2.2.5 ความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์

4. การขึ้นรูปและการเผา

4.1 การขึ้นรูปจะใช้วิธีการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์

4.2 การเผาเคลือบจะเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

ข้อทดลองป้องกัน

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ใต้แก้ว

1.1 ดินเหนียวหรือดินทองนา จากแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร

1.2 ดินขาว จากแหล่งจังหวัดลำปาง

1.3 หินฟ้าน้ำ จากแหล่งจังหวัดราชบุรี

1.4 หินเขียวทมนาน จากแหล่งจังหวัดจันทบุรี

1.5 หินปูน จากแหล่งจังหวัดสระบุรี

- 1.6 ทาลค จากแหล่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป
- 1.7 สังกะสีออกไซด์ จากแหล่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป
- 1.8 แปะเรียมคาร์บอเนต จากแหล่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมทั่วไป

2. น้ำเคลือบที่ใช้ในการทกลองครั้งนี้ เป็นเคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldsparthic Glaze) ใช้ส่วนผสมในการเผา 1,240 องศาเซลเซียส (2,264 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

หินฟันม้า	ร้อยละ	52.6
หินเขียวหุมนาน	ร้อยละ	17.8
หินปูน	ร้อยละ	15.8
หินขาว	ร้อยละ	6.0
สังกะสีออกไซด์	ร้อยละ	4.3
ทาลค	ร้อยละ	2.0
แปะเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ	1.5

3. ชั่งน้ำหนักส่วนผสมในการทกลองด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า

4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหิน แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

4.1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพหินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรทั้ง 5 แหล่ง

4.2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินมันส์โคนแวร์ ที่เกิดจากการนำดินเหนียวแหล่งต่าง ๆ ทั้ง 5 แหล่ง ผสมเข้ากับวัตถุดิบชนิดอื่น ได้แก่ หินฟันม้า และหินเขียวหุมนาน โดยกำหนดสัดส่วนของส่วนผสมไว้ดังนี้ หินเหนียวกำแพงเพชรร้อยละ 45 - 65 หินฟันม้าร้อยละ 5 - 25 และหินเขียวหุมนานร้อยละ 30 - 50

5. การทดสอบหาความเหมาะสมของเนื้อดินมันส์โคนแวร์ น้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ จะคัดเลือกเนื้อดินมันส์โคนแวร์ที่ผ่านการทดสอบหาคุณสมบัติแล้วโดยดัดให้แน่นอน

6. การเผาเคลือบจะเผาในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นด้วยเตาไฟฟ้า เพื่อทดสอบหา

ความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์

7. การเผาไหม้ของหิน 700 องศาเซลเซียส

8. วัดอุณหภูมิด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) และเทอร์มิคไฟ (Pyrometric

Cones)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เนื้อหินบัสโซไทต์ หมายถึง การนำวัตถุซึ่งประกอบด้วยหินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร หินที่แม่น้ำ และหินเขียวทูปมาน มาผสมเข้าด้วยกันตามสัดส่วนที่โคลัมโบ

2. หินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร หมายถึง หินเหนียวท้องถิ่นที่ชาวกำแพงเพชรนำมาใช้ทำอิฐก่อสร้าง ซึ่งขุดได้จากพื้นผิวหิน 1 เมตร ใต้ หินเหนียวบริเวณรอบคันคูวิทยาลัยกำแพงเพชร หินเหนียวตำบลหนองปลิง หินเหนียวบ้านทุ่งเศรษฐี หินเหนียวอำเภอไทรงาม และหินเหนียวอำเภอคลองลาน

3. หินที่แม่น้ำ (Feldspar) หมายถึง หินที่แม่น้ำที่มีส่วนประกอบของโพแทสเซียมออลูมิเนียมซิลิเกตเป็นส่วนใหญ่ เรียกว่า โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) มีจุดหลอมละลายประมาณ 1,200 ถึง 1,250 องศาเซลเซียส ใช้สำหรับผสมในเนื้อหินบัสและน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์ จากแหล่งหินที่แม่น้ำจังหวัดราชบุรี

4. หินเขียวทูปมาน (Quartz) หมายถึง หินเขียวทูปมานที่ใช้สำหรับผสมในเนื้อหินบัสและน้ำเคลือบเฟลด์สปาร์จากแหล่งจังหวัดจันทบุรี

5. น้ำกิน (slip) หมายถึง เนื้อหินบัสโซไทต์ที่ประกอบด้วยหินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร หินที่แม่น้ำ และหินเขียวทูปมาน ตามสัดส่วนที่คัดเลือกจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 หมายเลข จำนวนหมายเลข 1 สูตร แต่ละสูตรจะมีปริมาณน้ำอยู่จำนวนร้อยละ 42.5 และมีปริมาณโซเดียมซิลิเกตอยู่จำนวนร้อยละ .25

6. ตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) หมายถึง ตารางสามเหลี่ยมที่เท่า ใช้สำหรับการคำนวณหาส่วนผสมของเนื้อหินบัส

7. วัตถุดิบที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมทั่วไปหรือแหล่งทั่วไป (Commercial Grade or Raw Material) หมายถึง วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาที่ไม่ได้กำหนดเฉพาะเจาะจงว่ามาจากแหล่งใด

8. บรรยากาศแบบออกซิเดชัน (Oxidation) หมายถึง การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ โดยที่ออกซิเจนทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิง ได้แก่ การเผาผลิตภัณฑ์ด้วยเตาไฟฟ้า เป็นต้น

9. บรรยากาศแบบรีดักชัน (Reduction) หมายถึง การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ โดยที่ออกซิเจนไม่สมดุลกับเชื้อเพลิง มีผลทำให้สีของเคลือบบางชนิดเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ การเผาผลิตภัณฑ์ด้วยเตาแก๊ส เป็นต้น

10. ความหดตัวของดิน (Total Shrinkage) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ความหดตัวของผลิตภัณฑ์เมื่อปล่อยให้แห้งให้แห้ง และเมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

11. ความดูดน้ำ (Water Absorption) หมายถึง เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่สามารถแทรกซึมอยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

12. ความแข็งแรงของเนื้อดิน (Modulus of Rupture) หมายถึง ค่าของความทนทานต่อแรงกดของผลิตภัณฑ์ที่แห้งแล้ว โดยใช้เครื่องมือทดสอบความแข็งแรง วัดค่าได้เป็น กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

13. ความทนไฟ (Refractories) หมายถึง ความทนทานต่อความร้อนของเนื้อผลิตภัณฑ์โดยไม่หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

14. สีของเนื้อดินหลังการเผา (Fired Colour) หมายถึง สีของเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาด้วยอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

15. ความเหมาะสมกับการขึ้นรูป หมายถึง ความเหมาะสมของเนื้อดินนั้นสโตนแวร์ว่าสามารถขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ได้หรือไม่ โดยคัดเลือกสุกเนื้อดินที่มีคุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผาที่ดีที่สุด ของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 5 หมายเลข จำนวนหมายเลขละ 1 สุก

16. ความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์ หมายถึง ความเหมาะสมระหว่างเนื้อดิน
บนสีโตนแวร์กับเคลือบเฟลด์สปาร์ ที่ศึกษาได้จากความสมบูรณ์ของเคลือบหลังการเผา ได้แก่
การไม่เกิดตำหนิใด ๆ บนผิวเคลือบ เช่น การร่วน การคิงตัว การเกิดรูเข็ม เป็นต้น

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสารตำรา และงานวิจัย ซึ่งจะเป็ประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดินเผา
 - ความหมายของดิน
 - ประเภทของดิน
 - ความหมายของเนื้อดินเผา
 - เนื้อดินเผานิโชนิกไตรแอกเซียล (Triaxial)
2. เนื้อดินเผาสโตนแวร์ (Stoneware Bodies)
3. วัสดุที่ใช้ในการทำเนื้อดินเผาและน้ำเคลือบ
 - ดินเหนียวหรือดินทองนา
 - ดินขาว
 - หินฟ้านา
 - หินเขียวหุ้มนาน
 - หินปูน
 - หาลค
 - สังกะสีออกไซด์
 - แะเวียมการบอเนก
4. การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ (Slip Casting)
 - แบบพูนพลาสเทอ
 - น้ำดิน
 - การหล่อผลิตภัณฑ์

5. น้ำเคลือบ (Glazes)

- การจำแนกชนิดของเคลือบ
- เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldsparthic Glaze)
- การเตรียมน้ำเคลือบ
- วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์

6. เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์

- ชนิดของเตาเผา
- เตาไฟฟ้า
- เตาแก๊ส
- การเผาผลิตภัณฑ์
- อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ

7. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

- การทดสอบความแข็งแรงของดิน (Modulus of Rupture Body Testing)
- การทดสอบความหดตัวของดิน (Total Shrinkage Body Testing)
- การทดสอบความดูดซับน้ำของดิน (Water Absorption Body Testing)
- การทดสอบความทนไฟของดิน (Refractories Body Testing)
- การทดสอบสีของดิน (Fired Colour Body Testing)

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเนื้อดิน

ความหมายของดิน ดิน (Clay) หมายถึง วัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งมีเนื้อละเอียด มีความเหนียวเมื่อเปียกน้ำ แข็งและแกร่งเมื่อแห้ง โดยปกติดินประกอบด้วยแร่ดิน (Clay Minerals) ที่มีขนาดเม็ดแร่เล็กละเอียดปนกับสารอินทรีย์และแร่ชนิดอื่นที่ไม่ใช่แร่ดิน (จุมพล คันทัก และคณะ ๒๕๒๑ : ๔) ดินเป็นสารประกอบของอนุภาคน้ำแข็งและเกลือ ในธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมาย ที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารประกอบ

เหล่านี้ ได้แก่ ควอตซ์ (Quartz) ไมกา (Mica) เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) เฮมาไทต์ (Hematite) ฟลูออไรต์ (Fluorite) มัสโคไวต์ (Muscovite) เป็นต้น
 กิจะเกิดจากการแปรสภาพของหินที่เก่า ซึ่งเป็นหินแกรนิตชนิดหนึ่ง เกิดการบุพังเปลี่ยนสภาพ
 เป็นดินเนื่องจากความชื้น ฏิกิริยานี้เรียกว่า แคลโอไลไนเซชัน (Kaolinization)
 (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 3) กิ คือ สารประกอบไฮดรอกซิลอะลูมิเนียมซิลิเกต (Hydrous Aluminum Silicate) มีส่วนประกอบและโครงสร้างของผลึกแน่นอนเมื่อผสมกับน้ำจะทำให้
 เกิดความเหนียวขึ้น และสามารถปั้นให้เป็นรูปต่าง ๆ ได้ ถ้าปล่อยให้แห้งจะยังคงรักษารูป
 รูปร่างเดิมไว้ มีความแข็งแรงก็ขึ้นแต่ค่อนข้างเปราะ ถ้าเผาแล้วจะทำให้แข็งแรงมากขึ้น
 และผสมกับน้ำจะไม่ทำให้ความเหนียวกลับคืนมาอีก (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้น
 กิเผา. 2529 : 20) กิเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ โดยเฉพาะภาชนะ
 รองรับอาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง และอื่น ๆ กิมีหลายชนิดแตกต่างกันไป อาจจะ
 แตกต่างกันในเรื่องสีหรือต่างกันในเรื่องโครงสร้าง รวมทั้งต่างกันในเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพ
 และเคมี เป็นต้นว่า มีความเหนียวต่างกัน มีปริมาณซิลิกาต่างกัน (ปริศนา พิมพ์ขาวชา.
 2532 : 41) จึงจะกล่าวถึงประเภทของกิต่อไป

ประเภทของกิ กิสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (จุฬพล
 คีนศักดิ์ และคณะ. 2521 : 17)

1. จำแนกประเภทตามประโยชน์การใช้ ได้แก่

- 1.1 กิขาว (Kaolin) ใช้ทำฟิลเลอร์เกรด ทำเคลือบกระจก ทำวัตถุทนไฟ ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.2 กิเหนียว (Ball Clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.3 กิทนไฟ (Fire Clay) ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟและผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
- 1.4 เบนท์ไนด์ (Bentonite) ใช้ทำโคลนเจาะ ทำเบ้าหลอม
- 1.5 ฟูลเลอร์เอิร์ธ (Fuller's Earth) ใช้ดูดซับฟองกลี
- 1.6 กิชนิดอื่น ๆ รวมทั้งหินดินดาน ใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ ปูนซีเมนต์ เป็นต้น

2. จำแนกประเภทตามลักษณะการเกิด โถ้แก่

2.1 แบบเกิดแล้วอยู่กับที่ เป็นดินที่เกิดจากการยุพัง หรือการเปลี่ยนแปลงสภาพของแร่และหินจากความร้อน

2.2 แบบที่ถูกพัฒนาไปจากแหล่งกำเนิด เป็นดินที่เกิดแบบเดียวกับแบบที่ 2.1 แต่ถูกพัดพาออกจากต้นกำเนิดเดิมโดยสายน้ำ ขารน้ำแข็ง เป็นต้น

2.3 แบบที่ได้จากการที่น้ำแร่ไปแทนที่โนหิน

ซิงเกอร์ (Singer, 1963 : 26) แบ่งประเภทของดินไว้ดังนี้

1. ดินขาวหลังจากการเผาแล้ว (White-Burning Clays)

1.1 ดินขาว (Kaolin)

1.2 ดินเหนียว (Ball Clay)

2. ดินทนไฟ (Refractory Clays)

2.1 ดินที่มีส่วนผสมของซิลิกาสูง

2.2 ดินที่มีส่วนผสมของอลูมินาสูง

3. ดินที่ใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางก่อสร้าง (Heavy Clay-Products Clays)

4. ดินสโตนแวร์ (Stoneware Clay)

นอกจากนี้ ปรีคา พิมพ์ขาวซ่า (2532 : 41) ได้จำแนกประเภทของดินออกเป็น 2 ประเภท คือ ดินขาว และดินเหนียว

ความหมายของเนื้อดิน เนื้อดิน (Bodies) หมายถึง เนื้อดินที่มีส่วนผสม เป็นดินหรือเนื้อดินที่ไม่มีดินเป็นส่วนประกอบ เนื้อดินที่มีดินเป็นส่วนประกอบอาจมีดินล้วน ๆ หรือ ดินร่อยเปอร เช่นต แทะส่วนมากแล้วจะมีวัตถุอื่นที่ผสมอยู่ด้วย เช่นเดียวกับเนื้อดินที่ไม่มีดิน เป็นส่วนผสม อาจมีเนื้อวัตถุชนิดเดียวหรือมีวัตถุหลายชนิดผสมกันอยู่ (ปรีคา พิมพ์ขาวซ่า. 2532 : 83) เนื้อดินจึงเป็นการนำดินชนิดต่าง ๆ มาผสมเข้าด้วยกัน หรือการผสมดินกับ วัตถุชนิดอื่น ๆ บางครั้งอาจใช้ดินที่พบอยู่ตามธรรมชาติมาใช้ได้เลย สำหรับทำผลิตภัณฑ์ต่าง

ประเภท เพราะมีความเหนียวเพียงพอ เช่น กินเหนียว (Ball Clay) กินส์โตนแวร์ เป็นต้น (Fournier. 1977 : 25) ในสมัยก่อนการทำเนื้อดินนั้นจะนำมาจากดินธรรมชาติ ที่มีความเหนียวพามาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ตามความต้องการ เริ่มมาจากการทำเครื่องปั้นดินเผาชนิดไม่มีการเคลือบเป็นเวลานาน ๆ ปี จนกระทั่งสมัยศตวรรษที่ 10 จีนได้มีความก้าวหน้าในการทำเครื่องปั้นดินเผาอย่างมาก สามารถทำเนื้อดินนั้นชนิดพิเศษขึ้นได้ เรียกว่า เนื้อดินปอร์สเลน (Porcelain) (โกลด รัชวงศ์. 2531 : 126) เนื้อดินนี้มีความหมายครอบคลุมถึงสองอย่าง คือหมายถึง การเตรียมวัตถุดิบเพื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง และหมายถึงส่วนของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องไปเกี่ยวข้องกับเคลือบ เนื้อดินนั้นอาจจะใช้ดินล้วน ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ หรือเตรียมขึ้นจากส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 อย่าง คือ กิน หินฟันม้า และหินเขี้ยวหมูมาน โดยใช้สัดส่วนจากตารางสามเหลี่ยม (Triaxial Diagram) แล้วนำไปทดลองเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมและดีที่สุด สำหรับทำผลิตภัณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง (Singer. 1963 : 393)

เนื้อดินนั้นเกี่ยวข้องกับวัตถุดิบอื่น ๆ เพราะว่าเป็นส่วนผสมของวัตถุดิบจึงจำเป็นจะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติเฉพาะต่าง ๆ ทั้งนี้จะโคสะทกต่อการเตรียมเนื้อดินนั้นเมื่อจำเป็นจะต้องใช้วัตถุดิบใหม่แทนวัตถุดิบเก่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวัตถุดิบชนิดหนึ่งขาดแคลน หรืออาจเป็นเหตุผลเพื่อการประหยัดหรือลดต้นทุนการผลิต เช่น ใช้วัตถุดิบภายในประเทศแทนวัตถุดิบที่ต้องสั่งมาจากต่างประเทศ เป็นต้น การรู้จักลักษณะเฉพาะของเนื้อดินนั้นมาตรฐานเฉพาะโรงงานและเฉพาะชนิดเนื้อดินนั้น จะสามารถทำให้สร้างเนื้อดินนั้นจากวัตถุดิบใหม่ ให้เนื้อดินนั้นที่สร้างขึ้นมามีคุณสมบัติเหมือนเนื้อดินนั้นเดิมทั้งก่อนและหลังทำการเผา ซึ่งเท่ากับเป็นการควบคุมคุณภาพระหว่างทำการผลิตผลิตภัณฑ์ (ปรีดา พิมพ์ขาวชา. 2532 : 84)

เนื้อดินปั้นชนิดไตรแอกเซียล (Triaxial) เป็นเนื้อดินปั้นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ส่วนผสมของเนื้อดินนั้นประกอบด้วยวัตถุดิบ 3 ชนิดผสมกัน คือ กิน หินเขี้ยวหมูมาน และหินฟันม้า วัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดนี้ เป็นดินแร่ตามธรรมชาติ ซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูก ความบริสุทธิ์ของแร่จะเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งที่พบ เมื่อผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะทำให้ง่าย

ต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้ง่าย และสิ่งที่สำคัญคือ เราสามารถที่จะเผาให้ได้โครงสร้างตามต้องการ นอกจากนี้ยังได้อีกหนึ่งข้อดีอื่น ๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษออกไป

การกล่าวดังส่วนผสมเนื้อดินนั้น เราอาจกล่าวได้ถึง 4 วิธี (ปริศนา พิมพ์ขาวชา. 2532 : 84 - 86) ดังนี้

1. การกล่าวดังโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของวัตถุดิบ เช่น

ดินขาว	ร้อยละ 35
ดินเหนียว	ร้อยละ 25
หินเขียวหยาบ	ร้อยละ 13
หินปูน	ร้อยละ 27

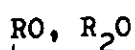
2. การกล่าวดังโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของออกไซด์ต่าง ๆ เช่น

SiO_2	ร้อยละ 66.7
Al_2O_3	ร้อยละ 21.6
Fe_2O_3	ร้อยละ 0.5
CaO	ร้อยละ 0.6
MgO	ร้อยละ 0.4
$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$	ร้อยละ 4.5
L.O.I.	ร้อยละ 5.7

3. การกล่าวดังโดยเขียนเป็นค่าร้อยละของแร่ เช่น

แร่อิน	ร้อยละ 50
Quartz	ร้อยละ 25
Feldspar	ร้อยละ 25

4. การกล่าวดังโดยการเขียนเป็นสูตรทั่วไป เช่น



0.36

1

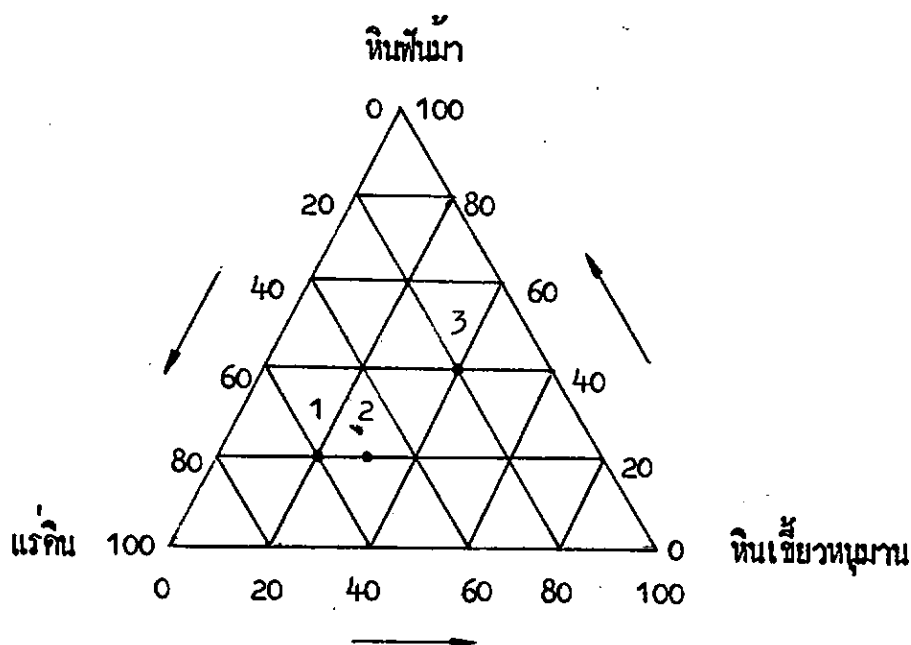
5.24

RO, R_2O หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น CaO, MgO, K_2O, Na_2O เป็นต้น

R_2O_3 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น Al_2O_3, Fe_2O_3 เป็นต้น

RO_2 หมายถึง ออกไซด์ของโลหะ เช่น SiO_2, SnO_2, TiO_2 เป็นต้น

การกล่าวถึงส่วนผสมเนื้อดินนั้นผู้วิจัยจะใช้ในการหาสัดส่วนของวัตถุดิบในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หัวข้อ 3 ซึ่งประกอบไปด้วย แร่ดิน หินเขียวทุมนาน และหินที่แม่น้ำ โดยแสดง ส่วนผสมของเนื้อดินนั้นด้วยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ตารางสามเหลี่ยมแสดงสัดส่วนของเนื้อดิน

จากตารางสามเหลี่ยมที่ผสมสามเหลี่ยมจะเป็นจำนวนหนึ่งร้อยของวัตถุดิบที่วิ่งนำด้วยลูกศร ซึ่งทุก ๆ จุดในแผนที่สามเหลี่ยม หมายถึง ส่วนผสมของเนื้อดินนั้นที่ส่วนผสม ตัวอย่างเช่น

ที่จุด 1 เป็นส่วนผสมของเนื้อดินนั้น ซึ่งประกอบด้วย ดินร่อยละ 20 หินเขียวหุ่มน ร่อยละ 20 และหินที่มาร่อยละ 60 จุดที่ 2 ดินร่อยละ 30 หินเขียวหุ่มนร่อยละ 20 และหินที่มาร่อยละ 50 เป็นต้น

วิธีการอ่านส่วนผสมของเนื้อดินนั้นที่จุดใดจุดหนึ่งในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า กระทำ โดยลากเส้นจากจุดนั้นขนานกับด้านของสามเหลี่ยมตามลูกศร หรือทวนเข็มนาฬิกา เมื่อเส้นนั้น ไปชนด้านใดก็ตามเปอร์เซ็นต์ของส่วนผสมวัตถุดิบซึ่งด้านนั้นเป็นตัวแทน เช่น จุดที่ 3 ดัง ภาพประกอบ 1 ลากเส้นขนานกับหินที่มาร้อยละ 40 ลากเส้นขนาน กับด้านหินเขียวหุ่มน จะตัดด้านที่แทนหินที่มาร้อยละ 20 และลากเส้นขนานกับด้านที่แทนดิน จะตัดด้านที่แทนหินเขียวหุ่มนร้อยละ 40 เป็นต้น

2. เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ (Stoneware Bodies)

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ มีลักษณะคล้ายเซรามิก แต่เผาในอุณหภูมิสูงไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความทนไฟสูงและมีความเหนียว เนื้อดินปั้นอาจเตรียมจาก ดินเหนียวที่ขุดมาตามธรรมชาติแล้วนำไปปั่นโดยตรง โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบอื่น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก ดินตามธรรมชาตินี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์สีลาคอนเซียงใหม่ และผลิตภัณฑ์บ้าน กวนเกวียนนครราชสีมา เป็นต้น เนื้อดินปั้นอีกชนิดหนึ่งเตรียมโดยใช้ดินผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เช่น หินที่มาร้อยละ 40 และหินเขียวหุ่มน ร้อยละ 60 นำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลิตภัณฑ์ที่ทำจาก เนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้นใหม่นี้ ได้แก่ ภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เขี่ยอกน้ำ และเครื่องประดับ เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 17) เนื้อดินปั้นสโตนแวร์เมื่อผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงแล้ว เนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจจะมีสีต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วน ผสมเนื้อดินปั้นมีความเหนียวสูงขณะที่ยังไม่ผ่านการเผาจะแข็งแรงไม่เปราะแตกหักง่าย เพราะ ใช้ส่วนผสมสูง มีโอกาสบิ่นเปราะได้ง่าย จำเป็นต้องใช้หินเชื้อ (Grog) หรือทรายเป็นส่วน ผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการบิ่นเปราะ ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมี ดังนี้

RO 0.33-7, Al_2O_3 , 4.0-4.4 SiO_2 (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 147) เนื้อดินปั้น

สโตนแวร์ที่ใช้ในงานห้องทดลอง เครื่องถ้วยชาม เป็นเนื้อดินที่เรียกว่า ไฟน์สโตนแวร์ (Fine Stoneware) จะใช้ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นดังนี้ (Singer. 1963 : 433)

ดิน (Clay)	ร้อยละ 30 ถึง 70
หินฟัลด์สปาร์ (Feldspar)	ร้อยละ 5 ถึง 25
หินเขี้ยวหนู (Quartz)	ร้อยละ 30 ถึง 60

หรืออาจจะใช้ดินเชื่อมผสมเข้าไปด้วยก็ได้ เนื้อดินปั้นไฟน์สโตนแวร์จะต้องเผาในอุณหภูมิสูง มีความแข็งแรง มีความดูดซึมน้ำไ้น้อยมาก ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่พบ ได้แก่ ความเหนียว (Plasticity) มีความเหนียวมาก ความหดตัวก่อนเผา (Drying Shrinkage) ร้อยละ 5 ความหดตัวหลังการเผา (Firing Shrinkage) ไม่เกินร้อยละ 15 มีความดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ไม่เกินร้อยละ 5 เนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีสีเทา (Norton. 1952 : 127) อุณหภูมิในการเผายู่อะหว่าง 1,204 ถึง 1,315 องศาเซลเซียส เาถึงจุดสุดท้ายมีคุณสมบัติ คือ เนื้อแน่น แข็งแกร่ง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ มีลักษณะคล้ายหิน สีของเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีสีครีม สีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมอยู่ในเนื้อดินกับบรรยากาศในการเผาว่าเป็นการเผาแบบออกซิเคชั่นหรือเผาแบบรีดักชั่น (Chappel. 1979 : 17) ดินที่พบตามธรรมชาติอาจเรียกว่า ดินสโตนแวร์ได้ ถ้าสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป และเมื่อผ่านการเผาแล้วเนื้อผลิตภัณฑ์ได้จะต้องมีความแข็งแรง เนื้อแน่น มีสีต่าง ๆ คือ สีครีม น้ำตาลอ่อน เทา ไปจนถึงสีดำ เพราะว่ามีธาตุเหล็กผสมอยู่และบรรยากาศในการเผาดินสโตนแวร์ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1959 : 43)

1. มีความเหนียวพอที่จะนำมาขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ และสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นใหญ่ ๆ แล้วทรงตัวอยู่ได้
2. ความหดตัวก่อนการเผาไม่เกินร้อยละ 10 ไม่บิ่นเปราะหรือแตกร้าวขณะผลิตภัณฑ์แห้งหรือกำลังเผา และความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15
3. ไม่มีสิ่งเจือปนพวกอัลคาไลน์ (Alkalins) และอินทรีย์สาร (Organic Maters)

4. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ไม่เกินร้อยละ 1 ถึง 5

5. สีของเนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อเผาแบบออกซิเดชันจะมีสีเหลืองอ่อน แต่เมื่อเผาแบบรีดักชัน จะมีสีส้มถึงน้ำตาล

จากการศึกษาเอกสารทำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงพอสรุปได้ว่าเนื้อดินปั้นสโตนแวร์มีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นเนื้อดินปั้นที่อาจจะได้มาจากดินตามธรรมชาติ หรือได้จากการเตรียมขึ้นมาใหม่ ด้วยส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ดิน หินฟันม้า และหินเขียวหุ่หลาน ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

2. สามารถทนความร้อนได้สูงอุณหภูมิตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป

3. ความหนาแน่นของการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 และความหนาแน่นหลังการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 8 ถึง 15

4. การดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 1 ถึง 5

5. เนื้อผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาถึงจุดสุดท้าย จะมีเนื้อแน่น แข็งแกร่ง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เมื่อเคาะฟังเสียงจะดังกังวาน

6. สีของเนื้อผลิตภัณฑ์จะไม่ขาว แต่จะมีสีแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน และบรรยากาศในการเผาผลิตภัณฑ์

คุณสมบัติของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ทั้ง 6 ประการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจะใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดและวัดค่าแปรตามหรือผลในการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทำเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ

ดินเหนียวหรือดินท้องถิ่น เป็นดินที่พบเห็นอยู่ทั่วไปตามท้องถิ่นซึ่งเกิดจากดินขาวที่ถูกพัดพาไป และเกิดการทับถมกันเป็นเวลานาน มีจำพวกอินทรีย์สาร เช่น ซากพืชหรือสัตว์เจือปนอยู่ นอกจากนี้ยังมีธาตุเหล็กปนอยู่ด้วย ดินชนิดนี้จึงมีความเหนียวมาก เวลาเผาจะมีสีแดง หรือสีฟาง เป็นดินที่นิยมนำมาทำอิฐก่อสร้าง กระดาษดินไม้ โองน้ำดื่ม หม้อ ไห ในหลายจังหวัดของประเทศไทย (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. 2531 : 17) แต่ที่พบเป็นแหล่ง

ใหญ่และนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากก็คือ กิ๊งกำพุทลี จังหวัดสุราษฎร์ธานี กิ๊งกำปากหลี่ จังหวัดปราจีนบุรี กิ๊งกำนี้ส่วนใหญ่่นำมาผสมกับกินขาวหรือวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความเหนียวและสามารถขึ้นรูปได้ง่าย (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 24)

กรมทรัพยากรธรณี (2527 : 50) ได้สำรวจกินเหนียวในเขตจังหวัดกำแพงเพชรพบว่า กิ๊งที่นำมาใช้ผลิตอิฐก่อสร้างในจังหวัดกำแพงเพชร ได้แก่ กิ๊งเหนียวในเขตตำบลหนองปลิง หรือ กิ๊งนาคอนในเขตเมืองกำแพงเพชร เป็นกินเหนียวที่มีคุณภาพดี มีสีเทา ประกอบด้วยแร่ธาตุพวก ควอตซ์ เคโอลิไนต์ อีลไลต์ และอาจมีเจอร์มิคูไลต์กับมอนโมริลโลในปริมาณอยู่เล็กน้อย นอกจากนี้แล้ว อาวุธชัย สว่างผล (2532 : 50) ได้ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของกินแหล่งต่าง ๆ ใน จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา พบว่า กิ๊งเหนียวจากแหล่งต่าง ๆ ใน จังหวัดกำแพงเพชร มีสารประกอบทางเคมีที่ปริมาณใกล้เคียงกับสารประกอบทางเคมีของเนื้อดินปั้น สโตนแวร์ ก็จะได้นำแสดงไว้ในตาราง 1 และ 2

ตาราง 1 แสดงสารประกอบทางเคมีของหินแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร

แหล่งที่	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂
1	54.78	22.88	5.57	0.47	0.86	2.67	0.34	0.83
2	58.92	20.04	4.91	0.74	0.77	3.12	0.69	0.77
3	57.43	20.21	6.46	0.58	1.39	2.79	0.71	0.93
4	61.82	21.22	3.86	0.23	0.43	3.48	0.57	0.79
5	59.55	19.72	6.45	0.57	1.10	2.99	0.46	0.88
6	62.76	17.06	3.09	0.98	0.85	4.19	1.24	0.59
7	71.80	17.09	1.05	0.20	0.80	4.64	1.01	0.09
8	70.96	12.59	3.09	2.27	0.77	2.97	0.73	0.59
9	57.26	23.89	5.27	0.21	0.18	1.69	0.08	0.52
10	61.61	18.44	5.94	0.48	0.80	2.60	0.56	0.81

(อายุวัฒน์ สว่างผล. 2532 : 50)

ตาราง 2 แสดงสารประกอบทางเคมีของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์

สูตรที่	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
1	65.62	27.94	1.60	1.25	1.33	0.39	1.42
2	74.00	22.04	2.00	0.60	0.17	1.06	
3	74.60	19.00	4.25	0.62		1.30	
4	74.30	19.50	3.90	0.50	0.80	0.50	
5	67.40	29.00	2.00	0.60		0.60	

(โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 147)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารประกอบทางเคมีแต่ละตัว ทั้งของดินเหนียวในจังหวัดกำแพงเพชรและของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ จะเห็นว่า มีปริมาณใกล้เคียงกัน ย่อมแสดงให้เห็นว่าเนื้อดินของจังหวัดกำแพงเพชรมีแนวโน้มสามารถพัฒนาให้เป็นเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ได้

ดินขาว (Kaolin) ดินขาวเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต จะพบดินขาวอีกประเภทหนึ่งซึ่งมีสีขาวและลักษณะคล้าย ๆ กันก็คือ ดินสอพอง ซึ่งเป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เกิดจากการพุท้งของหินปูน บางทีเรียกว่า ดินมาร์ล (Marl) ดินขาวประเภทนี้ไม่สามารถนำเอามาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ได้ (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 9) ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบทางเคมีของดินสอพองเป็นแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งจะแตกตัวให้เป็นแคลเซียมออกไซด์ที่อุณหภูมิประมาณ 800 ถึง 900 องศาเซลเซียส จึงแตกย่อยไม่สามารถคงรูปอยู่ได้ (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 19) ดินขาวแหล่งเขาปางคา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง เป็นแหล่งดินขาวที่มีผลผลิตมากที่สุดในประเทศไทย และสามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้ทุกประเภท เช่น นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน ลูกถ้วยไฟฟ้า สโตนแวร์ เอิตเทนแวร์ กระเบื้องบุผนัง กระเบื้องปูพื้น โมเสก เครื่องสุขภัณฑ์ และของชำร่วย เป็นต้น ดินขาวแหล่งเขาปางคามีผลวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า มีสารประกอบดังตาราง 3 (ชาญจรรย์วานิชย์. 2530 : 1 - 2)

ตาราง 3 แสดงสารประกอบทางเคมีของหินขาวเขาปางคำ จังหวัดลำปาง

ผลิตภัณฑ์	LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
หินไม่ไคกลาง	4.08	74.1	17.3	0.9	-	-	0.13	3.3
B หินล้างแล้ว	4.31	61.7	25.8	1.5	0.73	0.64	0.8	4.38
A หินล้างแล้ว	6.25	53.9	29.9	1.3	0.62	0.72	1.27	5.49
AA หินล้างแล้ว	6.56	51.0	32.1	1.5	0.95	0.36	1.16	5.73

(ชาญ จรรยาวิชัย. 2530 : 2)

หินขาวเขาปางคำ เป็นหินขาวที่มีสารประกอบทางเคมีเหมาะแก่การนำมาผสมในน้ำเคลือบ และเป็นหินขาวที่นิยมใช้ในการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ และราคาถูก หาง่าย ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบในการวิจัยครั้งนี้

หินฟัลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นสารประกอบอะลูมิเนียมซิลิเกตของอัลคาไลด์ และอัลคาไลน์เอิร์ท โดยเฉพาะสารประกอบของ Na, K, Ca พบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหินฟัลด์สปาร์จึงเป็นตัวส่งเสริมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงที่ดีขึ้น (ปรีชา พิมพ์ขาว. 2532 : 61 - 62) หินฟัลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ (Flux) สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่น ๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง (โกมล รักช่วงศ์. 2531 : 35) หินฟัลด์สปาร์อยู่ในหินแกรนิตทั่ว ๆ ไป หรือเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิตมาเป็นหินฟัลด์สปาร์ ลักษณะเป็นหินที่มีสีขาวนวล ใบยางก้อมีเหลี่ยมสี่มุมคล้าย หินฟัลด์สปาร์ที่นิยมใช้มากมีอยู่ 3 ชนิด ดังนี้ (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. ม.ป.ป. : 27)

1. โปแทชเฟลด์สปาร์ (Potash Feldspar) เป็นหินที่น้ำที่มีส่วนประกอบของ โพแทสเซียมอลูมิเนียมซิลิเกตเป็นส่วนใหญ่ อาจจะมีสารประกอบของโซเดียมและแคลเซียมปะปน อยู่ด้วย หินที่น้ำชนิดนี้มีจุดหลอมละลายประมาณ 1,200 ถึง 1,250 องศาเซลเซียส ใช้ สำหรับผสมในน้ำเคลือบ หรือในเนื้อดินนั้น เช่น หินที่น้ำที่ราชบุรี นครศรีธรรมราช อุทัยธานี กาญจนบุรี แม่ฮ่องสอน ลำปาง และเชียงใหม่ เป็นต้น

2. โซดาเฟลด์สปาร์ (Soda Feldspar) เป็นหินที่น้ำที่มีส่วนประกอบของโซเดียม อลูมิเนียมซิลิเกต มีจุดหลอมละลายเริ่มตั้งแต่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส ใช้สำหรับผสม ในน้ำเคลือบ เช่น หินที่น้ำที่ตำบลทุ่งนางหลอก อำเภอห้วยพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เป็นต้น

3. แคลเซียมเฟลด์สปาร์ (Calcium Feldspar) เป็นหินที่น้ำที่มีแคลเซียม อลูมิเนียมซิลิเกตเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ และอาจจะมีโซเดียมหรือโพแทสเซียมปะปนอยู่ด้วย ใช้ ผสมในน้ำเคลือบชนิดเคลือบหินปูน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้หินที่น้ำชนิดโปแทชเฟลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบในการทดลอง เพราะเป็นชนิดที่สามารถใช้ผสมได้ทั้งน้ำเคลือบและเนื้อดินนั้น

หินเขี้ยวหนุมาน (Quartz) เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกา หินเขี้ยวหนุมาน เป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงมากถึงร้อยละ 99 มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีความแข็ง 7 โครงสร้างเป็นรูปผลึก 6 เหลี่ยม จุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,728 องศาเซลเซียส ใช้ ผสมในน้ำเคลือบและเนื้อดินนั้น การนำเอาหินเขี้ยวหนุมานผสมในเนื้อดินนั้นจะทำให้เนื้อดินนั้น แข็งแรง ป้องกันการร้าว การบิ่นเปื้อนของผลิตภัณฑ์ และยังเปลี่ยนสภาพเป็นแก้วได้ ทำให้ เนื้อดินโปร่งแสงก็ ถ้าผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งแรงเป็นแก้ว มีความมันแวววาว คีซัน (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 25) เนื่องจากหินชนิดนี้มีความแข็งแรงมาก เมื่อนำ มาใช้งานต้องทำการบดย่อยเสียก่อน ดังนั้นในบางครั้งตามโรงงานต่าง ๆ จะใช้ทรายแก้ว (Silica Sand) ผสมแทน เพราะทรายแก้วก็คือ หินเขี้ยวหนุมานที่ถูกฝน น้ำ หรือฉ่ำคัก ให้เกิดการบดกร่อนเป็นเม็ดเล็ก ๆ และถูกนำทั้คพามาขบจนกัน ส่วนใหญ่มักพบตามลำน้ำ หรือ ริมทะเล ลักษณะของหินเขี้ยวหนุมานที่พบในประเทศไทยมีทั้งชนิดขาวใสและขาวขุ่นปน ทราย

ทั่ว ๆ ไป แต่ที่พบมาก คือ ที่เขาหินแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี (ศูนย์ส่งเสริม
อุตสาหกรรมภาคเหนือ. น.ป.ป. : 28)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะใช้หินเขียวหนุมานจากแหล่งเขาหินแก้วผสมทั้งในเนื้อคิมมั้น
และน้ำเคลือบ เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อคิมมั้นและน้ำเคลือบ เพราะเป็นหิน-
เขียวหนุมานที่หาง่ายในท้องตลาด และเป็นที่ยอมรับของโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป

หินปูน (Limestone) เป็นสารประกอบจำพวกแคลเซียมคาร์บอเนต ซึ่งพบอยู่ทั่วไป
ในประเทศไทยและมีมากที่จังหวัดสระบุรีและจังหวัดราชบุรี เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 900
องศาเซลเซียส จะสลายตัวในภาชนะคาร์บอนไดออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์หรือปูนขาวนั่นเอง
หินปูนใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ หรือเนื้อคิมมั้นใช้ผสมทำน้ำเคลือบจำพวกเคลือบปอร์สเลน หรือ
เคลือบหินอื่น ๆ สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นนอกจากจะได้อาจจากหินปูนแล้วยังเกิดจากหินอ่อน
หินปะการัง เปลือกหอย และดินสอพอง เป็นต้น (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. 2531 : 20)
หินปูนมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็งระหว่าง 2.3 การนำหินปูนไปใช้ผสมใน
น้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเพิ่มความแข็งแรงสูงขึ้น และยังเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในการหลอมละลายใน
เคลือบไฟสูงด้วย (โกมล รัชวงศ์. 2531 : 48) หินปูนสามารถใช้เป็นส่วนผสมได้ทั้งเนื้อคิม
มั้นและน้ำเคลือบ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้หินปูนเป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ ซึ่งเป็นน้ำเคลือบ
เฟลด์สปาร์เพื่อช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เคลือบ โดยจะใช้หินปูนจากแหล่งจังหวัดสระบุรี
เพราะเป็นหินปูนที่ได้มาตรฐานและหาได้ง่ายในท้องตลาดราคาถูก

ทาลค์ (Talc) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมซิลิเกต $(OH)_2 Mg_3 (Si_2O_5)_2$
ตามทฤษฎีจะมีส่วนประกอบคิดเป็นร้อยละ ดังนี้คือ MgO ร้อยละ 63.5 H_2O ร้อยละ
31.7 และ SiO_2 ร้อยละ 4.8 (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. น.ป.ป. : 30)
ทาลค์เป็นวัตถุที่มีลักษณะนุ่ม สีนวลและไม่มีสีเหลี่ยม มีประโยชน์ใช้สำหรับผสมในเนื้อคิมมั้น
และใช้ผสมน้ำเคลือบ (อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. 2531 : 20) นอกจากนี้แล้วทาลค์ยังช่วยให้
เนื้อคิมมีความคงทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และป้องกันการร้าว ซึ่งเกิดจาก
การขยายตัวเมื่อขึ้นโค้กด้วย (ทวี พรหมพจน์. 2523 : 65) ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้

ทาลค์ผสมลงในน้ำเคลือบเฟล็กส์ปาร์ เพื่อช่วยป้องกันการแตกรานของผิวเคลือบ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ โดยให้ทาลค์จากแหล่งทั่วไป

สังกะสีออกไซด์ (Zinc Oxide) มีสูตรทางเคมี คือ ZnO เป็นออกไซด์ของสังกะสี เมื่อผสมลงในเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นเงาคิดขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อย ๆ จะทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลวกหลอมละลายหรือที่เรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและทำให้เกิดขี้ในเคลือบ โดยมากใช้ในเคลือบวิสคอส โดยใช้แทนที่แคลเซียมออกไซด์ด้วยสังกะสีออกไซด์ ซึ่งจะทำให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง นอกจากนั้นการผสมสังกะสีออกไซด์เล็กน้อยในเคลือบยังมีผลให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ซึ่งทำให้ผิวเคลือบเรียบ แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากและเผาที่อุณหภูมิสูงพอจะเกิดการทกนล็ก ถ้าวสมีในเคลือบสีจะทำให้สีสดขึ้น สารที่ให้สังกะสีออกไซด์ตัวเดียว คือ สังกะสีออกไซด์ (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 10) ซึ่งผู้วิจัยจะใช้จากแหล่งทั่วไปที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดเพราะมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน

แบเรียมคาร์บอเนต (Barium Carbonate) มีสูตรทางเคมี คือ $BaCO_3$ เป็นแร่ที่เกิดตามธรรมชาติเรียกว่า วิเทอไรต์ แต่แบเรียมคาร์บอเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะผลิตโดยการทำแบเรไต์ ($BaCO_3$) ให้เป็นแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) โดยการเผาแบเรไต์ที่คั่นแล้วจึงทกนล็กเป็นแบเรียมคาร์บอเนตด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ใช้ผสมในน้ำเคลือบน้อยมากเพราะว่าเกิดปฏิกิริยาช้า ทนความร้อนสูง และมีทำให้เกิดเคลือบคาน (ปริศา พิกษ์ขาวชา. 2530 : 16) แต่ถาใช้ผสมลงในเคลือบไฟสูง แบเรียมคาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยาเป็นตัวลวกหลอมละลายที่ค (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์. 2531 : 8) ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงใช้แบเรียมคาร์บอเนตผสมลงในน้ำเคลือบเพียงเล็กน้อย เพื่อจะช่วยให้ช่วยลวกหลอมละลายของเคลือบให้ต่ำลง เพราะเคลือบที่ใช้ในการทกลองเป็นเคลือบไฟสูง

✓ 4. การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ (Slip Casting)

การขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ เป็นการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยการเทน้ำเนื้อคิปั้น (Slip) ลงไปในแบบซึ่งเป็นรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามต้องการ ความหนาของผลิตภัณฑ์จะค่อย ๆ ก่อตัวขึ้น ✓

✓ เมื่อแบบที่ใช้เริ่มถูกของเหลวเข้าสู่เนื้อแบบ เนื้อผลิตภัณฑ์เริ่มค่อยมีความเหนียวเกาะกันและเริ่มแข็งขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากปล่อยให้แห้งแล้วถอดออกจากแบบ ขยี้ให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ (ปรีคา พิงค์ขาวชา. 2532 : 110) การผลิตด้วยวิธีการหล่อพิมพ์นั้นสามารถผลิตงานได้เหมือนกัน ขนาดเท่ากัน แบบพิมพ์ชิ้นหนึ่ง ๆ ในวันหนึ่งอาจผลิตได้ไม่มากนัก เนื่องจากพิมพ์มีความร้อนมากจากการหล่อ การหล่อพิมพ์ในระยะแรก ๆ อัตราการดูดซึมน้ำได้รวดเร็ว แต่ในระยะหลังอัตราการดูดน้ำจะช้าลงตามลำดับ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 42) การหล่อพิมพ์แบ่งออกเป็น 2 วิธี (Norton. 1973 : 95) คือ

1. การหล่อพิมพ์แบบกลวง (Drain Casting) หมายถึง การหล่อพิมพ์เมื่อได้รับความหนาของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการแล้ว จะเทน้ำขึ้นเพื่อให้ลื่นออกจากแบบพิมพ์
2. การหล่อพิมพ์แบบตัน (Solid Casting) หมายถึง การหล่อพิมพ์เมื่อเทน้ำขึ้นลงในแบบพิมพ์แล้ว จะปล่อยให้ไว้ให้แห้งอยู่ในแบบพิมพ์โดยไม่มีการเทน้ำขึ้นออก ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะตัน

ในการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์จะมีอยู่ 2 วิธีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งจะใช้วิธีการแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของผลิตภัณฑ์ แต่สำหรับในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้วิธีการหล่อพิมพ์แบบกลวง เพราะจะนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ประเภทภาชนะ

แบบพุพลาสเตอร์ ในการทำพุพลาสเตอร์นั้น ใช้น้ำผสมลงไปในพุพลาสเตอร์ประมาณร้อยละ 50 - 55 โดยน้ำหนัก กวนให้เข้ากันและพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดฟองอากาศในขณะกวนได้ เพราะฟองอากาศที่เกิดขึ้นจะทำให้แบบที่ได้ไม่แข็งแรงเท่าที่ควร ดังนั้นในระหว่างการผสมน้ำกับพุพลาสเตอร์ควรพยายามไล่ฟองอากาศออกให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้ อาจมีการปรับเวลาของการแข็งตัวของพุพลาสเตอร์ โดยการเติมสารบางอย่างลงไปทำให้พุพลาสเตอร์แข็งตัวช้าหรือเร็วได้ตามความต้องการ กล่าวคือ ถ้าต้องการเร่งการแข็งตัวของพุพลาสเตอร์ก็เติมเกลือแกง หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จำนวนเล็กน้อยลงไป แต่ถ้าต้องการให้การแข็งตัวช้าก็เติมสารส้ม หรือกำมะถันจำนวนเล็กน้อยลงไป (ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. น.ป.ป. : 50) วิธีการผลิตแบบพุพลาสเตอร์สำหรับใช้ในการขึ้นรูปแบบหล่อพิมพ์มี 4 ขั้นตอน (ปรีคา พิงค์ขาวชา. 2532 : 127) คือ ✓

✓ 1. สร้างแม่แบบ (Original Model) ซึ่งอาจจะทำด้วยขี้ผึ้งพลาสติก ฟิน
ไม้ ขี้ผึ้ง หรือโลหะ ✓

2. สร้างแบบซึ่งเหมือนกับแบบที่ใช้ในการหล่อน้ำกิน แต่ใช้สำหรับผลิตเคสโมลด์
(Case Mold) เรียกว่า บล็อกโมลด์ (Block Mold)

✓ 3. สร้างแบบซึ่งจะใช้สำหรับเทแบบขี้ผึ้งพลาสติก ซึ่งจะเป็นส่วนใดส่วนหนึ่งของแบบ
ขี้ผึ้งพลาสติกที่ใช้สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยวิธีการหล่อพิมพ์ เรียกว่า เคสโมลด์ ✓

4. สร้างแบบที่ใช้ขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อพิมพ์ เรียกว่า เวกกิงโมลด์ (Working Mold)
ซึ่งจะเหมือนกับบล็อกโมลด์ แต่ได้จากการเทแบบจากเคสโมลด์

✓ น้ำกิน (slip) ที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ ประกอบด้วย ฟิน และ
วัสดุอื่น ๆ ซึ่งกระจายลอยตัวอยู่ในน้ำ น้ำในน้ำกินควรจะมีเปอร์เซ็นต์ค่าเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่
น้ำกินก็ต้องมีการไหลตัวดี การที่จะทำให้มีคุณสมบัติเช่นนั้น จะต้องนำสารเคมีซึ่งมีคุณสมบัติ
ช่วยให้กลุ่มดินมีการกระจายและลอยตัวได้ดีใส่ลงไปช่วยน้ำกินที่ใช้ในการเทแบบชนิดมีการเท
น้ำกินที่เหลือทิ้ง ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.65 ถึง 1.80 ส่วนน้ำกินที่ใช้ในการ
เทแบบชนิดให้น้ำกินแข็งอยู่ในแบบเลย ควรมีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 1.75 ถึง 1.95
(ปริศกา พิมพ์ขาวฯ. 2532 : 135) การผสมดินกับน้ำเพียงอย่างเดียวไม่ถือว่าเป็นน้ำกินที่ดี
น้ำกินที่ดีจะขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำที่พอเหมาะ เนื้อดินจะลอยตัวได้ดี แต่ถ้าใส่น้ำมากเกินไปดินนั้น
จะเหลวมาก เมื่อเทลงแบบพิมพ์จะทำให้การหล่อน้ำ กินตกตะกอน โอกาสแตกมีมากขึ้น ใน
ทางปฏิบัติที่จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี ต้องใช้น้ำผสมปริมาณน้อยแล้วใช้โซเดียมซิลิเกตเติม
ลงไปค่อยจะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดีขึ้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 85) ปริมาณน้ำที่
เหมาะสมในการเตรียมน้ำกินจะอยู่ระหว่างร้อยละ 35 - 50 โดยน้ำหนักของดิน แล้วเติม
โซเดียมซิลิเกตผสมลงไปประมาณร้อยละ .20 ถึง .50 ก็จะทำให้ดินเกิดการลอยตัวได้ดี
(Rhodes. 1972 : 30) ✓

✓ การเตรียมน้ำกินสำหรับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ มี 2 วิธี (ปริศกา พิมพ์ขาวฯ.
2532 : 136) ดังนี้ ✓

✓ วิธีที่ 1 การผสมเนื้อดินเหนียวที่เตรียมมาเรียบร้อยแล้วกับสารละลายระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวในปริมาณที่เหมาะสม วิธีการนี้จะช่วยลดปริมาณเกลือแร่ที่ละลายน้ำทั้งหมดที่ติดมากับพวกวัตถุที่ยึดผสมทำเนื้อดินนั้น นอกจากนี้ยังทำให้การร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงสะดวกขึ้น

วิธีที่ 2 ผสมวัตถุที่ยึดจะใช้เป็นเนื้อดินเหนียวกับสารละลายระหว่างน้ำกับสารที่ช่วยให้เกิดการกระจายและลอยตัวในปริมาณที่เหมาะสม โดยทำให้น้ำดินมีความคงจําเพาะ 1.80 แล้วร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงและให้น้ำดินไปผ่านเครื่องแยกสารแม่เหล็ก เพื่อแยกเอาสารประกอบของเหล็กออก การเตรียมน้ำดินโดยวิธีนี้ประหยัด เพราะไม่ต้องเตรียมเนื้อดินเหนียวมาก่อน และการควบแน่นน้ำดินค่อนข้างลำบาก

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการเตรียมน้ำดินวิธีที่ 1 สำหรับการเตรียมน้ำดินที่ใช้ในการทดลอง เพราะสามารถควบคุมได้สะดวกกว่าวิธีที่ 2

การหล่อผลิตภัณฑ์ การหล่อน้ำดินให้เป็นผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (ปริทัศน์ข่าว. 2532 : 136) ดังนี้

1. การเทน้ำดินลงในแบบ ถ้าแบบขนาดเล็กจะใช้เหยือกหรือขันตักน้ำดินเทลงในแบบได้อย่างรวดเร็ว แต่ถ้าแบบขนาดใหญ่ การเทน้ำดินลงในแบบจะใช้หัวสูบลู

2. การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบ ในกรณีที่แบบพิมพ์ขนาดเล็ก การคว่ำแบบลงอาจใช้ไม้ระแนงรองรับแบบเอาไว้ ช่วยเขย่าหรือเคาะตัวแบบให้น้ำดินไหลออกมาได้เร็ว การที่จะเทน้ำดินออกเมื่อใดจะขึ้นอยู่กับความหนาของผนังผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ปริมาณน้ำในแบบและอายุการใช้งานของแบบพิมพ์ ในกรณีที่แบบใหญ่ ๆ เช่น แจกันขนาดใหญ่ หรือเครื่องสุขภัณฑ์ การเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบพิมพ์จะกระทำโดยวิธีคว่ำแบบไม่ได้ เพราะว่าจะเกิดสุญญากาศขึ้นระหว่างที่น้ำดินไหลลง ซึ่งจะเกิดแรงดึงดูดผลิตภัณฑ์ให้หลุดตามออกมาด้วย หรือไม่ก็ควบแน่นน้ำดินตัวของผลิตภัณฑ์เอง จะทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรูปทรงได้ ฉะนั้นการเทแบบขนาดใหญ่ต้องเทน้ำดินเข้าทางส่วนล่างของแบบ และการเทน้ำดินที่เหลือออกจากแบบก็จะให้ไหลออกทางส่วนล่างของแบบเช่นกัน ✓

✓ 3. การตกแต่งผลิตภัณฑ์ จะกระทำได้ง่ายถ้าแบบพิมพ์ออกแบบไว้ดี การตกแต่งจะต้องกระทำในเวลาที่เหมาะสม คือ ถ้าตกแต่งเร็วไปผลิตภัณฑ์ยังอ่อนนิ่มไม่แข็งแรงพอ จะทำให้เกิดการบิดเบี้ยวเสียรูปทรงได้ หรือถ้าตกแต่งช้าไปผลิตภัณฑ์ก็จะแข็งตัว เกิดการเปราะแตกหักได้ง่าย

4. การฉีกลงผลิตภัณฑ์ให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก ๆ ไม่ค่อยมีปัญหาในการแห้ง แต่ถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ของกระทำในห้องซึ่งมีการควบคุมความชื้น เพื่อให้ผลิตภัณฑ์แห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วทุกส่วน ✓

ขั้นตอนของการหล่อพิมพ์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ ผู้วิจัยจะนำมาใช้กับการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

✓ 5. น้ำเคลือบ (Glazes)

เคลือบเป็นวัสดุที่มีลักษณะเหมือนแก้ว ฉาบบาง ๆ บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส้อย่างต่อเนื่อง เกิดขึ้นโดยการที่ส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกตหลอมเหลว และยึดติดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ปริกา พิมพ์ขาวชา. 2530 : 1) สารประกอบของซิลิเกตรวมตัวกับสารประกอบอย่างอื่น ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด เป็นด่าง และเป็นกรดที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (Flux) (โกลด รัชวงศ์. 2531 : 62) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วย เพื่อทำให้เกิดสีและเกิดความขี้ในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 1)

การจำแนกชนิดของเคลือบ น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งทั้งเกณฑ์ที่มาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเคลือบนั้นเมื่ออยู่หลายเกณฑ์ก็ยากที่จะคงกันไปนี้ (โกลด รัชวงศ์. 2531 : 63 - 65)

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ผสมน้ำเคลือบ หมายถึง ถ้าหากใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบประเภทใดผสมในเคลือบมากก็จะเรียกชื่อน้ำเคลือบตามวัตถุดิบนั้น ๆ เช่น เคลือบเกลือ เคลือบซีเถ้า เคลือบตะกั่ว เคลือบบอร์แรกซ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์ เป็นต้น ✓

✓ 2. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ หมายถึง น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็จะเรียกชื่อน้ำเคลือบตามผลิตภัณฑ์ประเภทนั้น ๆ เช่น เคลือบเอิทดেন্টแวร์ เคลือบสโตนแวร์ และเคลือบปอร์สเลน เป็นต้น

3. แบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้เผาเคลือบ ซึ่งจะแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้คือ

3.1 เคลือบไฟสูง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,230 ถึง 1,360 องศาเซลเซียส

3.2 เคลือบไฟกลาง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,000 ถึง 1,230 องศาเซลเซียส

3.3 เคลือบไฟต่ำ ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส

4. แบ่งตามหลักของ Kerl และ Brogniart ซึ่งแบ่งประเภทของน้ำเคลือบไว้ 3 ประเภท ดังนี้

4.1 เคลือบตะกั่ว เป็นน้ำเคลือบที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

4.2 เคลือบไม่มีตะกั่ว เป็นน้ำเคลือบที่ไม่มีตะกั่วผสม

4.3 เคลือบเกลือ เป็นน้ำเคลือบที่ใช้เกลือแกงเผาให้ไอของเกลือระเหยไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ โดยที่เกิดจากไอของโซเดียมไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ และทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินาในเนื้อดินปั้นก็จะกลายเป็นเคลือบ

5. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็นด้วยตาหรือตามลักษณะผิวของเคลือบ สามารถแบ่งได้ดังนี้

5.1 เคลือบใส

5.2 เคลือบทึบ

5.3 เคลือบฉลิก

5.4 เคลือบก้าน

5.5 เคลือบประกายนุก

การจำแนกชนิดของเคลือบยังมีการแบ่งได้อีกหลายวิธีมากมายกว่าที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะนำเคลือบเฟลด์สปาร์มาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ทดลองเท่านั้น เพราะเป็นเคลือบที่มีอุณหภูมิในการเผาช่วงเดียวกับอุณหภูมิในการเผาเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่จะทำการวิจัย คือ

1,240 องศาเซลเซียส ก็จะไคล่ลาวถึงเคลือบเฟลด์สปาร์โดยละเอียดต่อไป

เคลือบเฟลด์สปาร์ (Feldspathic Glaze) หมายถึง เคลือบที่มีแร่หินพื้นมา เป็นวัตถุดิบหลักในส่วนผสมของเคลือบ ใช้สำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทโตนแวร์ (Fournier. 1977 : 81) เฟลด์สปาร์เป็นแร่ธรรมชาติที่หาได้ง่ายในทุก ๆ พื้นที่ สามารถบดย่อยให้เป็นผงละเอียดได้ง่าย มีจุพหุลอมละลายกลายเป็นแก้วที่อุณหภูมิประมาณ 1,250 องศาเซลเซียส และจุพหุลอมละลายยังสามารถกลีให้ต่ำลงได้อีก เพียงเพิ่มหินปูนลงไปเล็กน้อย นอกจากจะมี หินพื้นมาเป็นส่วนผสมในเคลือบแล้วยังมีแร่ธรรมชาติอีก 2 ชนิด คือ หินปูนและหินเชียวหุมนาน ผสมอยู่ควบคู่ไปด้วย ซึ่งเป็นแร่ที่หาได้ง่ายและมีขายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด เคลือบเฟลด์สปาร์จึง เป็นเคลือบที่สามารถเตรียมขึ้นมาใช้ได้ง่าย และเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย (Rhodes. 1972 : 59)

ตัวอย่างเคลือบเฟลด์สปาร์ ที่ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,240 องศาเซลเซียส ซึ่งมี ส่วนผสมของเคลือบดังนี้ (โจนล รัชวงศ์. 2531 : 67)

หินพื้นมา	ร้อยละ 52.6
หินเชียวหุมนาน	ร้อยละ 17.8
หินปูน	ร้อยละ 15.8
หินขาว	ร้อยละ 6.0
สังกะสีออกไซด์	ร้อยละ 4.3
ทาลค	ร้อยละ 2.0
แมเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ 1.5

ส่วนผสมของเคลือบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจะใช้เป็นเคลือบในการทดลองครั้งนี้ต่อไป

การเตรียมน้ำเคลือบ การที่จะเตรียมน้ำเคลือบสุกรใจ ๆ สุกรนั้นควรจะได้ทำการทดลองจนได้ผลที่มากก่อน เพื่อป้องกันผลการผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ขั้นตอนในการเตรียมน้ำเคลือบพอจะ

สรุปกล่าวเป็นชั้น ๆ ดังต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 69- 70)

1. การซึ่งส่วนผสม จะต้องให้ถูกต้องแน่นอนตรงตามสูตร

2. การบดผสม ส่วนมากการบดคือการผสมไปในตัว ถ้าเตรียมเคลือบจำนวนน้อย ๆ เพื่อทำการทดลองจะให้โรงบดผสมก็เพียงพอ แต่ถาต้องการเตรียมจำนวนมากและให้ได้ดีสม่ำเสมอ ควรจะบดด้วยหมอยกมากกว่า ส่วนจะบดนานเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสมหรือชนิดของน้ำเคลือบ น้ำเคลือบบางชนิดถ้าบดนานเกินไปอาจจะมีผลทำให้เคลือบเปลี่ยนแปลงได้ เช่น เคลือบบอแรกซ์ แต่เคลือบบางชนิดต้องการเวลาบดที่นานพอสมควร ซึ่งอาจจะถึง 15 ชั่วโมง เช่น เคลือบที่ใช้วิธีเคลือบโดยการพ่น ส่วนมากเป็นเคลือบไฟสูง หรือเคลือบเพล็คสปาร์ การบดน้ำเคลือบควรใส่น้ำไม่เกินร้อยละ 55 ของน้ำหนักส่วนผสม โดยทั่วไปจะใช้น้ำประมาณร้อยละ 30 ถึง 40 เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการบดสูงสุด เพราะถ้าใช้น้ำมากเกินไปจะทำให้การบดในหมอยกไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากน้ำจะทำให้ส่วนผสมเคลื่อนหนีและเกิดการสึกหรอของวัตถุถูกรภายในหมอยกและสูญเสียมากกว่าปกติ แต่ถาใส่น้ำน้อยไปจะทำให้ส่วนผสมมีความหนืดสูงทำให้ประสิทธิภาพในการบดต่ำเช่นกัน เนื่องจากลักษณะเคลื่อนที่โค้ย่างยากลำบาก ฉะนั้นเวลาบดน้ำเคลือบควรจะได้ใส่น้ำพอที่ ซึ่งมีวิธีสังเกตได้ง่าย ๆ ก็คือ ขณะที่หมอยกหมุนจะต้องได้ยินเสียงลูกกระทบกับหมอยกดังพอสมควร ถ้าหากว่าไม่ได้ยินเสียงเลยหรือนาน ๆ ได้ยินสักครั้งหนึ่งแสดงว่าใส่น้ำน้อยไป แต่ถามีเสียงกระทบระหว่างหมอยกกับลูกบดดังมาก แสดงว่าใส่น้ำมากเกินไป

3. การกรอง น้ำเคลือบเมื่อนำมาบดผสมเรียบร้อยแล้วจะต้องผ่านการกรองด้วยตะแกรงเพื่อให้ได้ความละเอียดตามต้องการ น้ำเคลือบแทบทุกชนิดถ้าเก็บเปียกไว้จะเกิดการตกผลึกของสาร ฉะนั้นก่อนนำไปใช้ควรจะคนให้ทั่วเสียก่อน หรือถากรองใหม่ได้ก็จะดียิ่งขึ้น ฉะนั้นสารเคมีจะเกาะตัวเป็นเม็ดผลึกแฝงอยู่ในเนื้อเคลือบ เมื่อเผาแล้วจะเกิดเป็นจุดเป็นดวงบนผิวเคลือบได้

วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์ การเคลือบผลิตภัณฑ์ควรเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม คือ ทำได้รวดเร็ว สะดวก และได้ดี ซึ่งมีวิธีการเคลือบที่นิยมใช้กันทั่วไปดังต่อไปนี้ (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 70 - 72)

1. เคลือบด้วยวิธีชุบหรือจุ่ม (Dipping) การเคลือบด้วยวิธีนี้ทำได้รวดเร็วและง่ายกว่าวิธีอื่น เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็ก มีน้ำหนักเบาและสามารถยกได้ โดยการเอาผลิตภัณฑ์จุ่มลงในน้ำเคลือบที่เตรียมไว้แล้ว ซึ่งน้ำเคลือบจะต้องมีจำนวนมากพอที่จะจุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งใบได้ เป็นวิธีการที่ประหยัดและนิยมใช้กันมาก

2. เคลือบด้วยวิธีเทหรือราด (Pouring) วิธีนี้ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ เช่น โถง หรือแจกันใหญ่ ๆ ซึ่งไม่สามารถจุ่มลงในอ่างน้ำเคลือบได้ หรือใช้สำหรับน้ำเคลือบที่มีปริมาณน้อย ๆ โดยการนำผลิตภัณฑ์ไปวางไว้บนปากอ่างน้ำเคลือบที่มีไม้วางพาดอยู่ แล้วใช้ภาชนะเทน้ำเคลือบราดให้ทั่วผลิตภัณฑ์ วิธีนี้อาจจะไค้ผิวเคลือบที่ไม่ค่อยเรียบนัก เนื่องจากรอยต่อระหว่างการเทราดแต่ละครั้ง

3. เคลือบด้วยวิธีทา (Painting) วิธีนี้ใช้แปรงหรือพู่กันทา ส่วนมากใช้กับผลิตภัณฑ์ทางงานศิลปะที่ต้องการความหลากหลายของสี

4. เคลือบด้วยวิธีพ่น (Spraying) เป็นวิธีที่ทำให้ได้เคลือบที่สม่ำเสมอ น้ำเคลือบที่ใช้เคลือบด้วยวิธีนี้ต้องผสมให้ใสกว่าการเคลือบด้วย 3 วิธีแรกที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อสะดวกในการพ่น ถ้าน้ำเคลือบมีความเข้มข้นมากจะทำให้พ่นไม่ออก วิธีการเคลือบนี้เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่และเครื่องสุญญากาศต่าง ๆ เวลาพ่นเคลือบควรพ่นในทิศทาง เพื่อป้องกันไม่ให้ฝุ่นเคลือบฟุ้งกระจาย

วิธีการเคลือบผลิตภัณฑ์มีอยู่หลายวิธีดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งจะเลือกใช้วิธีการใดขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะเคลือบ แต่สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการชุบหรือจุ่ม เพราะเป็นวิธีที่ประหยัดและรวดเร็ว เหมาะกับผลิตภัณฑ์ทดลองซึ่งมีขนาดเล็ก

6. เตาเผาและการเผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

เตาเผา (Kiln) เป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน ควบคุมความร้อน การกระจายความร้อน ซึ่งจะต้องมีการศึกษาและออกแบบให้ถูกต้องหลักวิชาการ สามารถเผาให้อุณหภูมิสูง

รวมทั้งประหยัดและปลอดภัย เตาเผาจึงเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยให้การเผาเครื่องปั้นดินเผามีคุณภาพดี (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : บทนำ)

ชนิดของเตาเผา การจำแนกชนิดของเตาเผา ทำได้หลายวิธี เช่น จำแนกตามวิธีการเผา ทางเดินของเปลวไฟ ลักษณะของเปลวไฟ ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้เผา เป็นต้น ซึ่งพอสรุปได้โดยย่อดังนี้ (กรมวิทยาศาสตร์. 2513 : 97 - 98)

1. จำแนกตามวิธีการเผา
 - 1.1 เตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง (Uncontinuous Kiln)
 - 1.2 เตาเผาแบบกึ่งต่อเนื่อง (Semi-Continuous Kiln)
 - 1.3 เตาเผาแบบต่อเนื่อง (Continuous Kiln)
2. จำแนกตามลักษณะทางเดินของลมร้อน
 - 2.1 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนในแนวนอน (Horizontal Draft Kiln)
 - 2.2 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln)
 - 2.3 เตาเผาแบบทางเดินลมร้อนลง (Down Draft Kiln)
3. จำแนกตามลักษณะของเปลวไฟ
 - 3.1 เตาเผาเปลวไฟสัมผัส (Direct Firing Kiln)
 - 3.2 เตาเผาแบบกึ่งป้องกันเปลวไฟ (Semi Muffle Kiln)
 - 3.3 เตาเผาแบบเตาปิด (Muffle Kiln)
4. จำแนกตามลักษณะของเชื้อเพลิง
 - 4.1 เตาฟืน (Wood Firing Kiln)
 - 4.2 เตาถ่านหิน (Coal Firing Kiln)
 - 4.3 เตาน้ำมัน (Oil Firing Kiln)
 - 4.4 เตาแก๊ส (Gas Firing Kiln)
 - 4.5 เตาไฟฟ้า (Electric Firing Kiln)

5. จำแนกตามลักษณะของผลิตภัณฑ์

- 5.1 เตาเผาขนม (Biscuit Kiln)
- 5.2 เตาเผาผลิตภัณฑ์สำเร็จ (Glost Kiln)
- 5.3 เตาเผาเคลือบ (Glazing Kiln)
- 5.4 เตาเผาสี (Decorating Kiln)

6. จำแนกตามรูปลักษณะของเตาเผา

- 6.1 เตากลม (Round Kiln)
- 6.2 เตาสี่เหลี่ยม (Rectangular Kiln)
- 6.3 เตาแนวนอน (Horizontal Kiln)
- 6.4 เตาอุโมงค์ (Tunnel Kiln)
- 6.5 เตาวงแหวน (Ring Kiln)

เตาเผาที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา มีมากมายหลายชนิด ทั้งที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทั้งนี้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาแต่ละประเภท ควรเลือกใช้เตาเผาให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เพื่อผลิตภัณฑ์ที่จะมีคุณภาพดีและตรงตามความต้องการ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเผาผลิตภัณฑ์ทดลองด้วยเตาไฟฟ้าและเตาแก๊ส เนื่องจากเป็นเตาเผาชนิดที่นิยมใช้ในสถานศึกษาและในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาทั่วไป จึงขอกล่าวรายละเอียดของเตาไฟฟ้าและเตาแก๊สไว้พอสังเขปดังนี้

เตาไฟฟ้า เป็นเตาเผาผลิตภัณฑ์ที่มีผู้สนใจกันมาก โดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากผู้ใช้มีความสะดวกสบายควบคุมได้ง่าย มีความปลอดภัยสูง ค่าใช้จ่ายไม่สิ้นเปลืองมากนัก และใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี เตาไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีหลายแบบและหลายขนาด สามารถเผาได้ในอุณหภูมิสูง มักนิยมสร้างเป็นเตาแบบกลม แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยม ซึ่งมีทั้งชนิดเปิดบน เปิดก้นหน้า มีความจุตั้งแต่หนึ่งลูกบาศก์ฟุต จนถึงหลายลูกบาศก์ฟุต ใช้ไฟฟ้าทั้งชนิด 1 เฟส (Single Phase) และ 3 เฟส (Three Phase)

ใช้กระแสไฟฟ้าชนิด 220 และ 380 โวลต์ เตาไฟฟ้าใช้แนวผลิตภัณฑ์ทั้งแตกการเผาไหม้ การเผาเคลือบ และยังใช้สำหรับเผาสีชนิดทนเคลือบได้อีกด้วย (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 63)

การทำงานของเตาไฟฟ้าจะให้พลังงานความร้อน ภายหลังจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดความต้านทาน (Heating Element) ที่ติดตั้งอยู่รอบผนังภายในเตา ซึ่งทำด้วยอิฐทนไฟและฉนวนกันความร้อน เมื่อกระแสไหลผ่านขดลวดความต้านทานถึงนานหลายชั่วโมง ความร้อนก็จะสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงอุณหภูมิสูงสุดตามความต้องการ การควบคุมอุณหภูมิจะใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) ที่ติดตั้งไว้กับตัวเตา หรืออาจใช้เทอร์มิกไฟ (Pyrometric Cone) วางไว้ภายในเตาขณะเผาก็ได้อีกเช่นกัน บรรยากาศในเตาเผาไฟฟ้านี้จะเป็นแบบออกซิเคชั่นเพียงอย่างเดียว

เตาแก๊ส ปัจจุบันถือว่าเป็นเตาที่กำลังนิยมในหมู่บรรดาผู้ผลิตเครื่องปั้นดินเผา สามารถเผาในอุณหภูมิสูง มีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย นอกจากนี้ยังสามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นและแบบรีดักชั่น แบบของเตาแก๊สที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมี 2 แบบ ดังนี้ (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 33)

1. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนขึ้น (Up Draft Kiln) เป็นเตาแก๊สที่ไม่มีปล่องไฟ แต่จะมีช่องระบายความร้อน ทำหน้าที่แทนปล่องไฟอยู่ที่ตอนบนของเตา ความร้อนจะผ่านแผ่นรองชนิดทนไฟสูง โดยไม่ผ่านผลิตภัณฑ์โดยตรง แผ่นรองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี และช่วยกระจายความร้อนให้แผ่ไปทั่วทั้งเตาอย่างสม่ำเสมอ เตาชนิดนี้นิยมออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีทั้งชนิดเปิดหน้าและเปิดข้าง เป็นเตาที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก จึงเหมาะสำหรับงานทดลอง และงานวิจัยต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

2. เตาแก๊สชนิดทางลมร้อนลง (Down Draft Kiln) เป็นเตาแก๊สที่ออกแบบสร้างให้มีขนาดใหญ่ สามารถเผาผลิตภัณฑ์ได้จำนวนมาก ๆ การบรรจุผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาจะใช้รถเข็น ซึ่งทำให้สะดวกและคล่องตัว ถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตก็จะเพิ่มรถไว้สำหรับอีก สามารถเผาคือต่อกันได้ เตาชนิดนี้จะต้องสร้างให้มีปล่องเตา ซึ่งจะช่วยให้การเผาไหม้หรือสันดาปได้ดียิ่งขึ้น เตาแบบ

ทางลมร้อนลงนี้จะให้อุณหภูมิในการเผาสูงมาก และสม่ำเสมอทั่วทั้งเตา จึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ แต่การลงทุนในการก่อสร้างค่อนข้างสูง ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เผาผลิตภัณฑ์ทดลองในการวิจัยครั้งนี้

การเผาผลิตภัณฑ์ (Firing) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใด จะสวยงามมากน้อยเพียงใด หรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใด ก็จะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้คือ การเผาดิบ (Biscuit Firing) และการเผาเคลือบ (Glost Firing) (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 152)

การเผาดิบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ปั้นแต่งและเผึ่งให้แห้งก็แล้วมาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นตอนต่อไป การเผาดิบอาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 154) ดังนี้

1. เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำ ในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุลินทรีย์หลอมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินมีความแข็งแรง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำเป็นไปตามประเภทของผลิตภัณฑ์

2. เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผาดิบ ควรจะเอาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หรือมีน้ำหนักมากไว้ด้านล่าง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กหรือมีน้ำหนักเบาวางซ้อนไว้ด้านบน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ การเผาดิบในระยะแรกจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้า ๆ ไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนเร็วเกินไป ถ้าผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาไม่แห้งสนิทเมื่อได้รับความร้อนมาก น้ำที่อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะแตกกระเบิดได้ ฉะนั้นการเผาในระยะแรกจึงต้องให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยเพื่อไล่น้ำออกจากผลิตภัณฑ์เสียก่อน สำหรับเตาเผาขนาดเล็กอย่างน้อยภายในระยะเวลา

3 ขั้วโม่งแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียสต่อขั้วโม่ง แล้วจึงค่อย ๆ เติบโตไฟเพิ่มความร้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงมากเกินไป 150 องศาเซลเซียสต่อขั้วโม่ง เมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงค่อย ๆ ลดความร้อนภายในเตาให้เย็นลงทีละน้อย จนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาได้

การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์ที่อาจจะตกแต่งสีแล้ว หรือไม่ตกแต่งสีก็ได้ แต่ได้ชุบเคลือบแล้วและจะเผาเพื่อให้หน้าเคลือบละลายจับผิวผลิตภัณฑ์เป็นมันแวววาวคล้ายแก้ว หรือบางชนิดอาจจะเป็นเคลือบก้านก็ได้ การเผาเคลือบเป็นการเผาชั้นสุดท้าย จะได้นวลเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ใช้ได้ การเผาชั้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มิฉะนั้นจะเสียหายได้ง่ายที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. 2529 : 156) การเผาเคลือบไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟฟ้าหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกินยอมทำให้หน้าเคลือบไหม้มากอาจจะฉีกกันเตา หรือชั้นรองผลิตภัณฑ์ ยากแก่การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจะทำให้เคลือบไม่สุกเกิดความคันไม่มันแวววาวเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤกษ์. 2523 : 155)

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเคลือบ ต้องวางให้ไคระค้ำจะช่วยลดการบิดเบี้ยวได้ ผลิตภัณฑ์ประเภททรงสูงภายในกลาง ไม่ควรวางไว้ใกล้จุดที่จะถูกเปลวไฟได้ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว ขูดขีดหรือสึกไม่สม่ำเสมอ การเผาเคลือบควรเร่งไฟเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้า ๆ ไม่ควรสูงเกิน 100 องศาเซลเซียสต่อขั้วโม่ง โดยเฉพาะในช่วงที่เคลือบจะเริ่มหลอมละลายจะช่วยให้อุณหภูมิเป็นมันและไม่มีฟอง เมื่อเผาเคลือบเสร็จแล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิต่ำในเตาเหลือไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาได้ มิฉะนั้นเคลือบอาจจะร่วนหรือแตกเสียหายได้

อุปกรณ์และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือที่จำเป็นใช้ในการวัดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เพื่อให้คุณภาพดี ถูกต้อง ในสมัยโบราณใช้การสังเกตสีของไฟ หรือชิ้นส่วนของ

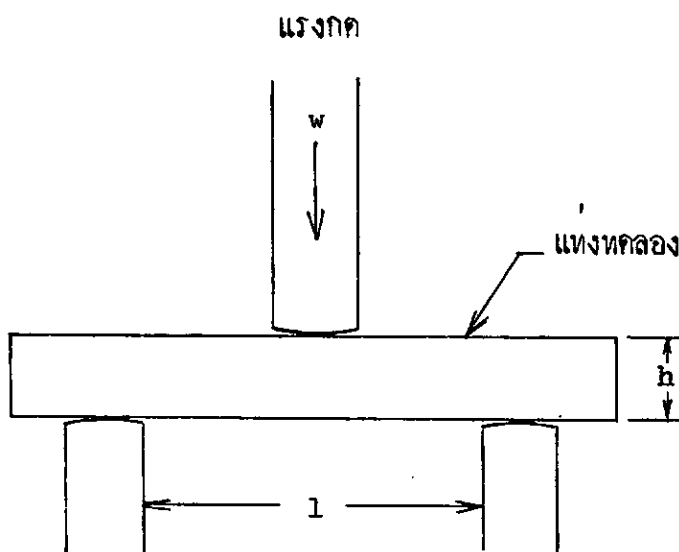
ผลิตภัณฑ์โดยการคาดคะเนด้วยสายตา ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และความชำนาญพิเศษ แต่ในปัจจุบันได้มีผู้คิดอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ หลายแบบ ที่ใช้วัดอุณหภูมิได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง ได้แก่ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Pyrometer) พุนวัดไฟ (Pyrometric Cone) เครื่องมือวัดความร้อนโดยการเปรียบเทียบสีไฟ (Optical Pyrometer) เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 107)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการ การเกิดกระแสไฟฟ้าจากความร้อน โดยนำเอาโลหะสองชนิดมาเชื่อมโยงให้ปลายติดกัน เรียกว่า ข้อต่อจังก์ชัน (Hot Junction) แต่โลหะทั้งสองจะต้องมีคุณสมบัติทางสัณยศาสตร์ในเตาเผาให้ได้รับความร้อน ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับเครื่องมือวัดอุณหภูมิ แล้วเข็มจะขึ้นบอกอัตราความร้อนตามความมากน้อยของกระแสไฟฟ้า มีตัวเลขบอกอุณหภูมิเป็นทั้งองศาเซลเซียสและฟาเรนไฮต์ ปลายของโลหะที่ต่อไปยังหน้าปัดเรียกว่า โคลด์จังก์ชัน (Cold Junction) ส่วนที่ได้รับความร้อนเรียกว่า เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) จะมีเครื่องป้องกันทำด้วยวัสดุทนไฟหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่ง

พุนวัดไฟ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเตา การใช้ก็ง่ายและสะดวก ผู้ที่คิดทำพุนวัดไฟเป็นครั้งแรก ได้แก่ ชาวเยอรมันชื่อ เซ็กเกอร์ (Segger) จึงตั้งชื่อตามผู้คิดค้นว่า เซ็กเกอร์โคน (Segger Cone) โดยนำเอาวัตถุคุณสมบัติพลัสค์ ทำเป็นแท่งสามเหลี่ยมทรงคล้ายปิรามิด ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ค่าไปจนสูง แบ่งออกเป็นหมายเลข นอกจากพุนวัดไฟของเซ็กเกอร์แล้วยังมีของออร์ตัน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีอยู่ 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดใหญ่ (Large Cone) และขนาดเล็ก (Small Cone) เป็นต้น

การใช้พุนวัดไฟที่ถูกต่อนั้นจะใช้ครั้งละ 3 ตัว เรียงตามลำดับอุณหภูมิบนแท่งหิน โดยทำมุมเอียง 82 องศา การอ่านโคนจะบิตัวกลางเป็นหลักและเป็นหัวอุณหภูมิที่ต้องการ การเผาที่ถูกต่อนั้นจะอ่านตามเข็มนาฬิกา ตัวแรกจะอ่านรอบ ตัวที่สองจะเอียงทำมุมประมาณสองนาฬิกา ตัวที่สามจะเอียงประมาณหนึ่งนาฬิกา เป็นต้น นอกจากนี้แล้วการวางพุนวัดไฟควรวางในส่วนอุณหภูมิเฉลี่ยของเตา และควรวางให้สามารถมองเห็นได้ง่าย

- โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)
 w = แรงกดที่ทำให้แท่งทดลองหัก (ก.ก.)
 l = ระยะห่างของแท่งรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)
 b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)
 h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)



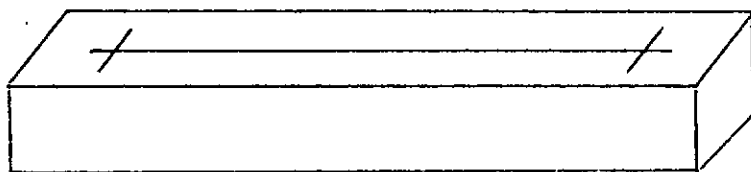
ภาพประกอบ 2 แสดงการกักน้ำหนักลงบนแท่งทดลองด้วยเครื่องมือทดสอบความแข็งแรง

2. ความหดตัว (Total Shrinkage) คุณสมบัติเกี่ยวกับการหดตัวของดินมีความสำคัญ เพราะในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ ๆ ถ้าดินมีการหดตัวมากก็จำเป็นที่จะต้องให้ดินนั้นแห้งอย่างช้า ๆ และแห้งอย่างสม่ำเสมอทั่วเนื้อผลิตภัณฑ์ สาเหตุที่ดินหดตัวก็เนื่องมาจากน้ำที่อยู่มาก ๆ เนื้อดินระเหยออกไป ทำให้เนื้อดินเข้ามามีติดกันจึงเกิดการหดตัว โดยปกติแล้วดินที่มีความละเอียดและเหนียวย่อมมีการหดตัวมากกว่าดินหยาบ การหดตัวของดินมีอยู่ 2 ระยะด้วยกัน คือ หดตัวหลังจากการปั้นให้แห้ง (Drying Shrinkage) และการหดตัวหลังจากการเผา

(Firing Shrinkage) เปอรเซ็นต์การหดตัวหลังจากการเผามีความสำคัญในการเผานิลิตภัณฑ์มาก เพราะถ้ามีเปอรเซ็นต์การหดตัวสูง จำเป็นจะต้องเผานิลิตภัณฑ์อย่างช้าและความคุมอุณหภูมิให้ความสม่ำเสมอ มิฉะนั้นผลิตภัณฑ์จะเกิดการบิดเบี้ยว หรือแตกเสียหายได้ นอกจากนั้นการทดสอบหาเปอรเซ็นต์การหดตัวของหินทั้งก่อนเผาและหลังจากเผาแล้ว ยังเป็นประโยชน์ต่อการขยายแบบเพื่อให้ได้นิลิตภัณฑ์มีขนาดตามที่ต้องการได้อีกด้วย

วิธีทดสอบความหดตัวของหิน

1. นำหินที่เตรียมไว้ทำเป็นแท่งทดลองเช่นเดียวกับการทดสอบความแข็งแรงของหินแล้วทำเครื่องหมายตามคานยาว โดยวัดจากริมของแท่งทดลองเข้ามาคานละเท่า ๆ กัน แล้วขีดทำเครื่องหมายไว้ทั้งภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงการทำเครื่องหมายไว้ที่แท่งทดลอง

2. นำแท่งหินไปเผิงให้แห้งแล้ววัดความยาวจนบันทึกไว้
3. นำแท่งหินไปเผาที่อุณหภูมิตามต้องการ
4. วัดความยาวของแท่งทดลองหลังจากเผาแล้วจนบันทึกไว้
5. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาเปอรเซ็นต์การหดตัวของหิน โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

(Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{เปอรเซ็นต์การหดตัวของหินแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของหินเปียก} - \text{ความยาวของหินแห้ง}}{\text{ความยาวของหินเปียก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของหินเผาแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของหินแห้ง} - \text{ความยาวของหินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของหินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดตัวของหิน} = \frac{\text{ความยาวของหินเปียก} - \text{ความยาวของหินที่เผาแล้ว}}{\text{ความยาวของหินเปียก}} \times 100$$

3. การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) การทดสอบหาเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะทำให้ทราบถึงความแตกต่างของหิน หินที่มีการดูดซึมน้ำสูงจะมีจุลหอยรูละลายสูง ทำให้สามารถเลือกหินที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาชนิดต่าง ๆ

วิธีทดสอบการดูดซึมน้ำ

1. นำแท่งทดลองที่ผ่านการเผาแล้วมาชั่งน้ำหนักแล้วจดบันทึกไว้
2. นำแท่งทดลองไปต้มในน้ำร้อนกระทั่งน้ำเดือด จึงเริ่มจับเวลาแล้วต้มในน้ำเดือดต่อไปอีก 2 ชั่วโมง หยุดให้ความร้อนแก่หม้อต้ม
3. หักแท่งทดลองไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง
4. นำแท่งทดลองมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้าแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจนแห้งแล้ว แล้วนำข้อมูลไปคำนวณหาสูตรดังต่อไปนี้ (Rhodes. 1972 : 200)

$$A = \frac{w - D}{D} \times 100$$

โดย A = เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ
 w = น้ำหนักหินที่ต้มแล้ว
 D = น้ำหนักหินที่แห้ง

4. ความทนไฟของดิน (Refractories) เพื่อจำแนกาวินที่ได้อาจใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ชนิดทนไฟได้หรือไม่ ดินที่ทำผลิตภัณฑ์ทนไฟนั้นต้องมีความทนไฟขั้นต่ำสุด 1,550 องศาเซลเซียส แต่สำหรับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ต้องมีความทนไฟขั้นต่ำสุด 1,200 องศาเซลเซียส

วิธีทดสอบความทนไฟของดิน

1. นำดินที่เตรียมไว้มาทำแท่งทดลองรูปท่อนักไฟ ให้มีขนาดเท่ากับท่อนักไฟขนาดใหญ่ตามมาตรฐานของออร์ตัน (Orton) แล้วฝังให้แห้งสนิท
2. นำแท่งทดลองที่แห้งสนิทแล้วมาวางเรียงบนแท่งดิน โดยทำมุมเอียง 82° เช่นเกี่ยวกับการวางท่อนักไฟ แล้วทำรหัสไว้กลางของแท่งดิน
3. นำแท่งทดลองที่วางเรียงบนแท่งดินเข้าเตาเผา ใช้อุณหภูมิในการเผาสูงจนแท่งทดลองหลอมละลายลงรวมกับพื้นแท่งดินที่แท่งทดลองวางอยู่ แล้วจึงบดเตา จากนั้นก็อุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอุณหภูมิ อุณหภูมิที่วัดได้ก็จะเป็นค่าของความทนไฟของดินที่นำมาทดสอบ

5. สีของดิน (Fired Colour) สีของดินมีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผาอย่างยิ่ง เนื่องจากดินแต่ละแหล่งจะมีสิ่งเจือปนต่าง ๆ อยู่มาก เช่น แร่ต่าง ๆ หินกากพืช หินกากสัตว์ เป็นต้น โดยปกติแล้วสีของดินจะถูกเปลี่ยนแปลงหลังจากการเผาแล้ว เช่น ดินเหนียวขาว ก่อนการเผามักจะปรากฏสีที่ดำคล้ำ หรือสีเทา แต่เมื่อเผาแล้วจะเปลี่ยนสีเป็นสีขาว หรือดินเหนียวเมื่อเผาแล้วจะเปลี่ยนสีเป็นสีแสดเข้มขึ้น แต่ดินทนไฟเมื่อเผาแล้วมักจะมีสีแสดเข้มเป็นต้น

วิธีทดสอบสีของดิน โดยนำดินมาทำเป็นแท่งทดลองเช่นเกี่ยวกับการทดสอบความทนไฟของดิน ปล่อยให้แห้งสนิทแล้วจึงนำไปเผาในห้วงอุณหภูมิต่าง ๆ ระหว่าง 700 ถึง 1,250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแต่ละช่วงจะปรากฏสีดินที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้หรือนำไปผสมกับดินอื่น เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้อย่างเหมาะสมตามความต้องการ

วิธีการในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตั้งรายละเอียดเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. ตัวแปร
3. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ในการทดลอง
4. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง
5. การดำเนินการวิจัย
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

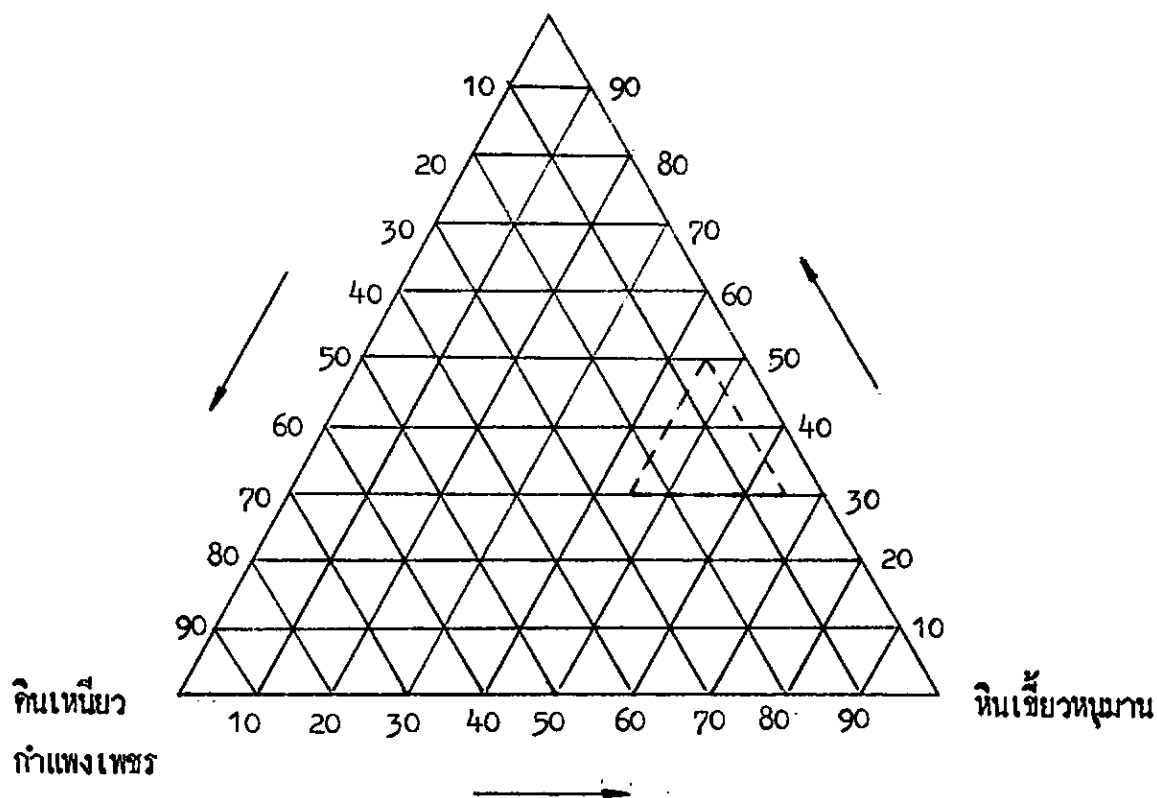
ประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ คินเหี้ยวในจังหวัดกำแพงเพชร
รวมทั้งหมด 5 แห่ง ดังนี้

- | | | |
|-------------------------|--------|--|
| แหล่งคินเหี้ยวหมายเลข 1 | ได้แก่ | คินเหี้ยวบริเวณรอบคันคู วิทยาลัยครูกำแพงเพชร |
| แหล่งคินเหี้ยวหมายเลข 2 | ได้แก่ | คินเหี้ยวตำบลหนองปลิง |
| แหล่งคินเหี้ยวหมายเลข 3 | ได้แก่ | คินเหี้ยวบ้านทุ่งเศรษฐี |
| แหล่งคินเหี้ยวหมายเลข 4 | ได้แก่ | คินเหี้ยวอำเภอไทรงาม |
| แหล่งคินเหี้ยวหมายเลข 5 | ได้แก่ | คินเหี้ยวอำเภอลองลาน |

กลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ คินเหี้ยวจังหวัดกำแพงเพชร
จำนวน 5 หมายเลข รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง และเนื้อคินเหี้ยวที่เกิดจากส่วนผสมของคินเหี้ยว
จังหวัดกำแพงเพชรแต่ละหมายเลข หินพื้นน้ำ และหินเขียวหุ้มนาน จำนวน 75 ตัวอย่าง หรือ
75 สูตรส่วนผสม โดยวิธีการสุ่มแบบเจาะจงดังต่อไปนี้

1. เขียนตารางสามเหลี่ยม เพื่อหาขอบเขตของสูตรส่วนผสมของเนื้อดินนั้น โดยกำหนดสัดส่วนของวัตถุดิบทั้งนี้ คือ ดินเหนียวกำแพงเพชรอยู่ระหว่างร้อยละ 45 ถึง 65 หินฟ้าน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 5 ถึง 25 และหินเขียวหุมนานอยู่ระหว่างร้อยละ 30 ถึง 50 โดยใช้เกณฑ์ของสัดส่วนเนื้อดินเป็นสโตนแวร์ของชิงเกอร์ไบนท์ที่ 2 หน้า 18 ซึ่งจะได้ขอบเขตของสูตรส่วนผสม ดังภาพประกอบ 4

หินฟ้าน้ำ



ภาพประกอบ 4 ตารางสามเหลี่ยมแสดงขอบเขตของสูตรส่วนผสมเนื้อดินนั้น

5. สูตรส่วนผสมเนื้อคั้นทั้ง 75 สูตร สามารถสรุปออกมาเป็นสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อคั้นแหล่งคั้นต่าง ๆ ดังตาราง 4 ถึงตาราง 8

ตาราง 4 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อคั้น แหล่งคั้นหมายเลข 1

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคั้นเป็นร้อยละ		
	คั้นหมายเลข 1	หินพันนา	หินเขี้ยวหนุมาน
1.1	45	5	50
1.2	45	10	45
1.3	50	5	45
1.4	45	15	40
1.5	50	10	40
1.6	55	5	40
1.7	45	20	35
1.8	50	15	35
1.9	55	10	35
1.10	60	5	35
1.11	45	25	30
1.12	50	20	30
1.13	55	15	30
1.14	60	10	30
1.15	65	5	30

ตาราง 5 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อคิมฉั๊น แหล่งคิมหมายเลข 2

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิมเป็นร้อยละ		
	คิมหมายเลข 2	หินพันมา	หินเขียวหุ่ฆาน
2.1	45	5	50
2.2	45	10	45
2.3	50	5	45
2.4	45	15	40
2.5	50	10	40
2.6	55	5	40
2.7	45	20	35
2.8	50	15	35
2.9	55	10	35
2.10	60	5	35
2.11	45	25	30
2.12	50	20	30
2.13	55	15	30
2.14	60	10	30
2.15	65	5	30

ตาราง 6 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 3

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 3	หินพัมมา	หินเขียวหุมาน
3.1	45	5	50
3.2	45	10	45
3.3	50	5	45
3.4	45	15	40
3.5	50	10	40
3.6	55	5	40
3.7	45	20	35
3.8	50	15	35
3.9	55	10	35
3.10	60	5	35
3.11	45	25	30
3.12	50	20	30
3.13	55	15	30
3.14	60	10	30
3.15	65	5	30

ตาราง 7 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 4

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคิดเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 4	หินพื้นน้ำ	หินเขียวหุ่มนาน
4.1	45	5	50
4.2	45	10	45
4.3	50	5	45
4.4	45	15	40
4.5	50	10	40
4.6	55	5	40
4.7	45	20	35
4.8	50	15	35
4.9	55	10	35
4.10	60	5	35
4.11	45	25	30
4.12	50	20	30
4.13	55	15	30
4.14	60	10	30
4.15	65	5	30

ตาราง 8 แสดงสัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ผสมในเนื้อดินปั้น แหล่งดินหมายเลข 5

สูตรที่	วัตถุดิบที่ใช้ผสมคึกเป็นร้อยละ		
	ดินหมายเลข 5	หินพื้นมา	หินเขียวหนามาน
5.1	45	5	50
5.2	45	10	45
5.3	50	5	45
5.4	45	15	40
5.5	50	10	40
5.6	55	5	40
5.7	45	20	35
5.8	50	15	35
5.9	55	10	35
5.10	60	5	35
5.11	45	25	30
5.12	50	20	30
5.13	55	15	30
5.14	60	10	30
5.15	65	5	30

2. ตัวแปร

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

2.1.1 จินเหียนว้างหัวค้ำแพงเพชร 5 แห่ง (5 หมายเลข)

2.1.2 ส่วนผสมของเนื้อคินมันส์โตนแวร์

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของจินเหียนว้างหัวค้ำแพงเพชร และเนื้อคินมันส์โตนแวร์ก่อนการเผา ได้แก่

2.2.1.1 ความแข็งแรง

2.2.1.2 ความหดรัด

2.2.1.3 ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์

2.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของจินเหียนว้างหัวค้ำแพงเพชร และเนื้อคินมันส์โตนแวร์หลังการเผา ได้แก่

2.2.2.1 ความหดรัด

2.2.2.2 ความดูดกชื้นน้ำ

2.2.2.3 ความทนไฟ

2.2.2.4 สี

2.2.2.5 ความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์

3. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งการทดลอง ซึ่งจะต้องใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์เป็นส่วนใหญ่ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 หัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1.1 เครื่องบดผสมดิน (Ball Mill)
- 3.1.2 เครื่องบดผสมน้ำเคลือบ (Jar Mill)
- 3.1.3 เตาไฟฟ้า
- 3.1.4 เตาแก๊ส
- 3.1.5 เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ
- 3.1.6 อ่างเกรอะกินทำด้วยพลาสติกเทอร์
- 3.1.7 เครื่องชั่งไฟฟ้า
- 3.1.8 อ่างน้ำพลาสติก
- 3.1.9 ถังน้ำพลาสติก
- 3.1.10 ตะแกรงร่อน ขนาด 80 และ 100 เมช (Mesh)
- 3.1.11 ขุนวัดไฟ หมายเลข 6, 7 และ 8
- 3.1.12 เครื่องวัดอุณหภูมิ

3.2 วัสดุ

- 3.2.1 หินเซียวหมุน
- 3.2.2 หินฟ้าน้ำ
- 3.2.3 หินเหนียวกำแพงเพชร
- 3.2.4 พลาสติกเทอร์
- 3.2.5 โซเดียมซิลิเกต
- 3.2.6 หินปูน
- 3.2.7 หินขาว
- 3.2.8 สังกะสีออกไซด์
- 3.2.9 ทาลค

3.2.10 เบื้องต้นการขอเนต

4. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

สถานที่ที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สถานที่ในการทดลอง 2 แห่ง ดังนี้

1. โรงฝึกงานภาควิชาเครื่องปั้นดินเผา คณะวิชาอุตสาหกรรมศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร สหวิทยาลัยรัตนโกสินทร์ ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงคลองถนน เขตบางเขน กรุงเทพมหานคร ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เตาเผาอุณหภูมิสูงในการทดลองเผาผลิตภัณฑ์ทดลอง
2. โรงฝึกงานเซรามิกส์ ภาควิชาหัตถศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร สหวิทยาลัยพหุชนิราช ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งผู้วิจัยจะใช้เป็นสถานที่เตรียมวัตถุดิบ และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ในการวิจัยครั้งนี้ใช้เวลาในการทดลองตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2534 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2534 เป็นเวลา 4 เดือน

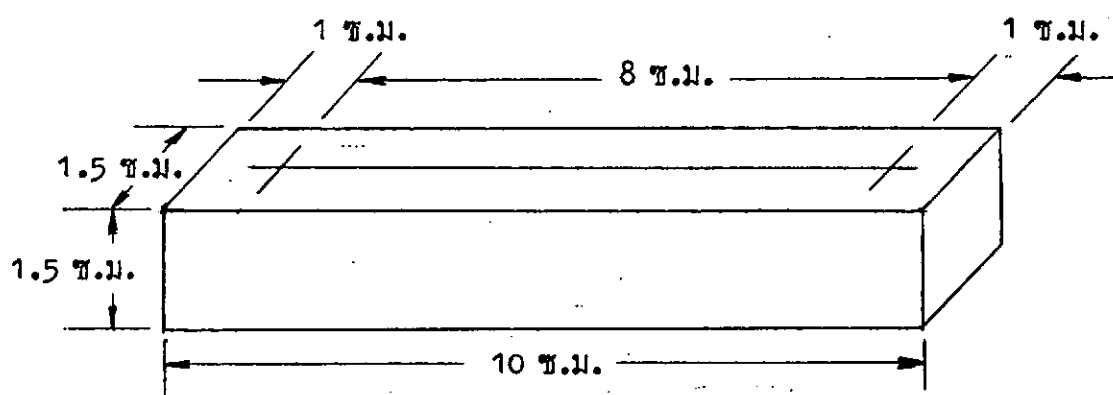
5. การดำเนินการวิจัย

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการทดลองออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวกำแพงเพชรทั้ง 5 แหล่ง
- ตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์
- ตอนที่ 3 ทดสอบความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์และเคลือบเฟล็กส์ปาร์

ตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของหินเหนียวกำแพงเพชร ผู้วิจัยได้ลำดับ
ขั้นตอนในการทดลอง ดังนี้

1. นำหินเหนียวแต่ละแหล่งมาใส่ลงในภาชนะพลาสติก แล้วใส่น้ำหนักหินไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง เพื่อให้หินละลายแยกออกจากกันจนกลายเป็นหินเหลว
2. นำน้ำหนักที่หนักไว้มาผ่านการล้างเพื่อกำจัดเศษหิน เศษไม้ หรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่พบบ่อยในเนื้อหินออกไป ด้วยการผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช
3. นำหินที่ผ่านตะแกรงแล้วใส่ลงในหม้ออบหิน เข้าเครื่องอบผสมหิน โดยแยกอบผสมทีละแหล่ง ซึ่งจะใช้เวลาในการอบผสมแหล่งละ 6 ชั่วโมง แล้วจึงนำออกจากหม้ออบมาผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช แล้วนำไปใส่อ่างเกรอะหินทำให้หินมีความแข็งแรงสามารถขึ้นรูปได้
4. นำหินเหนียวแต่ละแหล่งมาทำเป็นแท่งทดลองขนาดกว้าง 1.5 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร และยาว 10 เซนติเมตร ทำแหล่งละ 3 แท่ง
5. นำแท่งทดลองแหล่งละ 1 แท่ง มาเขียนรหัสหมายเลขของแหล่งหินไว้ที่ด้านหลัง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสนิทเพื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่องมือวัดความแข็งแรงของหิน
6. นำแท่งทดลองแหล่งละ 1 แท่ง มาเขียนรหัสหมายเลขของแหล่งหินไว้ที่ด้านหลัง และทำเครื่องหมายระยะความยาวไว้ที่ด้านหน้าของแท่งทดลอง โดยวัดจากบริเวณนอกของแท่งทดลองเข้ามาข้างละ 1 เซนติเมตร แล้วทำเครื่องหมายขีดไว้ ทั้งภาพประกอบ 6 แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสนิท ด้วยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบความหดตัวของหินก่อนเผา

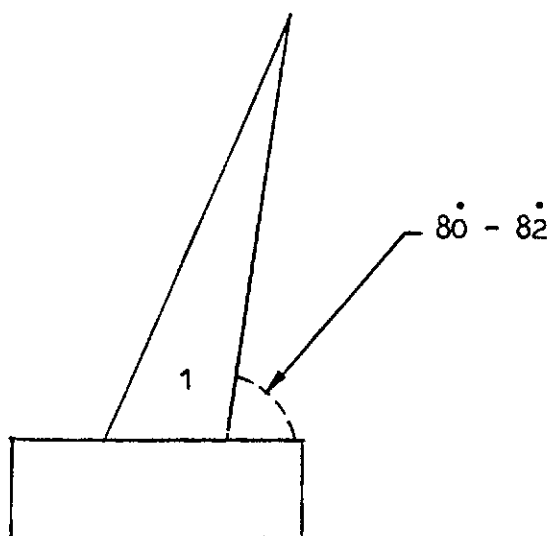


ภาพประกอบ 6 แสดงลักษณะของแท่งทดลอง

7. นำแท่งทดลองแต่ละแท่งละ 1 แท่ง มาทำรหัสหมายเลขของแหล่งกินไว้ที่ด้านหลัง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสนิทจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นก็นำไปทดสอบความหดตัวของกินหลังการเผาและความดูดซึมน้ำของกิน

8. นำกินเหี่ยวแต่ละแท่งมาทำเป็นแท่งทดลองที่มีรูปร่างเป็นรูปทรงแปดหน้า ทำแท่งละ 1 แท่ง แล้วเขียนรหัสหมายเลขของแหล่งกิน ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งสนิท

9. นำแท่งทดลองรูปทรงแปดหน้าให้แห้งสนิทแล้วนำเข้าเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส แล้วนำไปวางบนแผ่นกินเหี่ยวลักษณะเช่นเดียวกับการวางท่อนวักไฟ โดยแยกแท่งทดลองของกินแต่ละแท่ง ดังภาพประกอบ 7 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบความทนไฟและสีของเนื้อกิน ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นและแบบรีดักชั่น ภาพประกอบ 12 และ 13



ภาพประกอบ 7 แสดงการวางแท่งทดลองรูปทรงแปดหน้า

ตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อกินเป็นสโตนแวร์ ผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนของการทดลองไว้ดังต่อไปนี้

1. ผังกินเทียนยาวแต่ละแหล่งที่ผ่านการควบคุมสัณยเคราะห์ของควบคุมดินแล้วให้แห่งสนิท แล้ว
ควบคุมอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส อีกครั้งหนึ่ง นำไปบดให้ละเอียด
 2. นำกิมที่ผ่านการบดแล้วแต่ละแหล่งไปผสมกับหินพื้นมาและหินสีขาวประมาณ ตามสูตร
ส่วนผสมที่ลุ่มไคจากการางสามเหลี่ยม โดยผสมสูตรละ 500 กรัม แล้วใส่ถุงพลาสติกไว้
 3. นำส่วนผสมเนื้อกิมที่ผสมไว้แต่ละสูตรเข้าเครื่องควบคุมสูตรละ 3 ชั่วโมง แล้ว
นำไปเกรอะให้แห้งจนสามารถขึ้นรูปได้
 4. นำเนื้อกิมที่ขึ้นรูปได้แล้วมาทำแท่งทดลองเช่นเดียวกับในข้อ 4 ของการทดลอง
ตอนที่ 1 โดยทำสูตรละ 3 แท่ง
 5. นำแท่งทดลองสูตรละ 1 แท่ง มาเขียนรหัสของแต่ละสูตรที่ด้านหลังของแท่ง
ทดลอง แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้แห่งสนิท เพื่อนำไปทดสอบความแข็งแรงของเนื้อกิมในแต่ละสูตร
 6. นำแท่งทดลองสูตรละ 1 แท่ง มาเขียนรหัสของแต่ละสูตรที่ด้านหลังของแท่ง
ทดลอง ทำเครื่องหมายระยะความยาว เพื่อนำไปทดสอบความหักตัวของเนื้อกิมนั้น โดยทำ
เครื่องหมายเช่นเดียวกับในข้อ 6 ของการทดลองตอนที่ 1
 7. นำแท่งทดลองสูตรละ 1 แท่ง มาทำรหัสของแต่ละสูตร ปล่อยทิ้งไว้ให้แห่งสนิท
แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นนำไปทดสอบความหักตัวหลังการ
เผาและความถูกวิธีนำของเนื้อกิมนั้น
 8. นำกิมแต่ละสูตรมาทำเป็นแท่งทดลองรูปวงรีขนาดไฟฟ้านาคีใหญ่ ทำสูตรละ 2 แท่ง
แล้วเขียนรหัสของแต่ละสูตรไว้ ปล่อยทิ้งไว้ให้แห่งสนิท
 9. นำแท่งทดลองรูปวงรีไฟฟ้านาคีแห่งสนิทแล้ว เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส
แล้วนำไปวางบนแผ่นกินเทียนเช่นเดียวกับการทดลองข้อ 9 ของการทดลองตอนที่ 1 แล้ว
นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส เพื่อทดสอบสีและความทนไฟของเนื้อกิมในแต่ละ
สูตร ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นและบรรยากาศแบบรีดักชั่น คุณภาพประกอบ 12 และ 13
- ตอนที่ 3 ทดสอบความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์และความเหมาะสมกับ
เคลือบเฟล็กสปาร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบไว้ดังต่อไปนี้

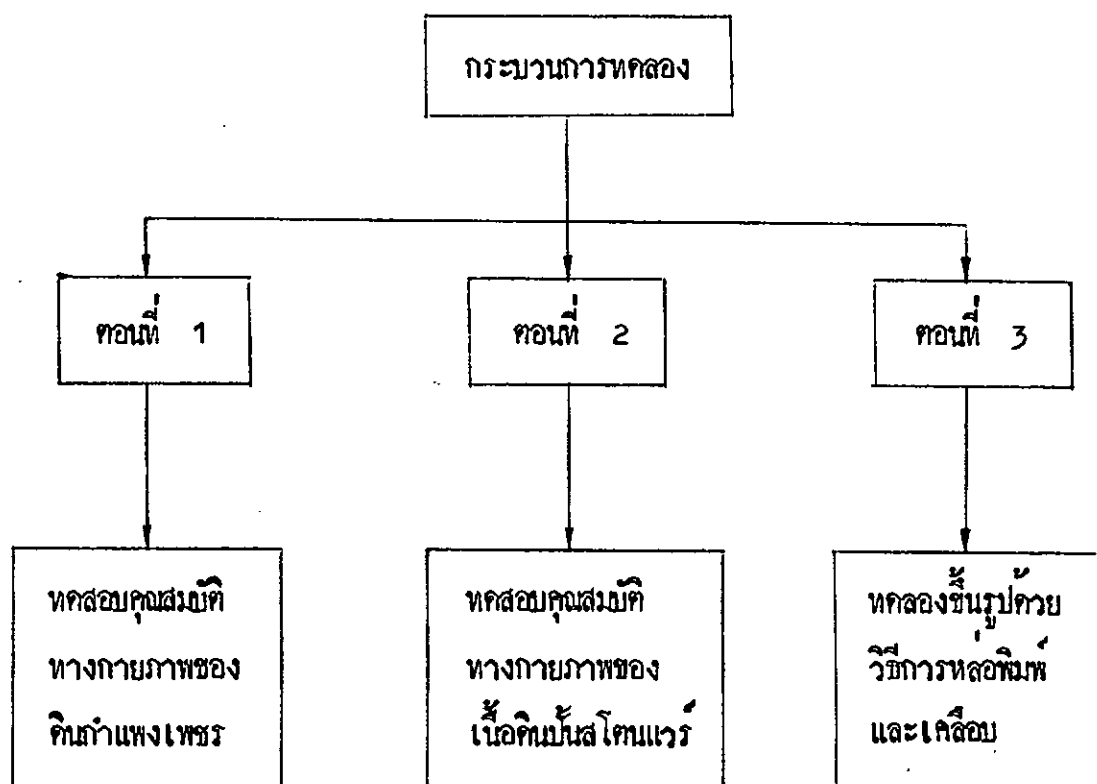
1. สร้างแบบพิมพ์ผลิตภัณฑ์รูปทรงกระบอกขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร จำนวน 10 พิมพ์
2. นำเนื้อดินบนสูตรที่โคมลที่สุดของแต่ละแหล่งดิน จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพมาหล่อดินละ 1 สูตร รวมทั้งหมด 5 สูตร มาทำเป็นน้ำดินโคลนใส่น้ำผสม ร้อยละ 42.5 เติมโซเดียมซิลิเกต ร้อยละ .25
3. นำน้ำดินทั้ง 5 สูตร ไปหลอกลงในแบบพิมพ์ที่เตรียมไว้ โดยหลอสูตรละ 2 ชิ้น
4. คัดเลือกผลิตภัณฑ์ผ่านการหล่อโคมลดี ไปฝังให้แห้งเพื่อรอการเผาไหม้ต่อไป โดยเขียนหมายเลขสูตรไว้ที่ก้นผลิตภัณฑ์
5. นำผลิตภัณฑ์ที่ฝังแห้งแล้วไปเผาไหม้ด้วยเตาไฟฟ้า ใช้อุณหภูมิในการเผา 700 องศาเซลเซียส
6. นำผลิตภัณฑ์ผ่านการเผาไหม้แล้ว ไปอบเคลือบด้วยวิธีการจุ่ม เคลือบที่ใช้เป็นเคลือบเฟลด์สปาร์ ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,240 องศาเซลเซียส ซึ่งมีส่วนผสมของวัตถุดิบดังต่อไปนี้

หินทัมบา	ร้อยละ 52.6
หินเขียวหุเมาน	ร้อยละ 17.8
หินปูน	ร้อยละ 15.8
หินขาว	ร้อยละ 6.0
สังกะสีออกไซด์	ร้อยละ 4.3
ทาลค	ร้อยละ 2.0
แวเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ 1.5

7. นำผลิตภัณฑ์ที่อบเคลือบแล้วมาตากแห้งให้เรียบร้อย แล้วนำไปเข้าเตาเผาเคลือบในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นและแบบรีดักชั่น ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส เผาเย็นไฟ 30 นาที ภาพประกอบ 14 และ 15
8. นำผลิตภัณฑ์ผ่านการเผาเคลือบออกจากเตาเผา เมื่อเตาเย็นตัวแล้วอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส

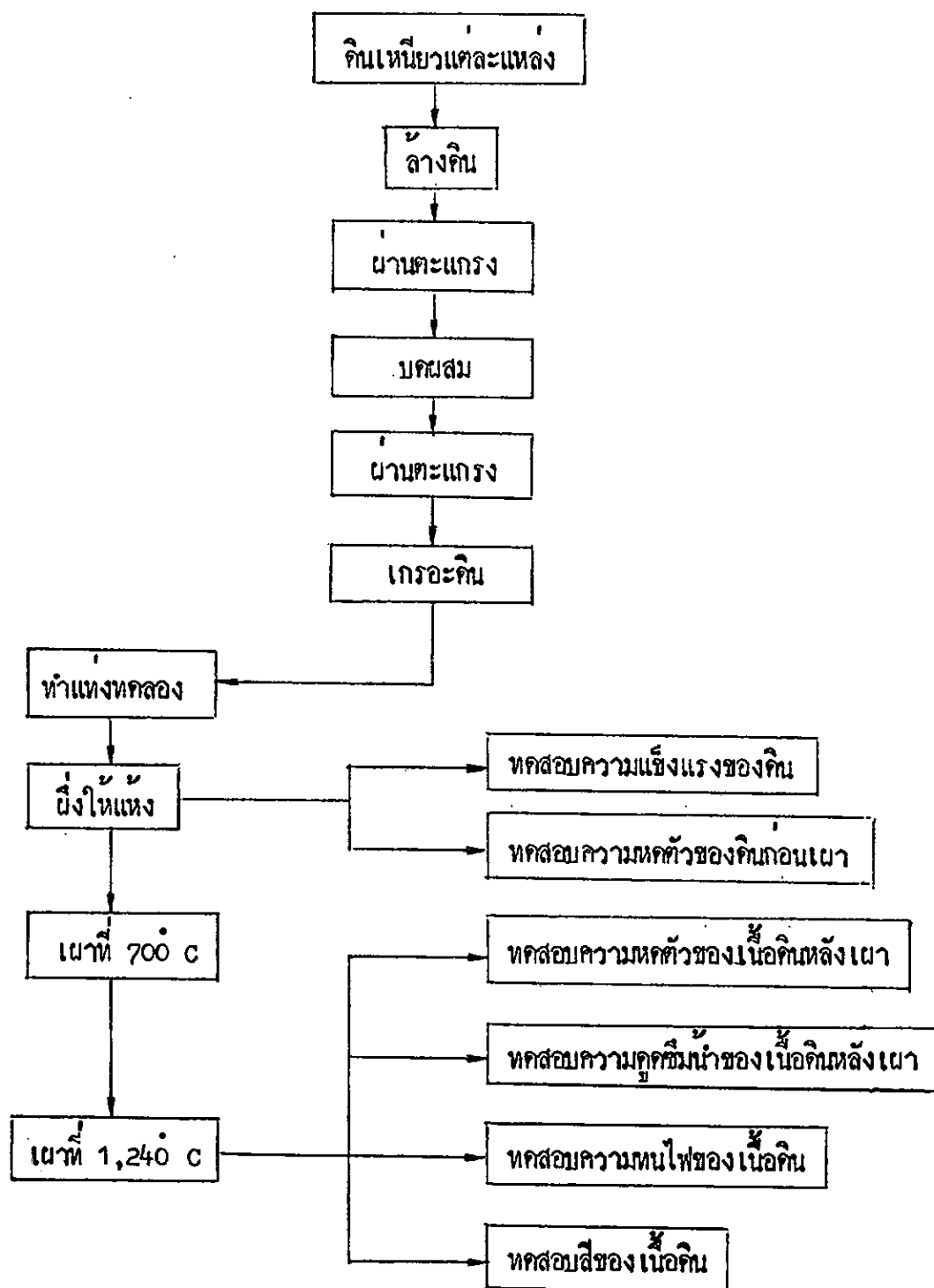
9. คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่ผลออกมาสมบูรณ์ที่สุด เพื่อสรุปผลของการทดลอง

กระบวนการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ 3 ตอน ดังภาพประกอบ 8

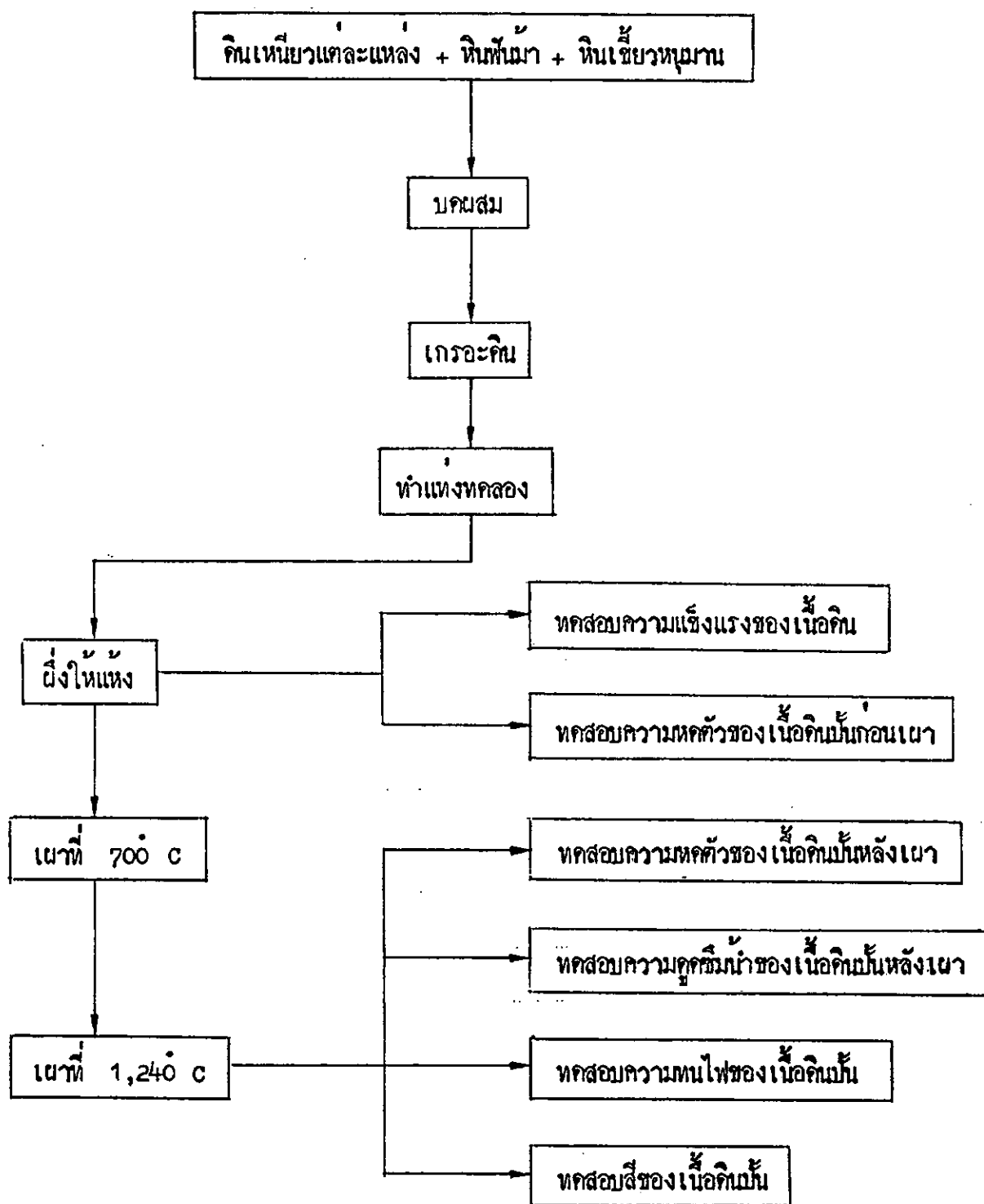


ภาพประกอบ 8 แผนภูมิแสดงขั้นตอนของกระบวนการทดลอง

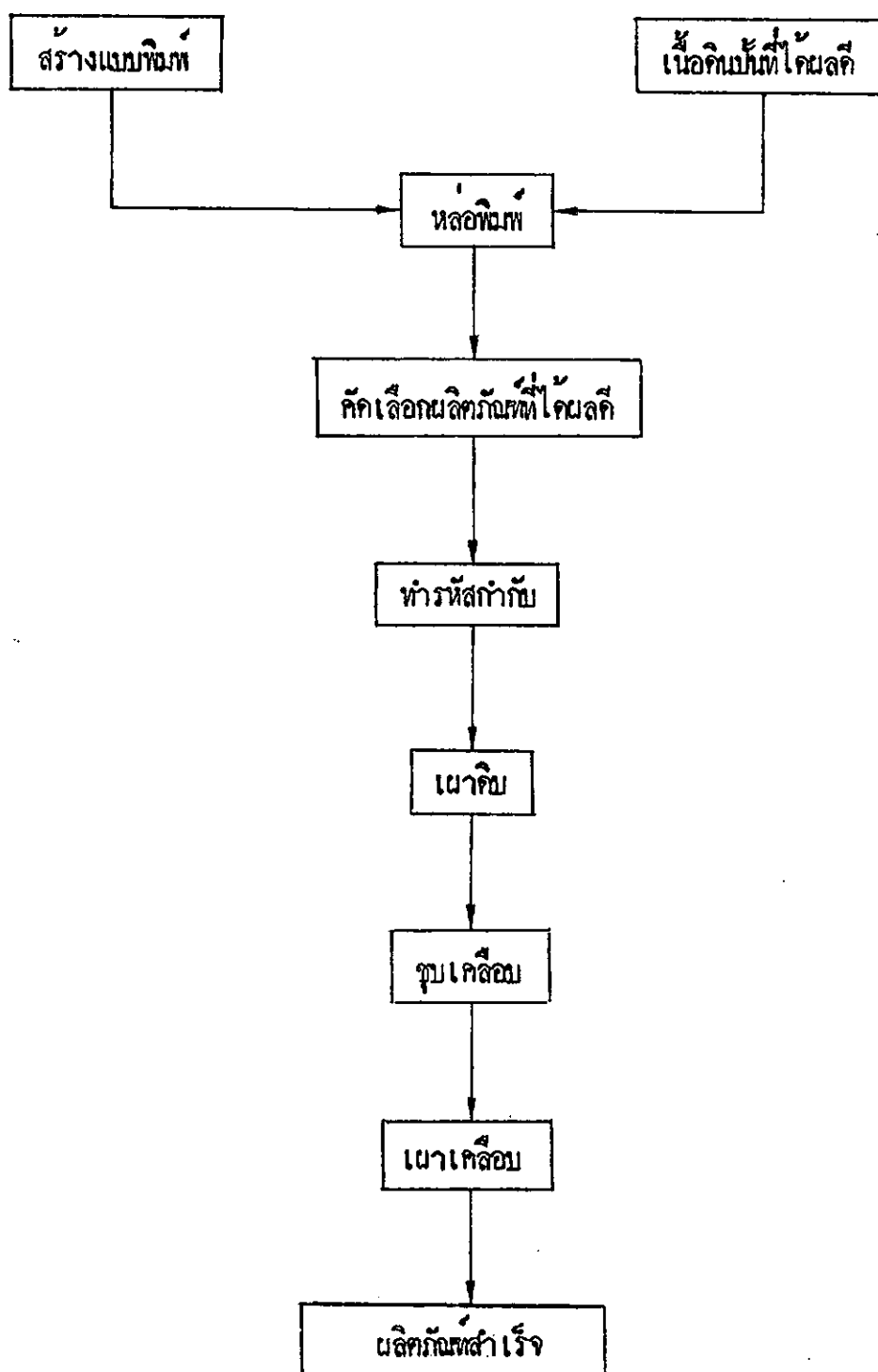
ในแต่ละตอนแสดงลำดับขั้นตอนดังภาพประกอบ 9, 10 และ 11 โดยลำดับดังนี้



ภาพประกอบ 9 แผนภูมิแสดงกระบวนการทกลองทองที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ
กึ่งเจือปนทำแท่งเพชรทั้ง 5 แหล่ง



ภาพประกอบ 10 แผนภูมิแสดงกระบวนการทดลองตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของ
เนื้อดินบนสโตนแวร์ทั้ง 5 แหล่ง



ภาพประกอบ 11 แผนภูมิแสดงกระบวนการทดลองทอผ้า 3 ทดสอบความเหมาะสมกับการขึ้นรูปถ้วยการหล่อพิมพ์และเคี้ยวเพื่อสับบาร์

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากผลของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร และเอนคิมันส์โตนแวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนการเผาและหลังการเผา ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพก่อนการเผาได้แก่การวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้

1.1 ความแข็งแรง วิเคราะห์โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัตถุขี้ย แล้วคำนวณหาความแข็งแรง

1.2 ความหดตัว วิเคราะห์โดยการวัดขนาดความยาวของแท่งทดลองเปียก เปรียบเทียบกับแท่งทดลองแห้ง แล้วคำนวณหาความหดตัว

2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพหลังการเผา มีการวิเคราะห์คุณสมบัติดังนี้

2.1 ความหดตัว วิเคราะห์โดยการวัดขนาดความยาวของแท่งทดลองเปียก เปรียบเทียบกับแท่งทดลองที่ผ่านการเผาคายอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณหาความหดตัว

2.2 ความดูดซึมน้ำ วิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนักของแท่งทดลองที่ผ่านการเผาคายอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส แล้วนำน้ำหนักที่ชั่งได้ทั้งก่อนต้มและหลังต้มจนอิ่มตัวไปคำนวณหาความดูดซึมน้ำ

2.3 ความทนไฟ วิเคราะห์โดยการสังเกตจากการล้มของแท่งทดลองรูปท่อนักไฟแต่ละอัน ที่เผาคายอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

2.4 สี วิเคราะห์โดยการสังเกตสีของแท่งทดลองที่ผ่านการเผาคายอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนการเผาและหลังการเผา ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์เช่นเดียวกับตอนที่ 1

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์กับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. คัดเลือกสูตรเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพโดยวิธีที่ดีที่สุดของแหล่งดินแต่ละหมายเลขมาแหล่งละ 1 สูตร ทำเป็นน้ำคินโดยผสมน้ำร้อยละ 42.5 และใส่โซเดียมซิลิเกตร้อยละ 25

2. หลอน้ำคินลงในแบบพิมพ์ แล้ววิเคราะห์หาความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์ โดยการสังเกตจากการจับตัวของเนื้อดินและการหลุดร่อนออกจากแบบพิมพ์ การแตกร้าวของผลิตภัณฑ์หลังการหล่อ

3. ทดลองเคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยเคลือบเฟลด์สปาร์ แล้วเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส วิเคราะห์หาความเหมาะสมกับเคลือบโดยการสังเกตการทำหน้าหลังการเผา เช่น การร่อน การกึ่งตัว การเกิดรูเข็ม เป็นต้น

สูตรที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำสูตรมาใช้คำนวณข้อมูลดังต่อไปนี้

1. การหาความแข็งแรงของดิน (Rhodes. 1972 : 200)

$$R = \frac{3w1}{2bh^2}$$

โดย R = ค่าความแข็งแรงของดิน (ก.ก./ซ.ม.²)

w = น้ำหนักที่กดลงจนแท่งทดสอบหัก (ก.ก.)

- l = ระยะทางของแท่นรองรับแท่งทดลอง (ซ.ม.)
 b = ความกว้างของแท่งทดลอง (ซ.ม.)
 h = ความหนาของแท่งทดลอง (ซ.ม.)

2. การหาความหดรัดตัวของดิน (Rhodes. 1972 : 200)

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดตัวของดินเมื่อแห้ง} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินแห้ง}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดของดินเมื่อเน่าแล้ว} = \frac{\text{ความยาวของดินแห้ง} - \text{ความยาวของดินเน่าแล้ว}}{\text{ความยาวของดินแห้ง}} \times 100$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์การหดรัดของดิน} = \frac{\text{ความยาวของดินเปียก} - \text{ความยาวของดินเน่าแล้ว}}{\text{ความยาวของดินเปียก}} \times 100$$

3. การหาความอุกชื้นน้ำ (Rhodes. 1972 : 200)

$$A = \frac{w - D}{D} \times 100$$

- โดย A = เปอร์เซนต์การอุกชื้นน้ำ
 w = น้ำหนักดินที่อิ่มตัว
 D = น้ำหนักดินที่แห้ง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามกระบวนการแล้ว ได้ข้อมูลเป็นคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อคิมมัสส์โตนแวร์ก่อนเผา จำนวน 80 ตัวอย่าง หลังการเผา จำนวน 80 ตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็นตอน ๆ ปรากฏผลของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร
- ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อคิมมัสส์โตนแวร์
- ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนื้อคิมมัสส์โตนแวร์กับการขึ้นรูปถ้วยวิถีการหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟล็กส์ปาร์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร

การทดลองหาคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนการเผาและหลังการเผา ปรากฏว่า มีผลการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 9 และตาราง 10

ตาราง 9 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรก่อนการเผา

ดินหมายเลข	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหดตัว (ร้อยละ)
1	36.62	5.63
2	27.73	6.30
3	24.18	6.88
4	20.62	6.30
5	27.73	5.63

จากตาราง 9 ดินหมายเลข 1 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 36.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินหมายเลข 4 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 20.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินหมายเลข 3 มีความหดตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.88 ดินหมายเลข 5 มีความหดตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 5.63

ตาราง 10 คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรหลังการเผา

หมายเลข	ความหดรัด (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเคชั่น	รีดักชั่น
1	13.75	1.11	ได้	น้ำตาลดำ	น้ำตาลดำ
2	14.38	1.11	ได้	น้ำตาลดำ	น้ำตาล
3	13.13	1.07	ได้	น้ำตาลดำ	น้ำตาลดำ
4	15.00	1.13	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลดำ
5	15.63	1.13	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลดำ

จากตาราง 10 ดินหมายเลข 5 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 15.63 ดินหมายเลข 3 มีความหดรัดน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 13.13 ดินหมายเลข 4 และ 5 มีความดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 1.13 ดินหมายเลข 3 มีความดูดซึมน้ำน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.07 ดินทุกหมายเลขสามารถทนไฟได้เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ส่วนสีของเนื้อดินเมื่อเผากับบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น จะให้สีน้ำตาลดำ โคน้ำตาล และ 3 สีน้ำตาลแดง โคน้ำตาลดำ และ 5 เมื่อเผากับบรรยากาศแบบรีดักชั่น จะให้สีน้ำตาลดำ โคน้ำตาล และ 5 สีน้ำตาลดำ โคน้ำตาล และ 2

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์

การทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนการเผา และหลังการเผา ปกติแล้ว มีผลการวิเคราะห์ที่สามารถแสดง

รายละเอียดใต้ตาราง 11 และตาราง 12

ตาราง 11 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินบนสโตนแวร์ก่อนการเผา

สูตรที่	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหดตัว (ร้อยละ)
1.1	13.51	0.63
1.2	11.73	0.63
1.3	17.06	0.38
1.4	11.73	0.38
1.5	15.29	1.25
1.6	15.29	1.25
1.7	15.29	2.50
1.8	17.06	1.88
1.9	15.29	3.75
1.10	17.06	5.00
1.11	13.51	2.50
1.12	13.51	3.13
1.13	13.51	3.13
1.14	17.05	3.75
1.15	15.29	6.25
2.1	17.06	3.13

ตาราง 11 (ต่อ)

สูตรที่	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหักตัว (ร้อยละ)
2.2	18.84	1.88
2.3	17.06	1.88
2.4	15.29	2.50
2.5	18.84	3.13
2.6	18.84	3.13
2.7	17.06	2.50
2.8	20.62	3.13
2.9	20.62	3.75
2.10	20.62	1.88
2.11	17.06	2.50
2.12	17.06	2.50
2.13	18.84	4.38
2.14	17.06	4.38
2.15	22.40	5.63
3.1	18.84	1.88
3.2	20.62	2.50
3.3	22.40	3.75
3.4	22.40	3.75

ตาราง 11 (ต่อ)

สูตรที่	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหนา (รอยละ)
3.5	22.40	2.50
3.6	22.40	3.75
3.7	18.84	1.88
3.8	22.40	2.50
3.9	22.40	3.13
3.10	33.06	2.50
3.11	20.62	3.13
3.12	20.62	2.50
3.13	22.40	3.13
3.14	20.62	4.38
3.15	24.18	4.38
4.1	17.06	1.88
4.2	18.84	1.88
4.3	20.62	1.88
4.4	18.84	1.88
4.5	18.84	3.75
4.6	20.62	3.75
4.7	18.84	3.75

ตาราง 11 (ต่อ)

สูตรที่	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหนา (รอยละ)
4.8	18.84	1.88
4.9	18.84	2.50
4.10	20.62	1.88
4.11	18.84	1.88
4.12	22.40	1.88
4.13	18.84	3.13
4.14	22.40	3.13
4.15	22.40	5.00
5.1	15.29	1.25
5.2	17.06	1.25
5.3	20.62	1.88
5.4	20.62	1.88
5.5	20.62	1.25
5.6	20.62	2.50
5.7	13.51	1.25
5.8	15.29	1.88
5.9	17.06	3.13
5.10	17.06	3.75
5.11	17.06	1.88

ตาราง 11 (ต่อ)

สูตรที่	ความแข็งแรง (ก.ก./ซม. ²)	ความหดรัด (ร้อยละ)
5.12	20.62	2.50
5.13	18.84	3.75
5.14	18.84	4.38
5.15	18.84	3.75

จากตาราง 11 จินหมายเลข 1 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 1.3, 1.8, 1.10 และ 1.14 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 17.06 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 1.2 และ 1.4 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 11.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 1.15 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.25 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 1.3 และ 1.4 มีความหดรัดน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.38

จินหมายเลข 2 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 2.15 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 22.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 2.4 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 15.29 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 2.15 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 5.63 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 2.2, 2.3 และ 2.10 มีความหดรัดน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.88

จินหมายเลข 3 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 3.10 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 33.06 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 3.1 และ 3.7 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 18.84 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อคัมภ์สูตรที่ 3.14 และ 3.15 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 4.38 เนื้อคัมภ์สูตรที่ 3.1 และ 3.7 มีความหดรัดน้อย

ที่สุด คือ ร้อยละ 1.88

ดินหมายเลข 4 เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 4.12, 4.14 และ 4.15 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 22.40 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 4.1 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 17.06 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 4.15 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 5 เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.8, 4.10, 4.11 และ 4.12 มีความหดรัดน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.88

ดินหมายเลข 5 เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.12 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 20.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 5.7 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 13.51 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 5.14 มีความหดรัดมากที่สุด คือ ร้อยละ 4.38 เนื้อดินชั้นสุทรีที่ 5.1, 5.2, 5.5 และ 5.7 มีความหดรัดน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.25

ตาราง 12 คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินชั้นสโตนแวร์หลังการเผา

สุทรีที่	ความหดรัด (ร้อยละ)	ความดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)	ความทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเคชั่น	รีดักชั่น
1.1	7.50	0.88	ไม่ไ้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.2	7.50	0.89	ไ้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเหลือง
1.3	8.13	0.52	ไม่ไ้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเหลือง
1.4	8.13	0.65	ไม่ไ้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.5	8.13	0.66	ไ้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเหลือง
1.6	8.75	0.69	ไ้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล

ตาราง 12 (ต่อ)

สูตรที่	ความหดรัด (ร้อยละ)	ความถูกต้องน้ำ (ร้อยละ)	ความทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเจน	รีดักชัน
1.7	10.00	0.49	ไม่ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.8	10.00	0.50	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.9	11.25	0.54	ได้	น้ำตาล	น้ำตาล
1.10	11.25	0.54	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล
1.11	9.38	0.42	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.12	10.00	0.38	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
1.13	10.63	0.38	ไม่ได้	น้ำตาล	น้ำตาล
1.14	10.63	0.34	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล
1.15	14.38	0.36	ไม่ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล
2.1	8.75	6.13	ไม่ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
2.2	6.88	6.17	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
2.3	8.13	4.58	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.4	10.00	1.74	ไม่ได้	น้ำตาลส้ม	น้ำตาลเหลือง
2.5	8.13	6.55	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.6	10.63	2.87	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.7	10.00	0.92	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.8	10.63	1.00	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.9	11.88	0.89	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง

ตาราง 12 (ต่อ)

สูตรที่	ความหดรตัว (ร้อยละ)	ความกุ่มกึ่งน้ำ (ร้อยละ)	ความหนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเจน	รีดักชัน
2.10	8.75	1.50	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.11	10.63	0.62	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเหลือง
2.12	10.63	1.42	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
2.13	9.38	3.01	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
2.14	10.63	1.12	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเหลือง
2.15	10.63	2.98	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเทา
3.1	9.38	2.18	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
3.2	10.36	0.57	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเทา
3.3	11.88	1.13	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล
3.4	9.38	3.21	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเหลือง
3.5	10.00	1.23	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาล
3.6	10.36	1.45	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
3.7	9.38	0.60	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
3.8	10.00	0.43	ไม่ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
3.9	10.36	0.41	ได้	น้ำตาล	น้ำตาล
3.10	10.00	0.50	ไม่ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเทา
3.11	10.36	0.30	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง

ตาราง 12 (ต่อ)

สูตรที่	ความหนืด (ร้อยละ)	ความตึงผิว (ร้อยละ)	ความทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเจน	รีดักชัน
3.12	10.36	0.34	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาล
3.13	11.25	6.12	ได้	น้ำตาล	น้ำตาลเทา
3.14	11.88	0.40	ได้	น้ำตาล	น้ำตาล
3.15	12.50	0.23	ได้	น้ำตาลเทา	น้ำตาลเทา

4.1	5.63	6.81	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาล
4.2	6.88	3.89	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.3	6.88	5.40	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเทา
4.4	7.50	2.68	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.5	7.50	3.90	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.6	10.00	2.66	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาล
4.7	10.00	1.21	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.8	9.38	1.38	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.9	10.00	2.31	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเทา
4.10	10.63	1.22	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเทา
4.11	8.13	0.80	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.12	9.38	0.78	ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาลเหลือง
4.13	10.63	0.80	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาล

ตาราง 12 (ต่อ)

สูตรที่	ความหดรัด (ร้อยละ)	ความคงทนน้ำ (ร้อยละ)	ความทนไฟ ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส	สี	
				ออกซิเจน	รีดักชัน
4.14	10.63	3.76	ไม่ได้	น้ำตาลแดง	น้ำตาล
4.15	11.25	0.87		น้ำตาลแดง	น้ำตาลเทา
5.1	7.5	5.94	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.2	5.00	8.21	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
5.3	8.13	5.02	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.4	6.88	5.01	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
5.5	5.66	5.36	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
5.6	6.25	8.83	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
5.7	8.75	5.36	ได้	น้ำตาลส้ม	น้ำตาลเหลือง
5.8	9.38	2.43	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.9	7.50	2.60	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.10	8.75	7.08	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.11	8.75	0.49	ได้	น้ำตาลส้ม	น้ำตาล
5.12	10.00	1.00	ได้	น้ำตาลส้ม	น้ำตาลเหลือง
5.13	9.38	1.00	ได้	น้ำตาลเหลือง	น้ำตาลเหลือง
5.14	11.88	1.61	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเหลือง
5.15	10.00	4.46	ได้	เหลืองเทา	น้ำตาลเทา

จากตาราง 12 คินหมายเลข 1 เนื้อกินันสูตรที่ 1.15 มีความหคั่วมากที่สุด คือ ร้อยละ 14.38 เนื้อกินันสูตรที่ 1.1 และ 1.2 มีความหคั่วน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 7.50 เนื้อกินันสูตรที่ 1.2 มีความคูกุขิมน้ำมันมากที่สุด คือ ร้อยละ 0.89 เนื้อกินันสูตรที่ 1.14 มีความคูกุขิมน้ำมันน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.34 เนื้อกินันที่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ไค้แก่ สูตรที่ 1.2, 1.5, 1.6, 1.8, 1.9, 1.10, 1.11, 1.12 และ 1.14 เนื้อกินันที่ไม่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ไค้แก่ สูตรที่ 1.1, 1.3, 1.4, 1.7, 1.13 และ 1.15 ส่วนสี่ของเนื้อกินันเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นแล้วให้สีน้ำตาล ไค้แก่ สูตรที่ 1.1, 1.4, 1.7, 1.8, 1.9, 1.11, 1.12 และ 1.13 ให้สีน้ำตาลเทา ไค้แก่ สูตรที่ 1.2, 1.3, 1.5, 1.6, 1.10, 1.14 และ 1.15 เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชั่นแล้วให้สีน้ำตาล ไค้แก่ สูตรที่ 1.6, 1.9, 1.10, 1.13, 1.14 และ 1.15 ให้สีน้ำตาลเหลือง ไค้แก่ สูตรที่ 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.7, 1.8, 1.11 และ 1.12

คินหมายเลข 2 เนื้อกินันสูตรที่ 2.9 มีความหคั่วมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.88 เนื้อกินันสูตรที่ 2.2 มีความหคั่วน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 6.88 เนื้อกินันสูตรที่ 2.5 มีความคูกุขิมน้ำมันมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.55 เนื้อกินันสูตรที่ 2.11 มีความคูกุขิมน้ำมันน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.62 เนื้อกินันที่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ไค้แก่ สูตรที่ 2.2, 2.3, 2.5, 2.6, 2.7, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14 และ 2.15 เนื้อกินันที่ไม่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ไค้แก่ สูตรที่ 2.1 และ 2.4 ส่วนสี่ของเนื้อกินันเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นแล้วให้สีน้ำตาล ไค้แก่ สูตรที่ 2.3, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.10, 2.11, 2.12 และ 2.13 ให้สีน้ำตาลเหลือง ไค้แก่ สูตรที่ 2.9 ให้สีน้ำตาลส้ม ไค้แก่ สูตรที่ 2.4 ให้สีน้ำตาลเทา ไค้แก่ สูตรที่ 2.14 และ 2.15 เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชั่นแล้วให้สีน้ำตาลเหลือง ไค้แก่ สูตรที่ 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 และ 2.14 สีน้ำตาลเทา ไค้แก่ สูตรที่ 2.12, 2.13 และ 2.15

หมายเหตุเลข 3 เนื้อกินบนสูตรที่ 3.15 มีความหคตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 12.50 เนื้อกินบนสูตรที่ 3.1, 3.4 และ 3.7 มีความหคตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 9.38 เนื้อกินบนสูตรที่ 3.4 มีความกุกคิมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 3.21 เนื้อกินบนสูตรที่ 3.15 มีความกุกคิมน้ำน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.23 เนื้อกินบนที่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ได้แก่ สูตรที่ 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.7, 3.9, 3.13, 3.14 และ 3.15 เนื้อกินบนที่ไม่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ได้แก่ สูตรที่ 3.8, 3.10, 3.11 และ 3.12 ส่วนสีของเนื้อกินบนเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น แล้วให้สีน้ำตาล ได้แก่ สูตรที่ 3.1, 3.4, 3.6, 3.8, 3.9, 3.13 และ 3.14 ให้สีน้ำตาลแดง ได้แก่ สูตรที่ 3.7, 3.11 และ 3.12 ให้สีน้ำตาลเทา ได้แก่ สูตรที่ 3.2, 3.3, 3.5, 3.10 และ 3.15 เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชั่น แล้วให้สีน้ำตาล ได้แก่ สูตรที่ 3.3, 3.5, 3.9, 3.12 และ 3.14 ให้สีน้ำตาลเหลือง ได้แก่ สูตรที่ 3.4, 3.7 และ 3.11 ให้สีน้ำตาลเทา ได้แก่ สูตรที่ 3.1, 3.2, 3.6, 3.8, 3.10, 3.13 และ 3.15

หมายเหตุเลข 4 เนื้อกินบนสูตรที่ 4.10, 4.13 และ 4.14 มีความหคตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 10.63 เนื้อกินบนสูตรที่ 4.1 มีความหคตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 5.63 เนื้อกินบนสูตรที่ 4.1 มีความกุกคิมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.81 เนื้อกินบนสูตรที่ 4.12 มีความกุกคิมน้ำน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.78 เนื้อกินบนที่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ได้แก่ สูตรที่ 4.2, 4.7, 4.8, 4.11, 4.12 และ 4.15 เนื้อกินบนที่ไม่สามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ได้แก่ สูตรที่ 4.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9, 4.10, 4.13 และ 4.14 ส่วนสีของเนื้อกินบนเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นแล้วจะให้สีน้ำตาลแดงทุกสูตร เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชั่นแล้วให้สีน้ำตาล ได้แก่ สูตรที่ 4.1, 4.6, 4.13 และ 4.14 ให้สีน้ำตาลเหลือง ได้แก่ สูตรที่ 4.2, 4.4, 4.5, 4.7, 4.8, 4.11 และ 4.12 ให้สีน้ำตาลเทา ได้แก่ สูตรที่ 4.3, 4.9, 4.10 และ 4.15

กินหมายเลข 5 เนื้อกินบนสูตรที่ 5.14 มีความหคั่วมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.88 เนื้อกินบนสูตรที่ 5.2 มีความหคั่วน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 5 เนื้อกินบนสูตรที่ 5.6 มีความคูกิมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 8.83 เนื้อกินบนสูตรที่ 5.11 มีความคูกิมน้ำน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 0.49 เนื้อกินบนสามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสทุกสูตร ส่วนสีของเนื้อกินบนเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเคชั่นแล้วให้สีน้ำตาลเหลือง โคน้ำตาล สูตรที่ 5.2, 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.13 ให้สีน้ำตาลส้ม โคน้ำตาล สูตรที่ 5.7, 5.11 และ 5.12 ให้สีน้ำตาลเทา โคน้ำตาล สูตรที่ 5.1, 5.3, 5.8, 5.9, 5.10, 5.14 และ 5.15 เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชั่นแล้วให้สีน้ำตาล โคน้ำตาล สูตรที่ 5.11 ให้สีน้ำตาลเหลือง โคน้ำตาล สูตรที่ 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.12, 5.13 และ 5.14 ให้สีน้ำตาลเทา โคน้ำตาล สูตรที่ 5.15

เนื้อกินบนที่มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถเป็นเนื้อกินบนสโตนแวร์ได้ดี โดยมีความหคั่วหลังการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 8 ถึง 15 มีความคูกิมน้ำอยู่ระหว่าง ร้อยละ 1 ถึง 5 และสามารถทนไฟได้ในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส โคน้ำตาล เนื้อกินบนสูตรที่ 1.2 ซึ่งมีความหคั่วร้อยละ 7.50 มีความคูกิมน้ำร้อยละ 0.89 มีความทนไฟในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ และให้สีน้ำตาลเทาในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น สีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น สูตรที่ 2.8 ซึ่งมีความหคั่ว ร้อยละ 10.63 มีความคูกิมน้ำร้อยละ 1 มีความทนไฟในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ และให้สีน้ำตาลในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น สีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น สูตรที่ 3.3 ซึ่งมีความหคั่วร้อยละ 11.88 มีความคูกิมน้ำร้อยละ 1.13 มีความทนไฟในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ และให้สีน้ำตาลเทาในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น สีน้ำตาลในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น สูตรที่ 4.7 ซึ่งมีความหคั่ว ร้อยละ 10 มีความคูกิมน้ำร้อยละ 1.21 มีความทนไฟในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ และให้สีน้ำตาลแดงในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น สีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น สูตรที่ 5.13 ซึ่งมีความหคั่วร้อยละ 9.38 มีความคูกิมน้ำร้อยละ 1

มีความหนาไฟฟ้ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สื่อน้ำตาลเหลืองทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชันและแบบรีดักชัน

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของเนือคิมบัสโทนแวร์ กับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์

การทดลองหาความเหมาะสมของเนือคิมบัสโทนแวร์ กับการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อพิมพ์และเคลือบเฟลด์สปาร์ครั้งนี้ ทดลองกับเนือคิมบัสโทนแวร์ที่ผ่านการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพแล้ว อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโทนแวร์ได้คือ โดยมีความหนืด ความคงตัว และความหนาไฟฟ้ที่สุกของดินแต่ละหมายเลข ๆ ละ 1 สูตร รวมทั้งหมด 5 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 ปรากฏว่า เมื่อการวิเคราะห์สามารถแสดงรายละเอียดได้ตามตาราง 13

ตาราง 13 ความเหมาะสมของเนือคิมบัสโทนแวร์กับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์

สูตรที่	ความเหมาะสมในการขึ้นรูป (ความสามารถในการขึ้นรูปวิธีหล่อ)	ความเหมาะสมกับเคลือบ (ตำหนิเคลือบ)
1.2	สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เกิดตำหนิ
2.8	สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เกิดตำหนิ
3.3	สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เกิดตำหนิ
4.7	สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เกิดตำหนิ
5.13	สามารถขึ้นรูปได้	ไม่เกิดตำหนิ

จากตาราง 13 แสดงว่า เนื้อกินบนสโตนแวร์ที่คัดเลือกมาจากดินแต่ละหมายเลข ทั้ง 5 สูตร ได้แก่ เนื้อกินบนสูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 สามารถนำมาขึ้นรูปถ้วยวิธีการหลอมที่ใดก็ได้และมีความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์ โดยไม่เกิดตำหนิใด ๆ บนผิวเคลือบ เมื่อนำมาเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในการทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น ผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาล ส่วนในการทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบรีดักชัน ผลิตภัณฑ์จะมีสีเทาอมเขียว

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อสร้างส่วนผสมเนื้อคิมบี้สโตนแวร์ โดยใช้ดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ดินเหนียวในจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 5 หมายเลข รวมทั้งหมด 5 ตัวอย่าง และเนื้อคิมบี้ที่สุ่มจากการวางสามเหลี่ยม โดยการสุ่มสุทธาสวนผสมแบบเจาะจง ซึ่งจะสุ่มจากการวางสามเหลี่ยมของดินแต่ละหมายเลขทั้งหมด 5 หมายเลข 5 ตาราง ใช้ตัวอย่างตารางละ 15 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 75 ตัวอย่าง (75 สุทธาสวนผสม)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยด้วยวิธีทดลอง คือ เป็นการทดลองเพื่อหาส่วนผสมของเนื้อคิมบี้สโตนแวร์ ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยจึงได้แก่ วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลองเนื้อคิมบี้ ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้ คือ

1. วัสดุที่ใช้ในการทดลองเนื้อคิมบี้สโตนแวร์ ได้แก่ ดินเหนียวพูนาน ดินเหนียวกำแพงเพชร ปูนปลาสเตอร์ โซเซียลิลิเกท หินปูน กินขาว สังกะสีออกไซด์ หาดค และเบเรียมคาร์บอเนต

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเนื้อคิมบี้สโตนแวร์ ได้แก่ เครื่องบดผสมดิน เครื่องบดผสมน้ำเคลือบ เตาไฟฟ้า เตาแก๊ส เครื่องทดสอบความแข็งแรงของวัตถุ

เครื่องขึงไฟฟ้า อ่างเกรอะกิน อ่างน้ำพลาสติก ถังน้ำพลาสติก ตะแกรงร่อน ขนาด 80 และ 100 เมช พุ่มผักไผ่หมายเลข 6, 7 และ 8 และเครื่องวัดอุณหภูมิ

การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิจัยตามกระบวนการทดลองเนื้อคิมัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคิมเหนียวกำแพงเพชรทั้ง 5 แหล่ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ก่อนการเผาและหลังการเผา

1. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคิมเหนียวกำแพงเพชรก่อนการเผา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 ล้างคิมเหนียวแต่ละแหล่ง
- 1.2 นำคิมเหนียวแต่ละแหล่งมาตะแกรงขนาด 80 เมช
- 1.3 บดผสมด้วยเครื่องบดผสม
- 1.4 นำคิมแต่ละแหล่งมาตะแกรงขนาด 100 เมช
- 1.5 เกรอะกิน
- 1.6 ทำแท่งทดลอง
- 1.7 วัดขนาดและเขียนรหัส
- 1.8 ฉี้งแท่งทดลองให้แห้ง
- 1.9 ทดสอบความแข็งแรงและความหักตัว

2. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของคิมเหนียวกำแพงเพชรหลังการเผา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 นำแท่งทดลองที่แห้งไปเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศแบบออกซิเจน และบรรยากาศเฉยรีกัตัน

2.2 ทดสอบความหดรัด

2.3 ทดสอบความดูดซับน้ำ

2.4 ทดสอบความทนไฟ

2.5 ทดสอบสี

ตอนที่ 2 ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น

2 ระยะ คือ ก่อนการเผาและหลังการเผา

1. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ก่อนการเผา ซึ่งมีขั้นตอน
ดังต่อไปนี้

1.1 เตรียมวัตถุดิบ

1.2 ซึ่งส่วนผสมให้ครบ 75 สูตรส่วนผสม

1.3 บดผสมกวนหมอมจนขนาดเล็ก

1.4 เกรอะกิน

1.5 ทำแท่งทดลอง

1.6 วัจนาคและเขียนรหัส

1.7 ผึ่งแท่งทดลองให้แห้ง

1.8 ทดสอบความแข็งแรงและความหดรัด

2. ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินปั้นสโตนแวร์หลังการเผา ซึ่งมีขั้นตอน
ดังต่อไปนี้

2.1 นำแท่งทดลองที่แห้งไปเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งใน
บรรยากาศแบบออกซิไดซ์ และบรรยากาศแบบรีดักชัน

2.2 ทดสอบความหดรัด

2.3 ทดสอบความดูดซับน้ำ

2.4 ทดสอบความทนไฟ

2.5 ทดสอบสี่

ตอนที่ 3 ทดสอบความเหมาะสมในการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์และความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างแบบพิมพ์
2. เตรียมน้ำกิน โดยใช้สูตรที่คิดสุกของกินแต่ละหน่วยเลข หมายเลขละ 1 สูตร รวมทั้งหมด 5 สูตร
3. หล่อน้ำกิน โดยใช้สูตรละ 2 ชิ้น
4. ผึ่งผลิตภัณฑ์ให้แห้ง
5. เขียนรหัสประจำแต่ละสูตรลงที่ก้นของผลิตภัณฑ์
6. นำผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผา เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส
7. ขอบเคลือบด้วยวิธีการจุ่ม
8. เผาเคลือบในบรรยากาศแบบออกซิเจนและรีดักชัน ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส
9. นำผลการทดลองไปวิเคราะห์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลจากผลของการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของกินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อกิมฮันส์โทนแวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

1. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของกินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา
2. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อกิมฮันส์โทนแวร์ ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา
3. การวิเคราะห์ความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยการหล่อพิมพ์และเคลือบเฟลด์สปาร์

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร และเนื้อดินมันสำปะหลัง ทั้งก่อนการเผาและหลังการเผา ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรก่อนการเผา ปรากฏผลว่า ค่าความแข็งแรง ดินหมายเลข 1 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 36.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ดินหมายเลข 4 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 20.62 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความหดตัว ดินหมายเลข 3 มีความหดตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.88 ดินหมายเลข 1 และหมายเลข 5 มีความหดตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 5.63
2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชรหลังการเผา ปรากฏผลว่า ค่าความหดตัว ดินหมายเลข 5 มีความหดตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 15.63 ดินหมายเลข 3 มีความหดตัวน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 13.13 ค่าความดูดซึมน้ำ ดินหมายเลข 4 และหมายเลข 5 มีความดูดซึมน้ำมากที่สุด คือ ร้อยละ 1.13 ดินหมายเลข 3 มีความดูดซึมนำน้อยที่สุด คือ ร้อยละ 1.07 ค่าความทนไฟ ดินทุกหมายเลขสามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ค่าสีของเนื้อดิน เมื่อเผาในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น พบว่า ดินหมายเลข 1, 2 และ 3 จะมีสีน้ำตาลดำ ดินหมายเลข 4 และ 5 จะมีสีน้ำตาลแดง แต่เผาในบรรยากาศแบบรีดักชั่น พบว่า ดินหมายเลข 1, 3, 4 และ 5 จะมีสีน้ำตาลดำ ดินหมายเลข 2 จะมีสีน้ำตาล
3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินมันสำปะหลังก่อนการเผา ปรากฏผลว่า ค่าความแข็งแรง เนื้อดินมันสำปะหลังที่ 3.10 มีความแข็งแรงมากที่สุด คือ 33.06 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื้อดินมันสำปะหลังที่ 1.2 และ 1.4 มีความแข็งแรงน้อยที่สุด คือ 11.73 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ค่าความหดตัว เนื้อดินมันสำปะหลังที่ 1.15 มีความหดตัวมากที่สุด คือ ร้อยละ 6.25 เนื้อดินมันสำปะหลังที่ 1.3 และ 1.4 มีความหดตัวน้อย

ที่สุด คือ ร้อยละ 0.38

4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อกัมมันต์โตนแวร์หลังการเผา ปรากฏผลว่า เนื้อกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ อยู่ในเกณฑ์สามารถทำเป็นเนื้อกัมมันต์โตนแวร์ได้คือ โด๊กแก เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 1.2 ซึ่งมีความหดร้อยละ 7.50 มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 0.89 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สีน้ำตาลในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น และสีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศแบบรีดักชั่น เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 2.8 ซึ่งมีความหดร้อยละ 10.63 มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 1.00 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สีน้ำตาลในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น และสีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 3.3 ซึ่งมีความหดร้อยละ 11.88 มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 1.13 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สีน้ำตาลเทาในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น และสีน้ำตาลในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 4.7 ซึ่งมีความหดร้อยละ 10.00 มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 1.21 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สีน้ำตาลแดงในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่น และสีน้ำตาลเหลืองในบรรยากาศการเผาแบบรีดักชั่น เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 5.13 ซึ่งมีความหดร้อยละ 9.38 มีความดูดซึมน้ำร้อยละ 1.00 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียสได้ ให้สีน้ำตาลเหลืองทั้งในบรรยากาศการเผาแบบออกซิเคชั่นและรีดักชั่น

5. การทดสอบความเหมาะสมของเนื้อกัมมันต์โตนแวร์ กับการขึ้นรูปถ้วยวิธีการหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์ ปรากฏผลว่า เนื้อกัมมันต์โตนแวร์ที่คัดเลือกมาจากหินแต่ละหมายเลข ทั้ง 5 สูตร โด๊กแก เนื้อกัมมันต์สูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 สามารถนำมาขึ้นรูปถ้วยวิธีการหล่อพิมพ์ได้ และมีความเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์โดยไม่เกิดตำหนิใด ๆ บนผิวเคลือบ เมื่อผ่านการเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ในการทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น เนื้อผลิตภัณฑ์จะมีสีน้ำตาล ส่วนในการทดลองเผาเคลือบบรรยากาศแบบรีดักชั่น เนื้อผลิตภัณฑ์จะมีสีเทาอมเขียว

อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชรและเนื้อดินบึงสโตนแวร์สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. คุณสมบัติทางกายภาพของดินเหนียวจังหวัดกำแพงเพชร จากผลการวิเคราะห์พบว่า ดินเหนียวทั้ง 5 แหล่ง เมื่อผ่านการเผาแล้วมีความหดตัวใกล้เคียงกัน คือ อยู่ระหว่างร้อยละ 13.13 ถึง 15.63 และมีความดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 1.07 ถึง 1.13 ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเนื้อดินที่สามารถนำไปสร้างส่วนผสมเนื้อดินบึงสโตนแวร์ได้ ทั้งนี้สอดคล้องกับ นอร์ตัน (Norton. 1952 : 127) ซึ่งกล่าวว่า เนื้อดินบึงสโตนแวร์ควรมีความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15 และมีความดูดซึมน้ำไม่เกินร้อยละ 5 นอกจากนี้ยังพบว่า เนื้อดินทั้ง 5 แหล่ง สามารถทนไฟได้ที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส สีของเนื้อดินเป็นสีน้ำตาลแดงถึงสีน้ำตาลดำในบรรยากาศแบบออกซิเคชั่น และเป็นสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลดำในบรรยากาศแบบรีดักชั่น ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของแชปเปล (Chappel. 1979 : 17) ได้สรุปไว้ว่า เนื้อดินบึงสโตนแวร์ใช้อุณหภูมิในการเผาอยู่ระหว่าง 1,240 ถึง 1,315 องศาเซลเซียส สีของเนื้อดินหลังการเผามีสีครีม สีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมอยู่ในเนื้อดิน และบรรยากาศในการเผาว่าเป็นแบบออกซิเคชั่นหรือแบบรีดักชั่น

2. คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินบึงสโตนแวร์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า สูตรเนื้อดินบึงสโตนแวร์ 75 สูตร มีอยู่ 5 สูตรเท่านั้น ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาใช้ทำเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ได้คือ ได้แก่ สูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 ซึ่งจะมีความหดตัวก่อนการเผาอยู่ในระหว่างร้อยละ 0.63 ถึง 3.75 มีความหดตัวหลังการเผาอยู่ระหว่างร้อยละ 7.50 ถึง 11.88 มีความดูดซึมน้ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.89 ถึง 1.21 มีความทนไฟที่อุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส และมีสีที่ปรากฏนั้นเป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลเหลือง สีน้ำตาลส้ม สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลเทา และสีน้ำตาลดำ

ซึ่งสอดคล้องกับ รูดส์ (Rhodes. 1959 : 43) กล่าวว่า เนื้อกินบนสโตนแวร์ควรมีคุณสมบัติทั้งนี้ คือ มีความหดรัดก่อนการเผาไม่เกินร้อยละ 10 หลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15 มีความดูดน้ำไม่เกินร้อยละ 5 มีความทนไฟสูงตั้งแต่ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป นอกจากนี้การเผาทดลองทั้งในบรรยากาศแบบออกซิเดชั่นและรีดักชั่น ยังพบว่า เนื้อกินบนสโตนแวร์ทั้ง 5 สูตร มีสีออกไปทางสีน้ำตาล ทั้งนี้จะเป็นเพราะในเนื้อกินเหนียวที่นำมาผสมเป็นเนื้อกินนั้นมีเหล็กออกไซด์ผสมอยู่ จึงทำให้สีของเนื้อกินบนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแชปเปล (Chappel. 1979 : 17) พบว่า เนื้อกินบนสโตนแวร์หลังการเผามีสีครีม สีน้ำตาลไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมอยู่ในเนื้อกินและบรรยากาศในการเผา

3. ความเหมาะสมของเนื้อกินบนสโตนแวร์กับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ และเคลือบเฟลด์สปาร์ จากผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

3.1 ความเหมาะสมของเนื้อกินบนสโตนแวร์กับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า เนื้อกินบนสูตรที่คัดเลือกมาทดลองขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ทั้ง 5 แห่ง คือ สูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 สามารถนำมาขึ้นรูปได้ แสดงว่า น้ำกินเนื้อกินบนสโตนแวร์ทุกสูตรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อพิมพ์ ซึ่งน้ำหนักผสมในเนื้อกินร้อยละ 42.5 และเติมโซเดียมซิลิเกตประมาณร้อยละ .25 โดยน้ำหนักของกิน จึงทำให้มีการไหลตัวที่ดีและมีการกระจายลอยตัวได้ดี ทั้งนี้สอดคล้องกับคำกล่าวของ รูดส์ (Rhodes. 1972 : 30) กล่าวว่า ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการเตรียมน้ำกินจะอยู่ระหว่างร้อยละ 35 ถึง 50 โดยน้ำหนักของกินแล้วเติมโซเดียมซิลิเกตลงไปประมาณร้อยละ .20 ถึง .50 ก็จะทำให้กินเกิดการลอยตัวได้ดี

3.2 ความเหมาะสมของเนื้อกินบนสโตนแวร์กับเคลือบเฟลด์สปาร์ จากผลการวิเคราะห์พบว่า เนื้อกินบนสูตรที่คัดเลือกมาทดลองเคลือบด้วยเคลือบเฟลด์สปาร์ทั้ง 5 แห่ง คือ สูตรที่ 1.2, 2.8, 3.3, 4.7 และ 5.13 นั้น ความเหมาะสมระหว่างเนื้อกินบน

กับเปลี่ยนแปลงหลังจากการเผาเปลี่ยนทั้งบรรยากาศแบบออกซิเจนและรีดักชัน มีความเหมาะสมกันดีมาก เนื่องจากไม่ปรากฏค่าหิโค ๆ บนผิวเคลือบ แต่ลักษณะของสีที่เผาคลองควยบรรยากาศแบบออกซิเจนจะแตกต่างไปจากการเผาคลองควยบรรยากาศแบบรีดักชัน โดยแบบออกซิเจนจะให้สีน้ำตาล และแบบรีดักชันจะให้สีเทาอมเขียว ทั้งนี้จะเกิดจากปฏิกิริยาของเหล็กออกไซด์ที่มีอยู่ในเนื้อดินเผาเพอร์ ซึ่งตามปกติเหล็กออกไซด์จะให้สีน้ำตาลทั้งในเนื้อดินเผาและเคลือบเมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบออกซิเจน (โกลด์ รัชวงศ์. 2531 : 38) และจะให้สีเขียวบนเทาทั้งในเนื้อดินเผาและเคลือบ เมื่อเผาด้วยบรรยากาศแบบรีดักชัน (สุรศักดิ์ โกลิพิณ. 2531 : 17)

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์นั้น ถ้าจะนำสูตรเนื้อดินเผาสูตรใดไปใช้กับวัตถุดิบแหล่งอื่น ๆ ควรจะให้มีการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง

1.2 หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น อุตสาหกรรมจังหวัดและประชาสัมพันธ์จังหวัด ควรจะให้มีการเผยแพร่ข่าวสารและสนับสนุนให้ประชาชนและผู้ประกอบการด้านผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง มุ่งมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเองไปสู่ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์ โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาวิจัยกับแหล่งดินอื่น ๆ ซึ่งจะทำให้พบแหล่งดินเหนียวที่เหมาะสมกับการทำผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ได้อีกหลายแหล่ง

2.2 ควรศึกษาวิจัยในอุณหภูมิการเผาที่แตกต่างกันไปจาก 1,240 องศาเซลเซียส

2.3 ควรศึกษาวิจัยโดยใช้วิธีการขึ้นรูปที่แตกต่างกันไปจากการวิจัยครั้งนี้ เช่น ทดลองขึ้นรูปด้วยวิธีแผ่นหมุน หรือการขึ้นรูปด้วยมือ เป็นต้น เพื่อจะได้มีประโยชน์ต่อการทำผลิตภัณฑ์

เครื่องบันทึกแผนที่กว้างขวางยิ่งขึ้น

2.4 ควรศึกษาวิจัยในช่วงที่ไม่ใช่ฤดูฝน เพราะจะทำให้สะดวกต่อการนำดินเหนียว
มาจากแหล่งที่ต้องการจะศึกษา ซึ่งจะทำให้สามารถวิจัยได้ตามกำหนดเวลาที่วางไว้

บรรพต

บรรณานุกรม

- กิตติ โสนามัย. "วัตถุที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," ประชากรศึกษกิจ. ฉบับวันที่ 24 - 30 กุมภาพันธ์ 2533.
- โกมล รัชวงศ์. งานทำสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- . วัตถุที่ใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. นนทบุรี : สำนักพิมพ์โรงเรียน มารคานุการะห์, 2531.
- จุฬาลักษณ์ คีนัดก และคนอื่น ๆ. หิน. กรุงเทพฯ : กองเสริมธุรกิจวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2521.
- ชาญ จรรยาวิทย์. "สถานการณวัตถุที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 พฤษภาคม 2528.
- ทรัพยากรธรณี, กรม. ทรัพยากรในดินกำแพงเพชร. กรุงเทพฯ : ศูนย์สารสนเทศการเกษตรแห่งประเทศไทย, 2527.
- ทวี พรหมพฤษ. เครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : โอเคียนส์โตร, 2523.
- . เตาและการเผา. กรุงเทพฯ : จงเจริญการพิมพ์, 2525.
- ปรีดา พิมพ์ขาวชา. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- . เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2532.
- มนทิพย์ รัตนวิจิตร และสุภัทร สติรวีสาดกิจ. "เซรามิกส์กับอนาคตส่งออก," ผู้ส่งออก. ปีที่ 3 ฉบับที่ 66 ปักษ์แรก พฤษภาคม 2533.
- วิทยาศาสตร์, กรม. เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, 2513.
- . เอกสารทางวิชาการเครื่องปั้นดินเผา ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์, 2514.
- ศิริชัย โพธิ์คาปะนะ. "สถานภาพอุตสาหกรรมเซรามิกส์กับการส่งออกของประเทศไทย," ผู้ส่งออก. ปีที่ 2 ฉบับที่ 43 ปักษ์หลัง พฤษภาคม 2532.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เทคโนโลยีเซรามิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ :
องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2529.

ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา. เชียงใหม่ : โรงพิมพ์
ช้างเผือก, ม.ป.ป.

สุรศักดิ์ โกสียพัทธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2531.

อนันต์ภักดิ์ โชติมงคล. "วัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์," เซรามิกส์ไทย. ปีที่ 5
ฉบับที่ 1 ธันวาคม 2531.

_____. "วิวัฒนาการและความเจริญก้าวหน้าของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย,"
เซรามิกส์ไทย. ฉบับพิเศษ ธันวาคม 2533.

อายุวัฒน์ สว่างผล. การศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของดินแหล่งต่าง ๆ ในจังหวัดกำแพงเพชร
เพื่อใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา. กำแพงเพชร : วิทยาลัยครูกำแพงเพชร, 2532.

Chappel, James. The Potter's Complete Book of Clay and Glaze.
New York : Watson-Guption Publication, 1979.

Fournier, Robert. Illustrated Dictionary of Practical Pottery.
New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1977.

Nelson, Glenn C. Ceramics. A Potter's Handbook. Fifth Edition
New York : Holt, Rinehart and Winston. Inc., 1983.

Norton, F.H. Element of Ceramics. California : Addison Wesley
Publishing Company. Inc., 1952.

_____. Element of Ceramics, Second Edition. California :
Addison Wesley Publishing Company. Inc., 1973.

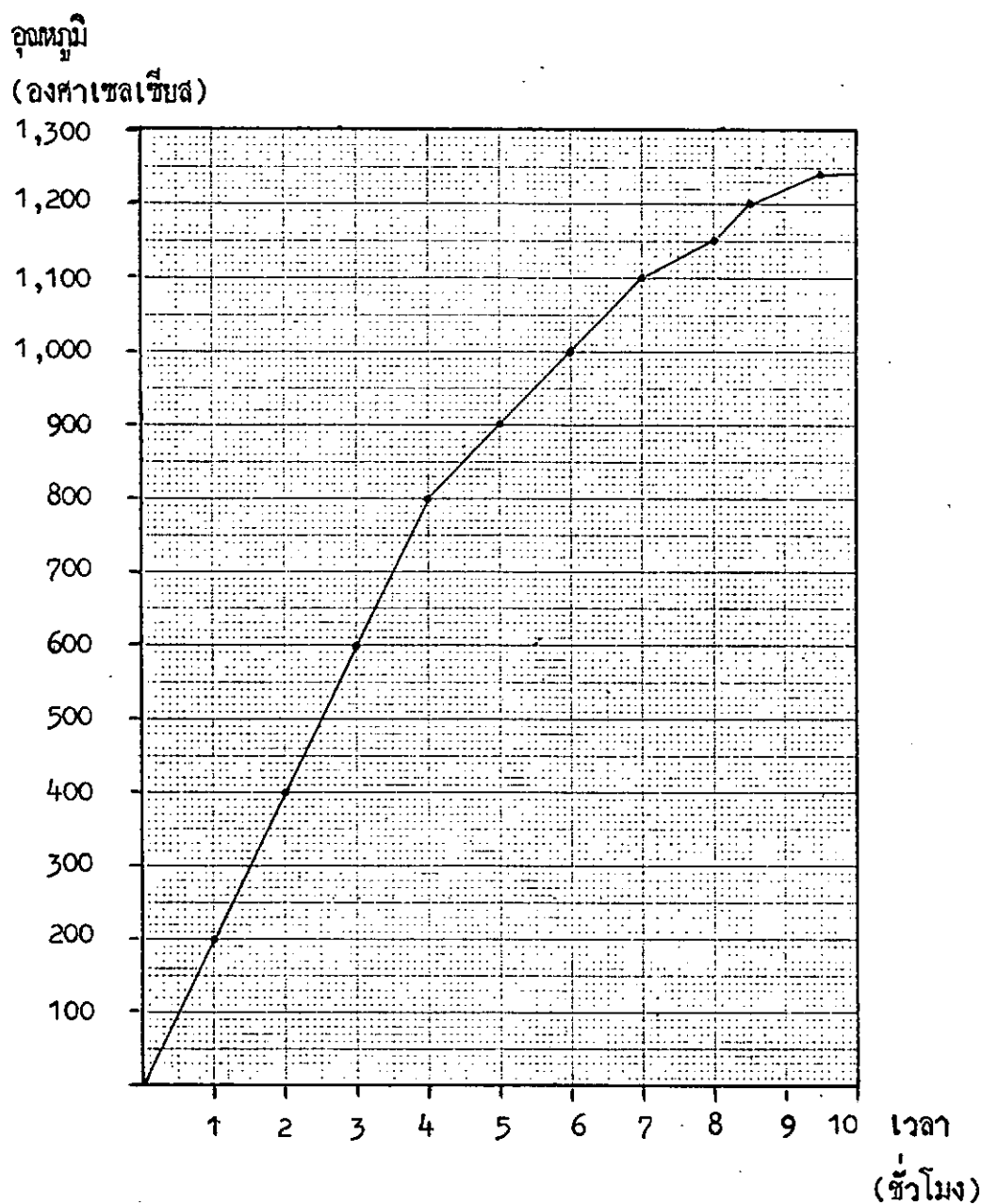
Rhodes, Daniel. Stoneware and Porcelain the Art of High-Fired
Pottery. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1959.

_____. Clay and Glazes for the Potter. New York : Chilton
Book Company, 1972.

Singer, Sonja S. Industrial Ceramics. New York : Chemical
Publishing Co., 1963.

ภาคผนวก

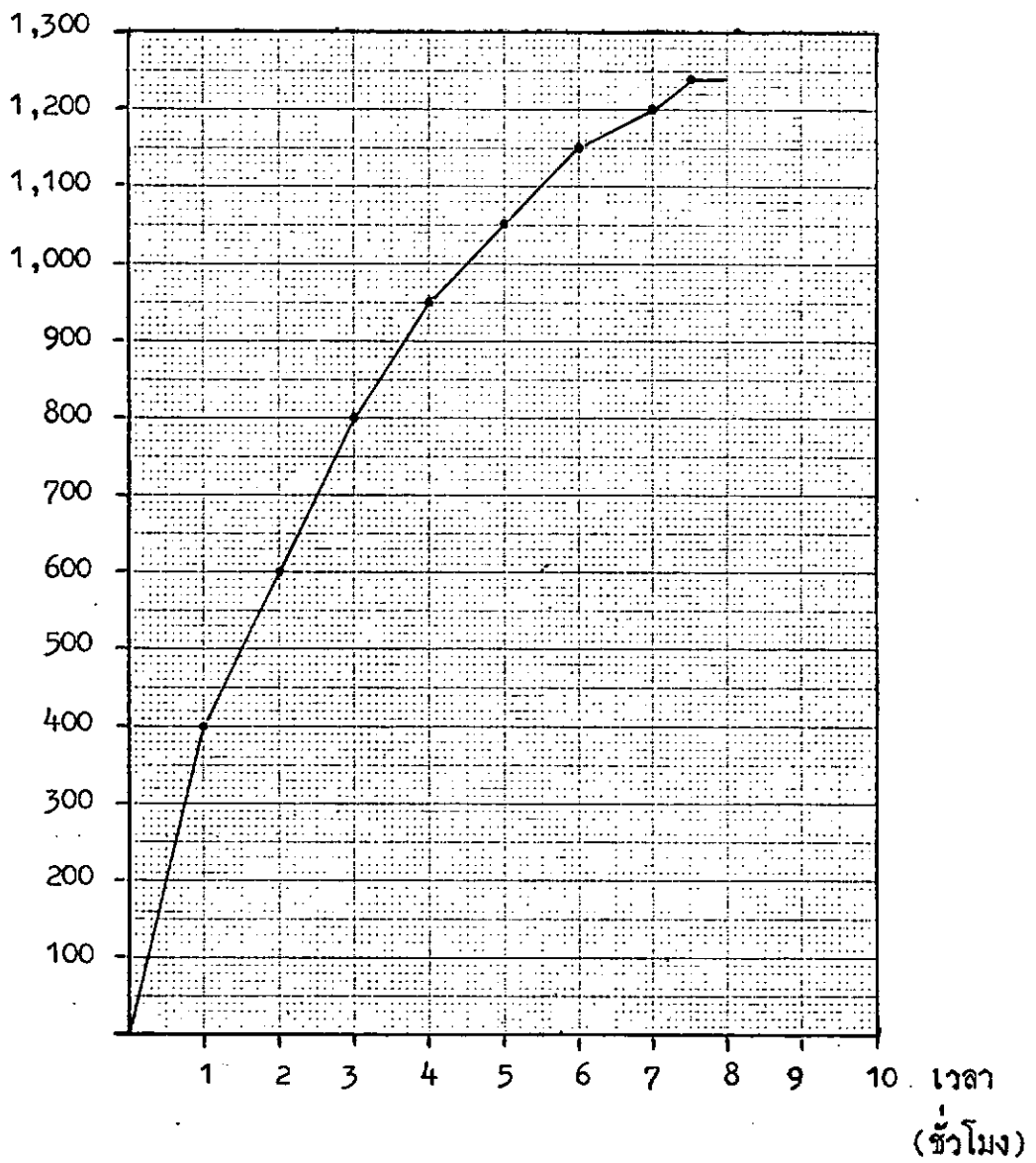
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา
ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน



ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาผลาญ
คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อไขมันร่ายอากาศแบบออกซิเจน

อุณหภูมิ

(องศาเซลเซียส)

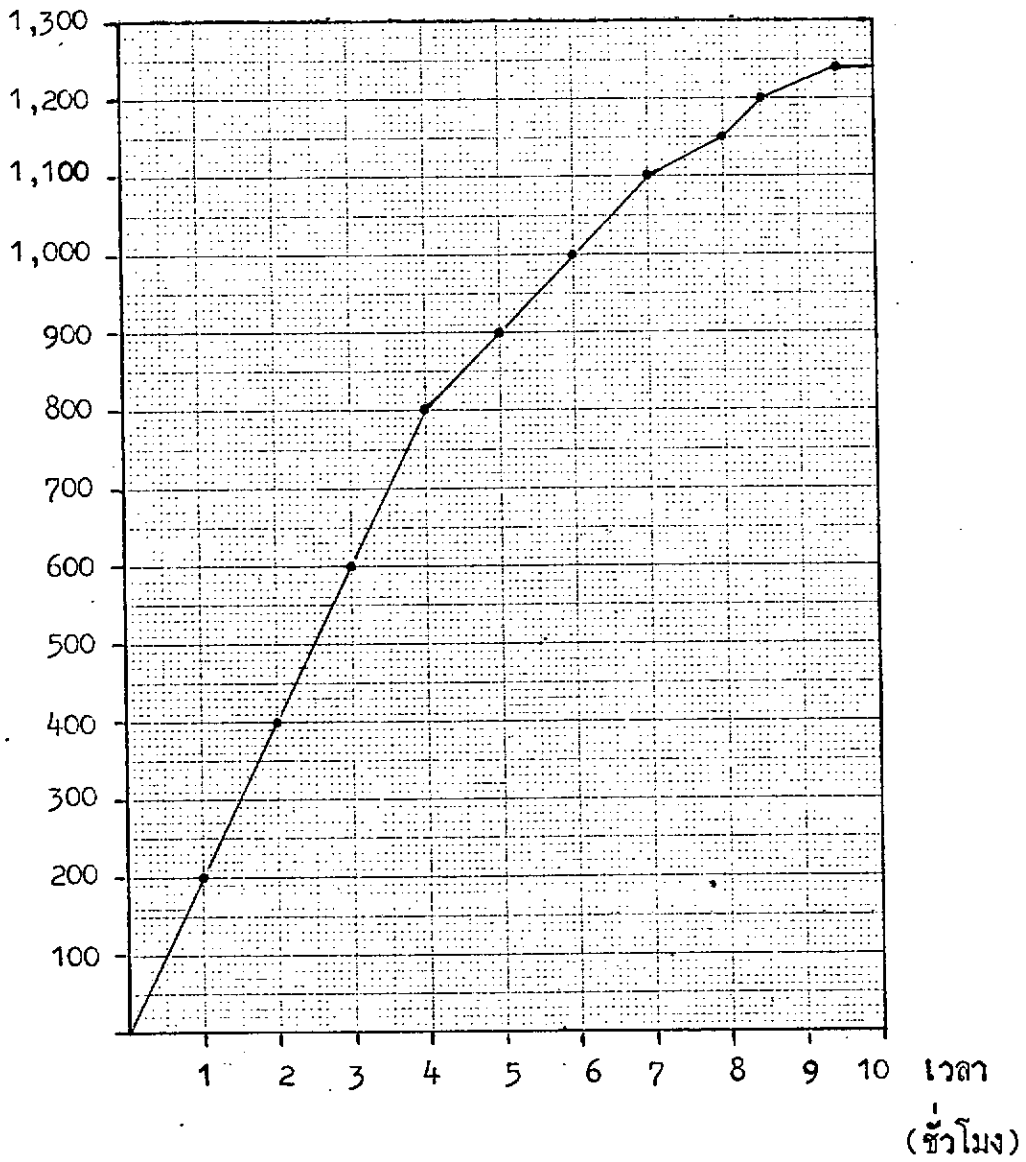


ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบ
คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อหินบรยากาศเบมรี้กซ์

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ

อุณหภูมิ

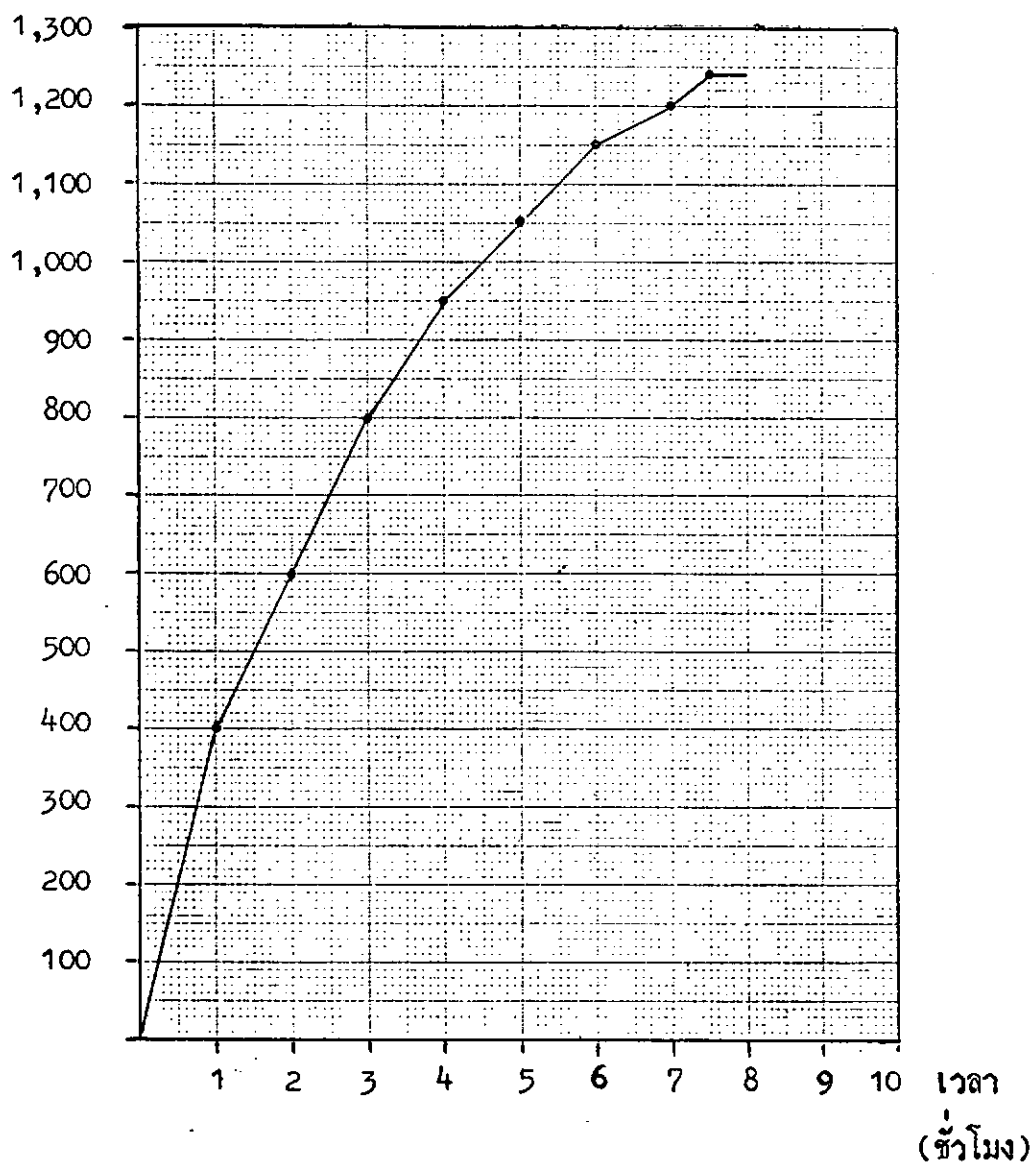
(องศาเซลเซียส)



ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคสือบ
บรรยากาศแบบออกซิเคชั่น

อุณหภูมิ

(องศาเซลเซียส)



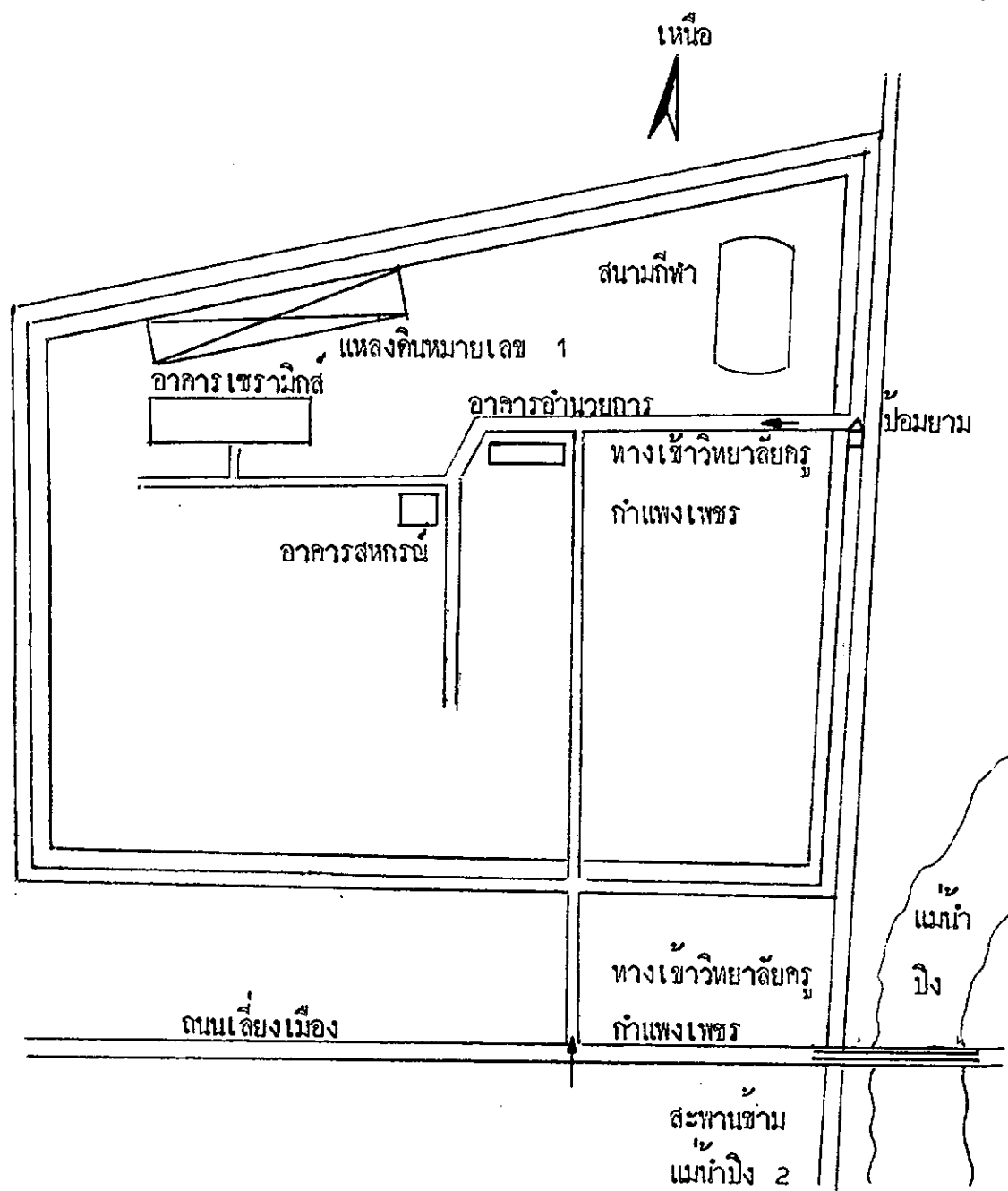
ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเคลือบ
 บรรยายภาพแบบวิพากษ์

แผนที่จังหวัดกำแพงเพชรแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินที่นำมาวิจัย

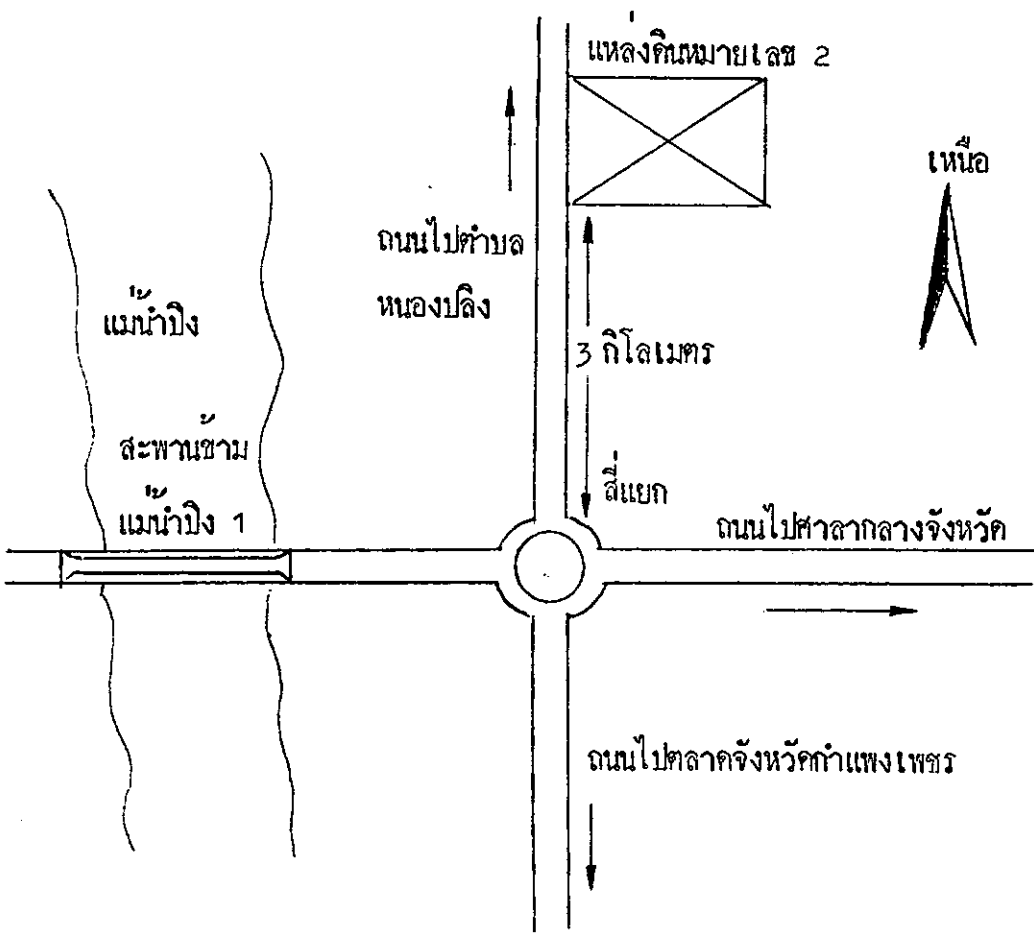


ภาพประกอบ 16 แผนที่จังหวัดกาญจนบุรีแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดนตรีที่นำมาวิจัย

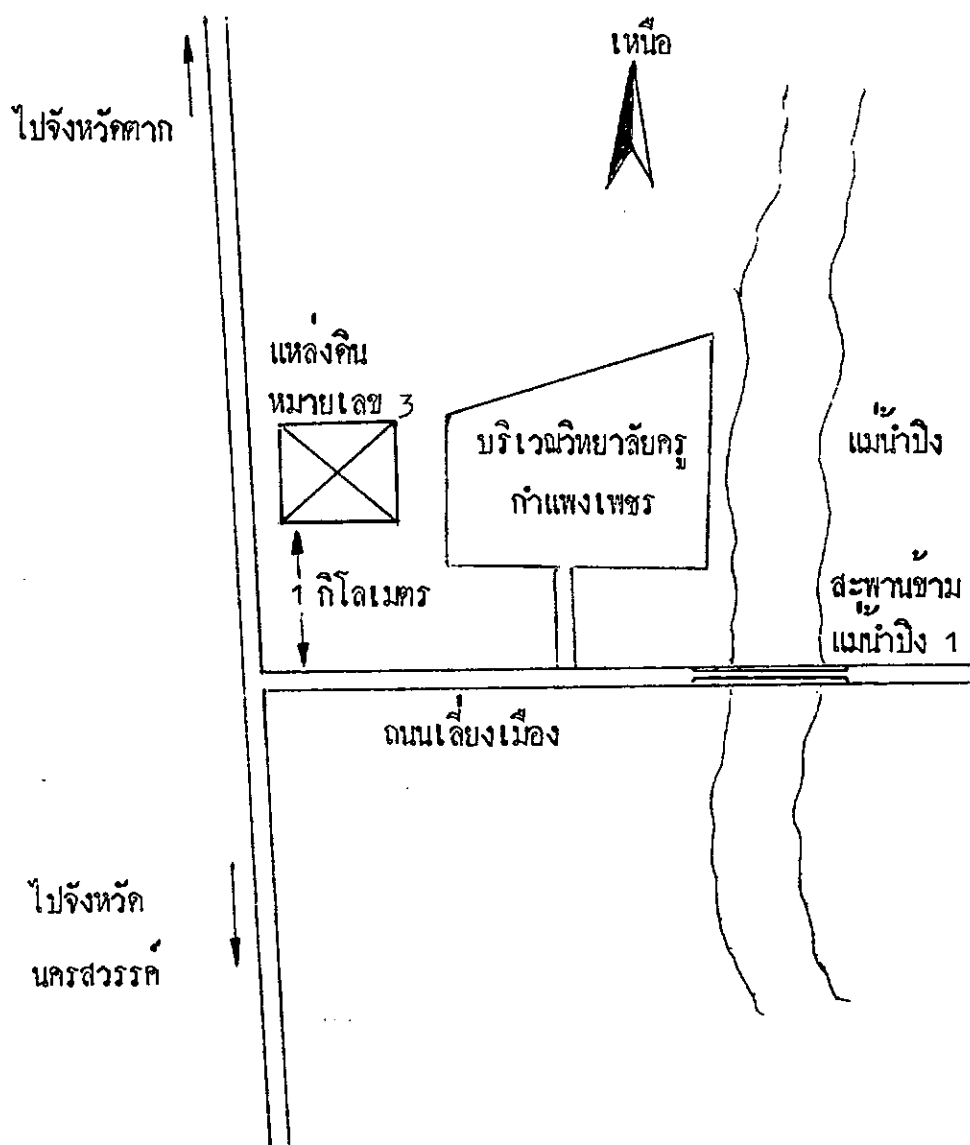
แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินที่นำมาวิจัย



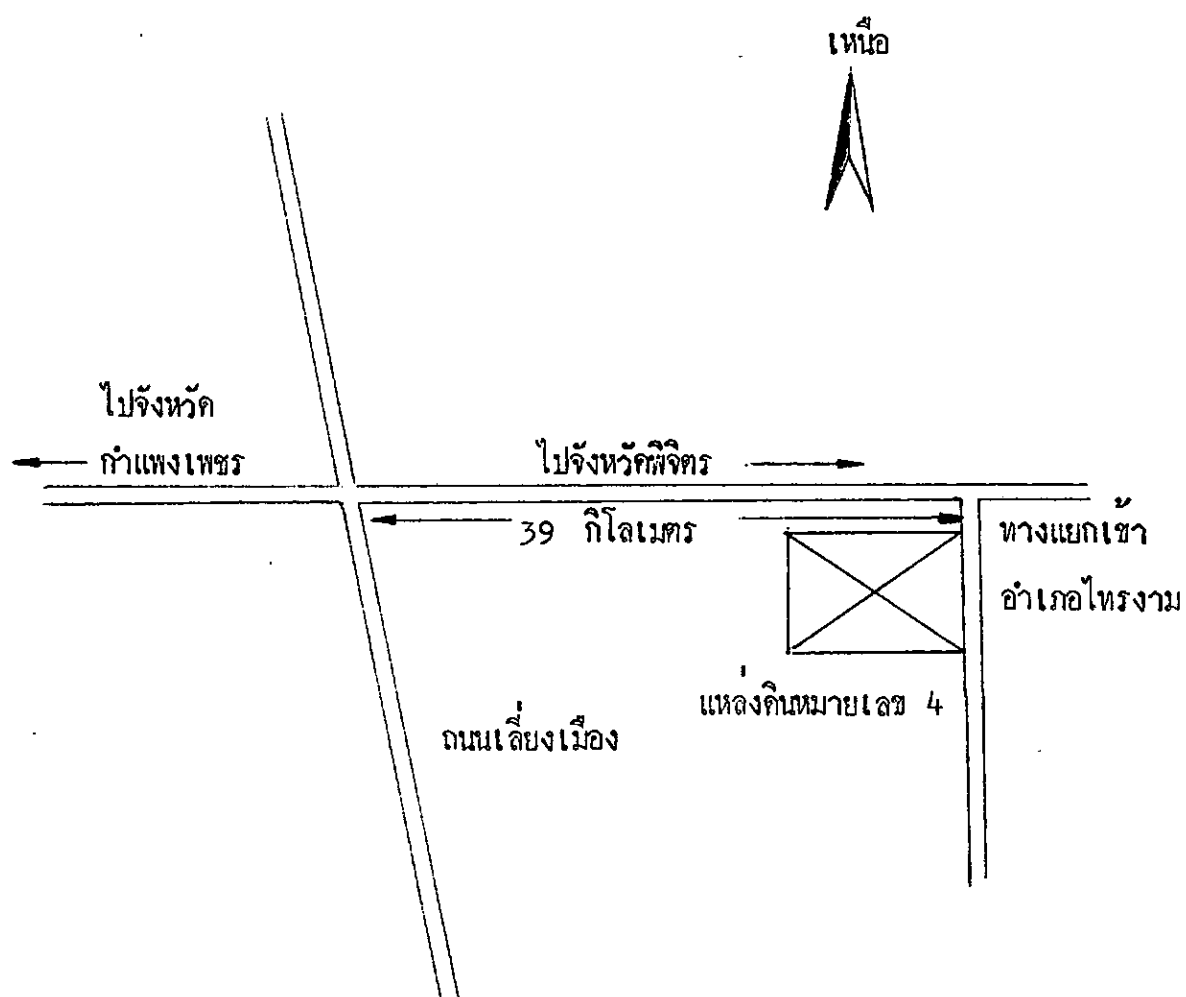
ภาพประกอบ 17 แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 1



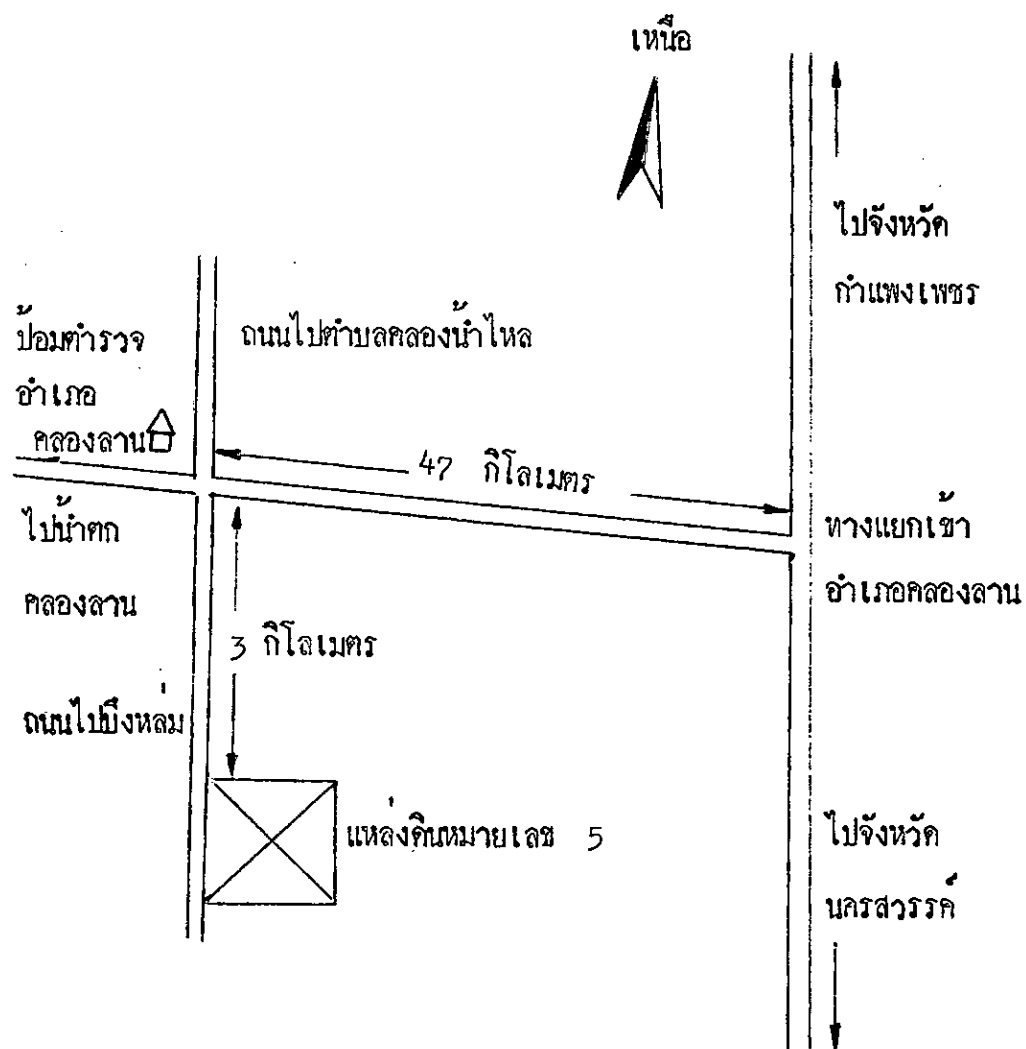
ภาพประกอบ 18 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกินหมายเลข 2



ภาพประกอบ 19 แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกินหมายเลข 3



ภาพประกอบ 20 แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งกินหมายเลข 4



ภาพประกอบ 21 แผนผังแสดงตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งดินหมายเลข 5

หนังสือขอความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย

ที่ ทม 1012/1132



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน
ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

23 กรกฎาคม 2534

เรื่อง ขออนุญาตใช้สถานที่ทำการทดลองวิจัย

เรียน อธิการวิทยาลัยครูกำแพงเพชร

ด้วย นายสมศักดิ์ วังศิริกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นิสิตผู้นี้ กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองเนื้อดิน
จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุม
ดูแลของ ผศ.โกมล วัชรวงศ์ เป็นประธานกรรมการ และ คร.ละเอียก วัชรเฝ้า เป็นกรรมการ

สิ่งที่นิตผู้นี้ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่าน คือ ขออนุญาตใช้สถานที่ของภาควิชาทัศนศึกษา
และอุตสาหกรรมศิลป์ของวิทยาลัยครูกำแพงเพชร เป็นสถานที่เตรียมวัสดุ และทดสอบคุณสมบัติทาง
กายภาพของดินในการทดลองวิจัยดังกล่าว ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2534

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือใน ครั้งนี้ และขอขอบคุณ
ในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายธานี ทัฬหโค)

รองอธิการบดี

บัณฑิตศึกษา มศว บางเขน

โทร. 521-1429

ที่ ทม 1012/1131



มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบางเขน กรุงเทพฯ 10220

๑๓ กรกฎาคม 2534

เรื่อง ขออนุญาตใช้สถานที่ทำการทดลองวิจัย

เรียน อธิการวิทยาลัยครูพระนคร

ด้วย นายสมศักดิ์ วงศ์วิภูถ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน นิสิตผู้นี้ กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การทดลองเนื่อหิน
จังหวัดกำแพงเพชร เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผาประเภทสโตนแวร์" ทั้งนี้ อยู่ในความควบคุมดูแล
ของ ผศ.โกมล รัชต์วงศ์ เป็นประธานกรรมการ และ คร.ละเอียศ รัชต์เผ่า เป็นกรรมการ

สิ่งที่นิตินิดขอคือ ขอความอนุเคราะห์จากท่าน ขออนุญาตใช้สถานที่ของภาควิชา
เครื่องปั้นดินเผา ของวิทยาลัยครูพระนคร เป็นสถานที่ทำการทดลองวิจัยดังกล่าว ในระหว่างเดือน
กรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2534

มหาวิทยาลัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ท่านจะกรุณาให้ความร่วมมือในครั้งนี้ และขอขอบคุณ
ในความช่วยเหลืออนุเคราะห์ใด ๆ ที่ท่านจะโปรดให้แก่นิสิตผู้นี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายธานี ทันทิมโต)

รองอธิการบดี

บัณฑิตศึกษา มศว บางเขน

โทร. 521-1429

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายสมศักดิ์ ชื้อสกุล วงศ์วิกุล

เกิดวันที่ 8 เดือนมิถุนายน พุทธศักราช 2497

สถานที่เกิด ตำบลของแคว อำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 35/1 ถนนประชาธรรมา ตำบลในเมือง

อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาทัศนศึกษาและอุตสาหกรรมศิลป์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยครูกำแพงเพชร
ตำบลนครชุม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร 62000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2514 ม.ศ. 3 จากโรงเรียนวัชรบรรณวิทย์วิทยาลัย จังหวัดกำแพงเพชร

พ.ศ. 2516 ป.กศ. จากวิทยาลัยครูนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

พ.ศ. 2518 ป.กศ.สูง (วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาเครื่องปั้นดินเผา)
จากวิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ. 2520 ค.บ. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศิลป์ สาขาเครื่องปั้นดินเผา
วิชาโท ภาษาไทย) จากวิทยาลัยครูพระนคร

พ.ศ. 2534 กศ.ม. (วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร

การทดลองเนื้อดินจังหวัดกำแพงเพชร
เพื่อใช้ในงานเครื่องปั้นดินเผา
ประเภทสโตนแวร์

บทคัดย่อ

ของ

สมศักดิ์ วงศ์วิรุณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ธันวาคม 2534

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อสร้างส่วนผสมเนื้อคินีนัสโตเนวร์ โดยใช้คินีนีวจังหวัด
กำแพงเพชร ทดลองเผาในอุณหภูมิ 1,240 องศาเซลเซียส ทั้งในบรรยากาศแบบออกซิเจน
และแบบรีดักชัน กลุ่มตัวอย่างโคเก คินีนีวจังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 5 แห่ง รวม
ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง และเนื้อคินีนัสโตเนวร์ที่เกิดจากคินีนีวจังหวัดกำแพงเพชรแต่ละแห่ง ผสมเข้า
กับหินน้ำและหินเขียวตามสัดส่วน โดยการสุ่มแบบเจาะจงจากตารางสามเหลี่ยมของ
แหล่งหินแต่ละหมายเลข ทั้งหมด 5 หมายเลข 5 ตาราง ได้ตัวอย่างเนื้อคินีนัสโตเนวร์
15 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 75 ตัวอย่าง วิธีการในการวิจัยเริ่มจากการนำคินีนีวจังหวัด
กำแพงเพชรและเนื้อคินีนัสโตเนวร์ตามกลุ่มตัวอย่างมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ หลังจากนั้น
คัดเลือกเนื้อคินีนัสโตเนวร์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด จำนวนหมายเลขละ 1 ตัวอย่าง มาทำการ
ทดลองขึ้นรูปด้วยวิธีหลอพิมพ์และเคลือบด้วยเคลือบเฟลด์สปาร์

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า คินีนีวจังหวัดกำแพงเพชรมีคุณสมบัติทางกายภาพที่สามารถนำ
มาสร้างส่วนผสมเนื้อคินีนัสโตเนวร์ได้ทั้ง 5 แห่ง และเนื้อคินีนัสโตเนวร์ที่คัดเลือกมาขึ้นรูป
และเคลือบนั้น มีความเหมาะสมกับการขึ้นรูปด้วยวิธีหลอพิมพ์และเหมาะสมกับเคลือบเฟลด์สปาร์

AN EXPERIMENT ON KAMPHAENG PHET CLAY
FOR STONEWARE BODIES

AN ABSTRACT

BY

SOMSAK WANGSIRIKUL

Presented in Partial fulfillment of the requirements for the Master
of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
December 1991

The aim of this experimental research was to find out the mixture of stoneware bodies using Kamphaeng Phet clay. The samples were fired at the constant temperature of $1,240^{\circ}$ celcius under both oxidation and reduction atmospheres. Five samples of the Kamphaeng Phet clay were obtained from five places. The Kamphaeng Phet clay of each place was mixed with different proportions of feldspar and quartz. By the tri-axial sampling method, seventy-five samples of clay were obtained. The experimental research was conducted by testing the quality of the Kamphaeng Phet clay and the stoneware physical bodies. Then the best quality stoneware from five places was selected and cast in a mold and glazed with the feldsparthic glaze.

The study showed that the Kamphaeng Phet clay from all five locations processed the physical quality suitable for stoneware bodies. These stoneware bodies was appropriate for mold casting and glazed with the feldsparthic glaze.