

รายงานการวิจัยและพัฒนา

เรื่อง

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาดินในท้องถิ่นของศูนย์ศิลปาชีพ
เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบการผลิต

โดย

นางพิมพ์วัลลภ วัฒนภาส

นายสุทธิชัย ทีปประสาน

นางเทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล

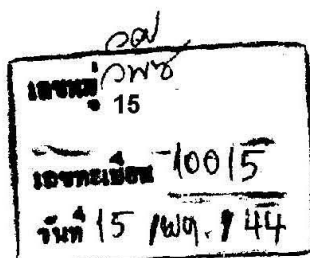
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

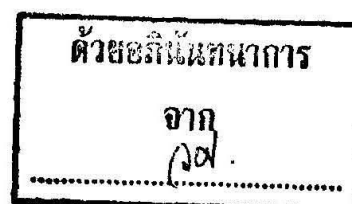
รายงานการวิจัยและพัฒนา

เรื่อง

โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาดินในท้องถิ่นของศูนย์ศิลปาชีพ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบการผลิต



โดย



นางพิมพ์วัลลค์ วัฒนโนภาส

นายสุทธิชัย ทีปประสาน

นางเทพีวรรณ จิตรวัชร โกมล

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาเนื้อดินสีลพบุรีโดยใช้ดินในท้องถิ่น ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาที่ได้ให้การสนับสนุนและขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกที่ให้คำแนะนำ ช่วยการวิเคราะห์ทดสอบ การทดลอง การออกไปให้การฝึกอบรมการผลิตสู่ศูนย์สีลพบุรีเซรามิก ตลอดจนการจัดพิมพ์ จนเป็นผลสำเร็จ

บทคัดย่อ

การพัฒนาเนื้อดินพอร์ซเลนและสโตนแวร์จากดินในท้องถิ่นภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ เพื่อใช้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกของศูนย์ศิลปาชีพฯ ณ จังหวัดลำปาง จังหวัดสกลนคร และจังหวัดนราธิวาส ตามลำดับ

ผลการศึกษาวิจัยเนื้อดินดังกล่าวนี้สามารถขึ้นรูปได้ทั้งโดยการปั้นและการหล่อ ผลิตภัณฑ์หลังการเผามีคุณสมบัติเป็นที่น่าพอใจ และได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเตรียมเนื้อดินสู่เจ้าหน้าที่ของศูนย์ศิลปาชีพทั้ง 3 แห่ง

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ

บทคัดย่อ

สารบัญตาราง

ก

สารบัญภาพ

ข

บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	1
	1.3 เป้าหมาย	2
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	การดำเนินการวิจัย	3
	2.1 วัตถุประสงค์	3
	2.2 เนื้อดินพอร์ซเลน	4
	2.3 เนื้อดินสโตนแวร์	6
	2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน	7
บทที่ 3	ผลการทดลอง	9
	3.1 เนื้อดินพอร์ซเลน	9
	3.1.1 การหัดตัวรวมและการดูดซึมน้ำ	9
	3.1.2 มอดูลัสแตกร้าว	10
	3.1.3 ความละเอียดของเนื้อดิน	10
	3.1.4 ความสามารถในการขึ้นรูปโดยการหล่อแบบ	11
	3.2 เนื้อดินสโตนแวร์	12
	3.2.1 เนื้อดินบ้านทอน จ.สกลนคร	12
	3.2.2 เนื้อดินบ้านท่าอุเทน จ.นครพนม	13
	3.2.3 เนื้อดินวังสะพุง จ.เลย	15
บทที่ 4	การทดลองผลิตและถ่ายทอดเทคโนโลยี	17
	4.1 การทดลองผลิตเนื้อดินจากวัตถุดิบมาตรฐาน	17
	4.2 การทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	18
	4.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำเนื้อดิน	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5	
สรุปผล	19
5.1 เนื้อดินพอร์ซเลน	19
5.2 เนื้อดินสโตนแวร์	19
5.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำเนื้อดิน	20
5.4 ข้อเสนอแนะ	20
บรรณานุกรม	21
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.	การทำผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ โดยใช้วัตถุดิบหลักจากภาคเหนือ
ภาคผนวก ข.	รูปแสดงชิ้นตัวอย่างและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
ภาคผนวก ค.	เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยี

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ	3
2 ผลวิเคราะห์เคมีดินท้องถิ่นภาคอีสาน	4
3 สูตรเนื้อดินพอร์ซเลน	5
4 สูตรเนื้อดินสโตนแวร์	7
5 ผลการทดลองหลังเผา	9
6 ค่าโมดูลัสแตกร้าวเนื้อดิน	10
7 ปรับสูตรเนื้อดินชุด N	10
8 ขนาดอนุภาคเนื้อดิน	11
9 แสดงค่าความหนืดเมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณ Na_2SiO_3	11
10 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านทอน	12
11 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านทอน (ชุดใหม่)	13
12 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านท่าอุเทน	14
13 สรุปการทําน้ำสลিপเนื้อดินอีสาน	14
14 สูตรทดลองดินวังสะพุง	15
15 สมบัติหลังการเผาเนื้อดินวังสะพุง	15

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงแผนภูมิสามเหลี่ยมสูตรเนื้อดิน	5
2	แสดงแผนภูมิรูปสามเหลี่ยมสูตรเนื้อดินภาคอีสาน	6
3	แสดงความหนักเมื่อเปลี่ยนปริมาณ โซเดียมซลิเกต	12
4	แผนภูมิการเตรียมเนื้อดิน	17

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ ได้ทรงทราบถึงปัญหาความยากจนของราษฎรในท้องที่ชนบท และการประกอบอาชีพตัดไม้ทำลายป่าของราษฎรในบางพื้นที่ จึงมีพระประสงค์จะช่วยให้ชาวบ้านมีอาชีพถาวรและหรืออาชีพเสริมลดการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อเป็นการรักษาแหล่งต้นน้ำลำธาร จึงได้ทรงมีพระราชดำริให้การฝึกอบรมอาชีพแก่ราษฎร ณ ศูนย์ศิลปาชีพในภาคต่างๆ ของประเทศ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการได้สนองพระราชดำริตั้งแต่ปี 2527 เป็นต้นมา โดยจัดส่งเจ้าหน้าที่ของกรมวิทยาศาสตร์บริการไปฝึกอบรมราษฎร ณ ศูนย์ศิลปาชีพซึ่งมีอยู่ 4 ศูนย์ในแต่ละภาค ดังนี้

- | | |
|--------------------------|--|
| 1. ภาคเหนือ | -ศูนย์ศิลปาชีพบ้านแม่คำ จ.ลำปาง |
| 2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ | -ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร |
| 3. ภาคใต้ | -ศูนย์ศิลปาชีพพระตำหนักทักษิณราชินีเวสน์
จ.นราธิวาส |
| 4. ภาคกลาง | -ศูนย์ศิลปาชีพบางไทร จ.พระนครศรีอยุธยา |

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกได้รับมอบหมายจากกรมวิทยาศาสตร์บริการในการฝึกอบรมราษฎร ณ ศูนย์ศิลปาชีพทั้ง 4 แห่ง พบว่ามีปัญหาทางด้านการผลิตเนื้อดินปั้นขึ้นใช้เองของแต่ละศูนย์ จึงทำให้ต้องซื้อเนื้อดินสำเร็จรูปมาใช้ บางครั้งเกิดการขาดแคลนทำให้กระบวนการผลิตเกิดชะงักงันไม่ต่อเนื่อง

ดังนั้นในการจัดทำแผนพัฒนาศูนย์ศิลปาชีพ (ด้านเซรามิก) ในปีงบประมาณ 2535-2539 นอกเหนือจากโครงการฝึกอบรมการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกอันเป็นโครงการย่อยที่ 1 ยังได้จัดทำโครงการย่อยที่ 2 คือ การศึกษาวิจัยและพัฒนาเนื้อดินโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่น เพื่อให้แต่ละศูนย์สามารถพึ่งพาตนเองได้ตามควรแก่ศักยภาพในการผลิตเนื้อดิน

1.2 วัตถุประสงค์ (ตามโครงการย่อยที่ 2)

1. สมาชิกของศูนย์ศิลปาชีพมีความรู้และความเข้าใจกระบวนการเตรียมเนื้อดิน
2. เพื่อนำวัตถุดิบในท้องถิ่นที่มีปริมาณและคุณภาพเหมาะสมในการผลิตเซรามิกมาใช้ในศูนย์ศิลปาชีพ

1.3 เป้าหมาย

สามารถเตรียมเนื้อดินจากวัตถุดิบท้องถิ่นขึ้นใช้เองได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แต่ละศูนย์จะสามารถผลิตเนื้อดิน โดยนำวัตถุดิบจากท้องถิ่นหรือบริเวณใกล้เคียงมาใช้ ในกระบวนการผลิต และในที่สุดสามารถพึ่งตนเองในการผลิตเนื้อดิน เพื่อนำมาใช้ในโรงงานผลิตของแต่ละศูนย์

1.5 ระยะเวลา

2 ปี (2535-2536)

บทที่ 2

การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีดังนี้

1. จัดหาตัวอย่างดินในท้องถิ่นของศูนย์ศิลปาชีพแต่ละภาค
2. ศึกษาวิจัยคุณสมบัติวัตถุดิบแต่ละแหล่ง
3. ทดลองหาส่วนผสมเนื้อดิน
4. พัฒนาวิธีเตรียมเนื้อดิน
5. ทดลองทำเป็นผลิตภัณฑ์
6. สรุปผลและถ่ายทอดวิธีการเตรียมเนื้อดินแก่สมาชิกศูนย์ศิลปาชีพ

2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบหลัก ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทย มีคุณภาพค่อนข้างดี และอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศ โดยเฉพาะทางภาคเหนือมีวัตถุดิบคุณภาพดีมากมาย ได้มีงานวิจัยซึ่งนำเอาวัตถุดิบ เช่น ไชนาสโตน และดินซึ่งอยู่ภาคนี้มาพัฒนาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ (ภาคผนวก ก) ดินขาวของประเทศไทยที่จังหวัดลำปาง นราธิวาส ระนอง เป็นแหล่งที่ใหญ่และมีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมเพราะมีคุณภาพดี แร่ฟันม้ามีแหล่งอยู่ที่ตาก อุทัยธานี เพชรบุรี ราชบุรี เป็นต้น สำหรับดินดำแหล่งที่สำคัญแล้วและนำมาใช้ยังมีแหล่งอยู่ที่ลำปาง นครศรีธรรมราช ที่ยังขาดการสำรวจและเป็นดินท้องถิ่นคาดว่ายังมีอยู่มากน้อย การเลือกใช้วัตถุดิบควรพิจารณาความเหมาะสมทั้งในเรื่องของคุณสมบัติ ปริมาณสำรอง และความสะดวกในการขนส่ง แหล่งวัตถุดิบที่ได้เลือกไว้มีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัตถุดิบ

วัตถุดิบ	L.O.I	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
ดินดำแม่ทาน (จ.ลำปาง)	13.00	54.30	27.40	1.40	0.40	0.50	0.30	2.50	0.40
ดินขาวแจ้ห่ม (จ.ลำปาง)	3.37	74.50	18.20	0.83	0.01	0.12	0.94	3.68	0.05
แร่ฟันม้า (จ.เชียงใหม่)	0.25	67.30	18.20	0.03	0.10	0.01	2.29	11.79	0.01
ดินขาวแจ้คอน (จ.ลำปาง)	7.40	55.00	30.30	1.50	0.30	0.80	1.10	0.03	0.60
ดินดำลานสกา (จ.นครศรีธรรมราช)	15.10	54.10	24.10	2.13	0.01	0.30	0.25	2.47	0.37
ดินขาว (จ.นราธิวาส)	12.40	44.10	38.60	1.40	0.30	0.30	0.70	1.90	-
แร่ฟันม้า (จ.เพชรบุรี)	0.24	66.39	18.55	0.05	0.22	0.05	3.06	11.42	0.02
แร่ควอร์ตซ์ (จ.ระยอง)	0.14	99.39	0.07	0.03	0.04	0.02	0.05	0	0.02

วัตถุดิบที่จะนำมาใช้สำหรับศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จังหวัดสกลนคร ซึ่งอยู่ที่ภาคอีสานนั้น ดินท้องถิ่นในภาคนี้มีอีกมากมายหลายแหล่ง และเนื่องจากดินดังกล่าวมีสนิมเหล็กปนอยู่มาก ฉะนั้นเมื่อเผาแล้วจะให้สีแดงหรือน้ำตาล บางท้องถิ่นที่สามารถเผาจนแกร่งได้ เช่น ที่ท่าอุเทน จังหวัดนครพนม และบ้านด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น นำมาปรับปรุงกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ดินเหนียวจากจังหวัดสกลนคร และจังหวัดใกล้เคียง นำมาผสมกับวัตถุดิบอื่น ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดีขึ้น แต่ไม่สามารถนำมาทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาวได้

ผลวิเคราะห์ทางเคมีของแหล่งดินที่ได้สำรวจและเก็บตัวอย่างมาวิจัยตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์เคมีดินท้องถิ่นภาคอีสาน

วัตถุดิบ	L.O.I	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
ดินดำ อ.ท่าอุเทน จ.นครพนม	7.7	62.7	18.8	5.0	0.3	0.9	1.5	1.8
ดินบ้านธร จ.สกลนคร	8.5	52.8	22.1	8.8	0.3	1.1	3.3	1.8
ดินวังสะพุง จ.เลย	5.8	58.2	24.2	9.4	0.2	0.5	0.9	4.1

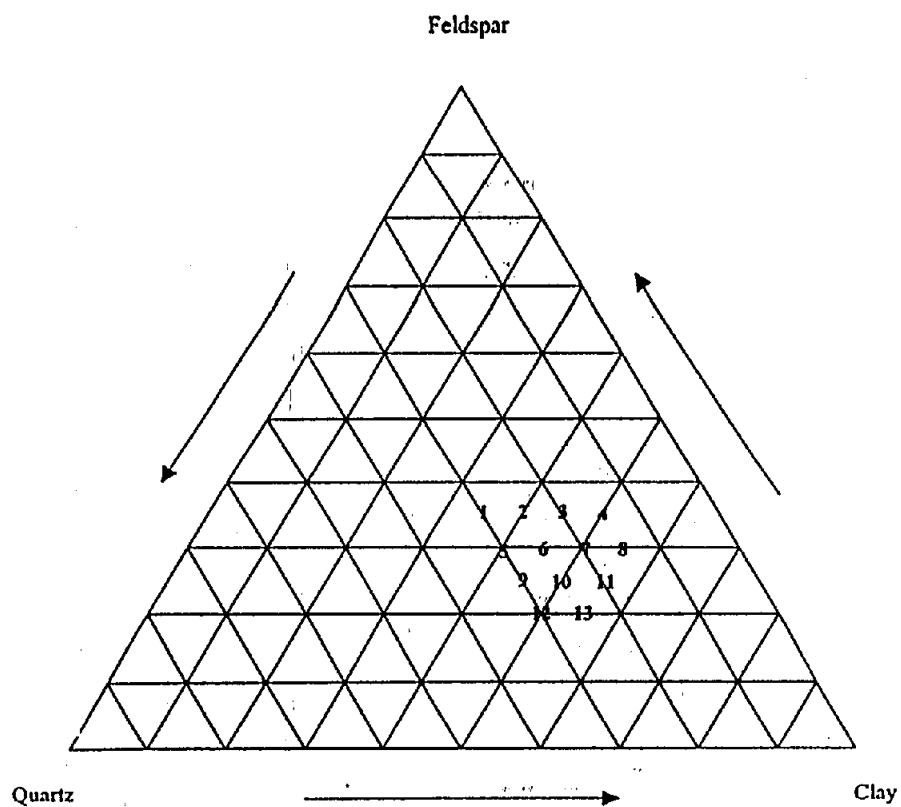
2.2 เนื้อดินพอร์ซเลน

ในภาคเหนือและภาคใต้มีแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพดีมากกว่าในภาคอื่นของประเทศ ดังนั้นจึงได้ตั้งเป้าหมายให้เนื้อดินจัดอยู่ในประเภทพอร์ซเลน (ร้อยละของการดูดซึมน้ำไม่เกิน 0.5) เนื้อดินควรสามารถขึ้นรูปได้ดีทั้งโดยวิธีปั้นและโดยการหล่อแบบพิมพ์ สูตรทั่วไปของเนื้อดินพอร์ซเลนคือ

ดิน	ร้อยละ	35-55
แร่ฟันม้า	ร้อยละ	20-35
แร่ควอร์ตซ์	ร้อยละ	15-30

ได้ทดลองใช้วัตถุดิบจากแหล่งที่มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการทำพอร์ซเลน และมีปริมาณเพียงพอ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีและไม่เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบในภายหลัง ใช้แผนภูมิรูปสามเหลี่ยมช่วยในการกำหนดส่วนผสมเนื้อดิน (ภาพที่ 1)

ได้ทดลองเนื้อดินพอร์ซเลนเป็น 2 ชุดคือ ชุด N และ ชุด S วัตถุดิบของชุด N ส่วนใหญ่เป็นแหล่งในภาคเหนือ ได้แก่ดินขาวแจ่ม จ.ลำปาง และดินดำแม่ทาน จ.ลำปาง แร่ฟันม้า จ.เชียงใหม่ ส่วนแร่ควอร์ตซ์ใช้ของ จ.ระยอง สำหรับวัตถุดิบชุด S ส่วนใหญ่เป็นแหล่งในภาคใต้ ได้แก่ ดินขาว จ.นราธิวาส ดินดำลานสกา จ.นครศรีธรรมราช แร่ฟันม้า จ.เพชรบุรี และแร่ควอร์ตซ์ใช้ของ จ.ระยอง



ภาพที่ 1 แสดงแผนภูมิสามเหลี่ยมสูตรเนื้อดิน

* = อัตราส่วน ดินขาว:ดินดำ = 3:2

ได้เป็นสูตรเนื้อดินทดลองทั้งหมด 13 สูตร ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรเนื้อดินพอร์ชเลน

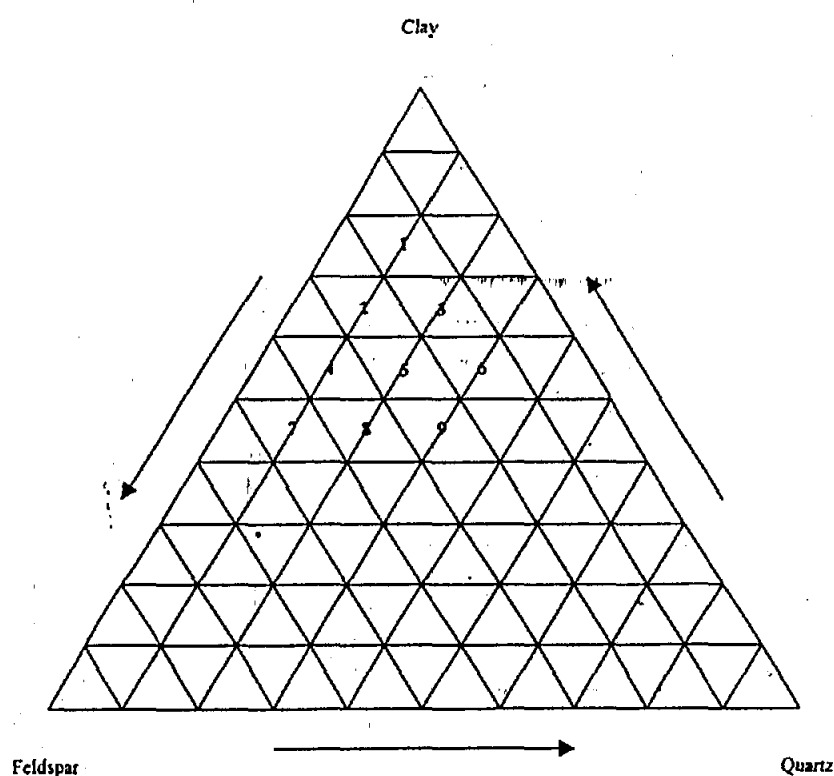
สูตร	แร่ฟันม้า	ควอร์ตซ์	ดินขาว	ดินดำ
1	35	30	21	14
2	35	25	24	16
3	3	20	27	18
4	35	15	30	20
5	30	30	24	16
6	30	25	27	18
7	30	20	30	20
8	30	15	33	22
9	25	30	27	18
10	25	25	30	20
11	25	20	33	22
12	20	30	30	20
13	20	25	33	22

2.3 เนื้อดินสโตนแวร์

สำหรับภาคอีสานมีดินท้องถิ่นอยู่มาก แหล่งที่ได้คัดเลือกเพื่อทำเป็นเนื้อดินมีผลวิเคราะห์ตามตารางที่ 2 ได้ตั้งเป้าหมายการทดลองคือผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (ร้อยละการดูดซึมน้ำน้อยกว่า 3) ขึ้นรูปได้ทั้งโดยการปั้นและการหล่อแบบพิมพ์

สูตรสโตนแวร์	ดิน	ร้อยละ	45-75
	แร่ฟันม้า	ร้อยละ	10-45
	แร่ควอร์ตซ์	ร้อยละ	10-30

ได้ทดลองแปรสัดส่วนของวัตถุดิบตามแผนภูมิสามเหลี่ยม



ภาพที่ 2 แสดงแผนภูมิรูปสามเหลี่ยมสูตรเนื้อดินภาคอีสาน
ได้เป็นสูตรทดลอง 9 สูตร ซึ่งมีส่วนประกอบของวัตถุดิบตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สูตรเนื้อดินสโตนแวร์

สูตร	แร่ฟันม้า	แร่ควอร์ตซ์	ดิน
1	15	10	75
2	35	10	65
3	15	20	65
4	35	10	55
5	25	20	55
6	15	30	55
7	45	10	45
8	35	20	45
9	25	30	45

เนื่องจากเป็นดินท้องถิ่นซึ่งมีปริมาณเหล็กอยู่สูง จึงได้ทำการทดลองเบื้องต้นโดยนำดินจากทั้ง 3 แหล่งมาย่อยและนำผ่านร่อนมาตรฐานเบอร์ 60 นำดินผสมน้ำพอบ้านได้ อัดเป็นชิ้นตัวอย่างนำไปเผาที่ 1200° ซ. พบว่าดินจากวังสะพุง จังหวัดเลยมีความสุกตัว ในขณะที่ดินจากบ้านทอน จังหวัดสกลนคร และดินจากท่าอุเทน จังหวัดนครพนมไม่สุกตัว ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องทดลองผสมวัตถุดิบอื่น คือ แร่ฟันม้าและแร่ควอร์ตซ์ ตามตารางที่ 4 เพื่อทดลองทำเป็นสโตนแวร์ต่อไป

2.4 การทดสอบสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน

2.4.1 การเตรียมชิ้นตัวอย่าง

เนื้อทดลองแต่ละสูตรบดผสมแบบเปียกโดยใช้บอลมิล ขั้นแรกทำสูตรละ 2 กิโลกรัม บดประมาณ 2 ชั่วโมง โดยใส่แร่ฟันม้า แร่ควอร์ตซ์ และดินขาวบางส่วน บดก่อนประมาณ 6 ชั่วโมง จึงใส่ดินดำและดินขาวส่วนที่เหลือ บดต่อจนครบ 10 ชั่วโมง จากนั้นนำมาเกรอะด้วยอ่างปูนปาสเตอร์อัดเป็นชิ้นตัวอย่างขนาดตามต้องการด้วยเครื่องอัดมือไฮโดรลิก

-อัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมเล็ก ขนาด 2.5x6.0 ซม. สำหรับทดสอบทั่วไป

-อัดเป็นแท่งสี่เหลี่ยมยาว ขนาด 3.0x10.0 ซม. สำหรับการทดสอบมอดูลัส

แตกร้าว (Modulus of Rupture)

2.4.2 สมบัติกายภาพที่ทำการทดสอบมีดังนี้

-การหดตัวรวม (Total Shrinkage) ตาม ASTM C 326-76 ทดสอบภายหลังการเผา

-การดูดซึมน้ำ (Water Absorption) ตาม ASTM C 373-75 เพื่อดูว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือไม่โดยทดสอบหลังการเผา

-ความเหนียวของเนื้อดินหรือมอดูลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture) ตาม ASTM-C 689-75 เครื่อง AGS-500D ของ Shimadzu ทดสอบก่อนนำไปเผา

-ความละเอียดของเนื้อดิน โดยวิธี Andreasen's Pipette

-ความสามารถในการขึ้นรูปทั้งโดยความเหนียวของเนื้อดิน (plastic forming) และหล่อแบบ (casting)

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

1. เครื่องบดบอลมิล
2. เครื่องอัดตัวอย่างด้วยมือแบบมีไฮโดรลิก
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า
4. เตาให้ความร้อน (hot plate)
5. เตาอบ
6. เตาเผาไฟฟ้า
7. แป้นปั้นแบบหมุน
8. เครื่อง universal testing เพื่อวัดความเหนียวของเนื้อดิน
9. อุปกรณ์เครื่องแก้ว

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 เนื้อดินพอร์ชเลน

3.1.1 การหดตัวรวมและการดูดซึมน้ำ (Total shrinkage and water absorption)

เมื่อเผาขึ้นตัวอย่างที่ 1250° ซ. โดยใช้เตาไฟฟ้า ทดสอบค่าการหดตัวรวมและการดูดซึมน้ำของเนื้อดินทดลองทั้ง 2 ชุด ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการทดลองหลังเผา

สูตร	เนื้อดินชุด N		เนื้อดินชุด S	
	การดูดซึมน้ำ, ร้อยละ	การหดตัวรวม, ร้อยละ	การดูดซึมน้ำ, ร้อยละ	การหดตัวรวม, ร้อยละ
1	0.23	16.1	0.34	15.6
2	0.32	15.3	0.09	16.6
3	0.28	17.9	0.10	18.5
4	0.28	14.9	0.32	16.2
5	0.16	13.1	0.34	14.8
6	0.41	15.5	0.12	18.5
7	0.20	16.2	0.08	16.5
8	0.17	14.9	0.16	17.0
9	0.12	15.1	0.18	15.1
10	0.34	15.6	0.28	16.6
11	0.22	14.4	0.48	15.1
12	0.20	14.3	0.20	15.0
13	0.24	14.6	0.31	16.6

จากตารางที่ 5 พบว่าเมื่อเผาขึ้นตัวอย่างที่ 1250° ซ. โดยใช้เตาไฟฟ้า เนื้อดินของทั้งสองชุดรวม 26 สูตร มีค่าการหดตัวรวมและการดูดซึมน้ำหลังเผาส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน

พบว่าสูตรเนื้อดินเบอร์ 13 ของทั้งสองชุด (N13 และ S13) มีความเหนียวดี ปั้นได้ง่ายกว่าสูตรอื่น นอกจากนั้นจากการดูสีหลังเผา เนื้อดิน N13 และ S13 มีความขาวนวลดี จึงเลือกนำมาทำการทดลองต่อไป (ดูภาพที่ 1,2 ภาคผนวก ข)

3.1.2 มอดุลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture)

เป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงหรือความเหนียวของเนื้อดินได้นำเนื้อดินสูตร N13 และ S13 มาทำเป็นชิ้นตัวอย่างและทดสอบ (ดูตารางที่ 3) ได้ผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 6 ค่ามอดุลัสแตกร้าวเนื้อดิน

เนื้อดิน	มอดุลัสแตกร้าว, กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร
N13	15.39
S13	23.96

เนื้อดินนี้สามารถขึ้นรูปได้ดีในระดับหนึ่ง แต่เมื่อต้องการปั้นของใหญ่เนื้อดินต้องมีความเหนียวมากขึ้นอีก จึงทำการปรับสูตรเฉพาะ N13 โดยใช้ดินขาวแฉะคอน จ.ลำปาง ซึ่งมีความเหนียวสูง ผสมแทนดินค้ำแม่ทาน จ.ลำปางบางส่วน

ตารางที่ 7 ปรับสูตรเนื้อดินชุด N

วัตถุดิบ	ร้อยละ			
	N13 (เดิม)	N13-1	N13-2	N13-3
แร่ฟันม้า	20	20	20	20
แร่ควอร์ตซ์	25	25	25	20
ดินขาวแฉะห่ม จ.ลำปาง	33	33	20	15
ดินค้ำแม่ทาน จ.ลำปาง	22	10	10	15
ดินขาวแฉะคอน จ.ลำปาง	-	12	25	30

หลังการบดผสม ได้ทดลองนำมาปั้น พบว่า N13-3 สามารถปั้นต่อขึ้นมาได้ง่ายกว่าสูตรอื่นมาก เมื่อนำไปทดสอบค่ามอดุลัสแตกร้าวได้ค่า 25.21 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร นั่นคือความเหนียวเพิ่มขึ้น

3.1.3 ความละเอียดของเนื้อดิน

นำเนื้อดินสูตร N13-3 และ S13 หาขนาดของอนุภาคโดยวิธีแอนเดรียเซน ปีเปต (Andreasen's pipett)

ตารางที่ 8 ขนาดอนุภาคเนื้อดิน

ความละเอียด	N13-3	S13
$\leq 3 \mu$	49.25	48.00
3-5 μ	8.25	8.50
5-10 μ	15.25	15.50
$\geq 10 \mu$	26.50	28.00

จากตารางพบว่าขนาดอนุภาคของเนื้อดินเป็นทั้ง 2 สูตร มีความละเอียดใกล้เคียงกัน

3.1.4 ความสามารถในการขึ้นรูปโดยการหล่อแบบ (Castability)

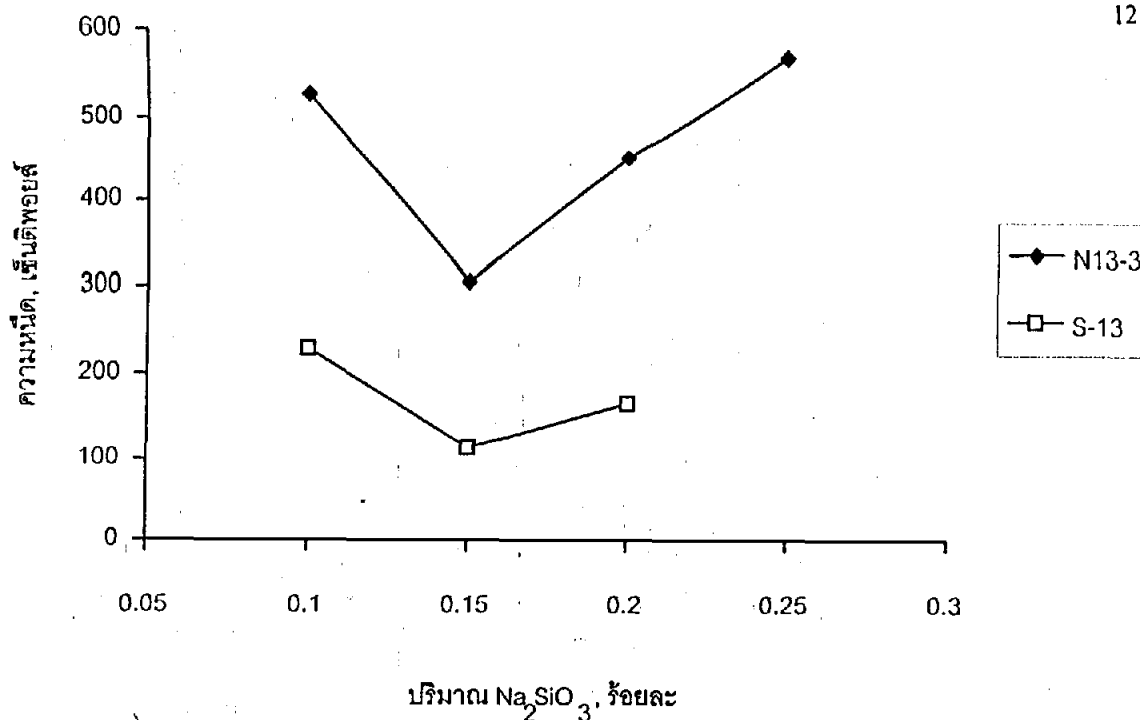
การขึ้นรูปโดยการหล่อแบบจำเป็นต้องใช้สารช่วยการกระจายตัว (defloculant) ผสมลงในเนื้อดินด้วยปริมาณที่เหมาะสม จึงจะทำให้เนื้อดินมีการไหลตัว ที่ดีหล่อแบบได้ง่ายไม่ติดแบบ

ได้ทดลองโดยนำเนื้อดินสูตร S13 และ N13-3 มาอบแห้ง ผสมน้ำร้อยละ 70 ของน้ำหนักเนื้อดินแห้งและเติมโซเดียมซิลิเกตเป็นสารช่วยการกระจายตัวด้วยปริมาณต่าง ๆ วัดความถ่วงจำเพาะและความหนืด (viscosity) ด้วยเครื่องบรูคฟิลด์ (Brookfield viscometer) ผลการทดลองตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงค่าความหนืดเมื่อแปรเปลี่ยนปริมาณ Na_2SiO_3

ปริมาณ Na_2SiO_3 , ร้อยละ	N13-3		S13	
	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนืด (เซนติพอยส์)	ความถ่วงจำเพาะ	ความหนืด (เซนติพอยส์)
0.1	1.84	528	1.7	230
0.15	1.58	306	1.5	114
0.20	1.58	452	1.54	166
0.25	1.58	568	1.52	ตกตะกอน

จะเห็นว่าที่ปริมาณโซเดียมซิลิเกตเมื่อเติมไปร้อยละ 0.15 ต่อน้ำหนักดินแห้ง ทำให้เนื้อดินมีความหนืดน้อย ไหลตัวดี (ภาพที่ 3) เมื่อได้ทดลองนำไปหล่อแบบ พบว่าหล่อได้ง่ายและรวดเร็ว แม้เป็นของที่มีขนาดใหญ่



ภาพที่ 3 แสดงค่าความหนืดเมื่อเปลี่ยนปริมาณโซเดียมซิลิเกต

3.2 เนื้อดินสโตนแวร์

3.2.1 เนื้อดินบ้านทอน จังหวัดสกลนคร

จากสูตรเนื้อดินทดลองตารางที่ 4 ทำเป็นชิ้นตัวอย่างเผาด้วยเตาไฟฟ้าที่ 1200°C . ขึ้นไฟ 15 นาที คูสีหลังเผาและทดสอบสมบัติกายภาพเบื้องต้นคือการหัดตัวรวมและการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 10 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านทอน

สูตร	การหัดตัวรวม, ไร้อยละ	การดูดซึมน้ำ, น้อยละ	ลักษณะหลังเผา
1	16.30	1.34	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
2	15.80	0.39	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
3	15.73	1.03	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
4	14.94	0.22	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
5	14.92	1.46	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
6	13.97	0.34	สีน้ำตาลอ่อน ไม่สุกตัว
7	13.28	0.37	สีน้ำตาลอ่อน สุกตัว
8	12.83	0.17	สีน้ำตาลอ่อน บวมเล็กน้อย
9	14.50	0.19	สีน้ำตาลอ่อน ไม่สุกตัว

แทบทุกสูตรสุกตัวเกินไป หากทำเป็นผลิตภัณฑ์ยิ่งจะยุบตัวได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องผสมดินขาว (นราธิวาส) ปูนกับดินบ้านทอน ในสูตร 1-9 ด้วยอัตราส่วน ดินขาว นราธิวาส:ดินบ้านทอน = 3:2 ทำเป็นชิ้นตัวอย่างเผาที่ 1200°C. ทดสอบสมบัติใหม่ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านทอน (ชุดใหม่)

สูตร	การหดตัวรวม, ร้อยละ	การดูดซึมน้ำ, ร้อยละ	ลักษณะหลังเผา
1	17.17	7.41	สีครีม ไม่สุกตัว
2	17.36	4.75	สีครีม ไม่สุกตัว
3	15.39	6.70	สีครีม ไม่สุกตัว
4	14.80	2.02	น้ำตาลอ่อน สุกตัว
5	16.11	4.74	น้ำตาลอ่อน ไม่สุกตัว
6	16.66	6.94	สีเนื้อ ไม่สุกตัว
7	19.35	1.20	สีน้ำตาลอ่อน สุกตัว
8	18.00	2.30	สีน้ำตาลอ่อน สุกตัว
9	16.21	2.86	สีเนื้อ สุกตัว

พบว่าทุกสูตรมีการหดตัวสูง สีหลังการเผามี สีน้ำตาลหลายเฉดและมีความสวยงามต่างกัน (ภาพที่ 3 ภาคผนวก ข) เลือกสูตรเบอร์ 7 และเบอร์ 9 เนื่องจากมีการดูดซึมน้ำได้ตามมาตรฐานสโตนแวร์ และมีสีสวยงาม ได้ทำการทดลองผลิตและทำเป็นน้ำสลิปต่อไป

3.2.2 เนื้อดินบ้านท่าอุเทน จังหวัดนครพนม

จากตารางที่ 4 ได้เตรียมเนื้อดินทดลองสโตนแวร์ 9 สูตร เผาที่ 1200°C. ทดสอบสมบัติกายภาพเบื้องต้นและสีหลังเผา ผลตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 สมบัติกายภาพหลังเผาเนื้อดินบ้านท่าอุเทน

สูตร	การหดตัวรวม, ร้อยละ	การดูดซึมน้ำ, ร้อยละ	ลักษณะหลังเผา
1	10.38	0.32	สีน้ำตาล ผิวเยิ้ม
2	14.26	0.71	สีน้ำตาล สุกตัว
3	14.06	0.36	น้ำตาล สุกตัว
4	12.92	0.33	น้ำตาล สุกตัว
5	14.34	0.73	น้ำตาลอ่อน สุกตัว
6	16.76	0.48	น้ำตาลอ่อน สุกตัว
7	14.67	1.27	น้ำตาล สุกตัว
8	13.16	0.61	น้ำตาล สุกตัว
9	12.37	0.51	น้ำตาล สุกตัว

จากการดูสีหลังเผา (ภาพที่ 4 ภาคผนวก ข) พบว่าทุกสูตรมีการสุกตัวดี ร้อยละของการดูดซึมน้ำต่ำ เลือกสูตรเบอร์ 1 ซึ่งมีลักษณะผิวเยิ้มเล็กน้อย (self-glazing) ลักษณะคล้ายเคลือบในตัวเหมือนดินจากบ้านด่านเกวียน จังหวัดนครราชสีมา และเลือกสูตรเบอร์ 5 ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนสวยงามอีกหนึ่งสูตร เพื่อผลิตเนื้อดินเพิ่มและทดลองปั้น พบว่าเนื้อดินมีความเหนียว ปั้นง่าย

การทดลองทำน้ำสลิปเพื่อขึ้นรูปโดยหล่อแบบ (slip casting)

มีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

1. นำเนื้อดินมาอบแห้ง 100 กรัม เติมน้ำและสารช่วยการกระจายตัวทีละน้อย จดบันทึกไว้ทดลองจนกระทั่งได้น้ำสลิปที่ขึ้นเป็นสายพอเหมาะไม่เหลวหรือหนืดจนเกินไป

2. วัดความถ่วงจำเพาะของน้ำสลิปที่ได้ด้วยไฮโดรมิเตอร์

3. นำไปทดลองหล่อแบบ สังเกตว่ายากง่ายอย่างไร

หลังการทดลอง สรุปการทำน้ำสลิปแต่ละสูตร ต่อเนื้อดินแห้ง 100 กรัม ตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 สรุปการทำน้ำสลิปเนื้อดินอีสาน

สูตร	ปริมาณน้ำที่ใช้	ปริมาณตัวช่วยการกระจายตัว	ความถ่วงจำเพาะ
บ้านทอน-7	70	0.3	1.74
บ้านทอน-9	70	0.3	1.68
ท่าอุเทน-1	100	0.7	1.56
ท่าอุเทน-5	70	0.35	1.82

เมื่อลองทำน้ำสลিপเป็นปริมาณมาก ตามสูตรตารางที่ 13 จะได้น้ำสลิปที่มีคุณภาพดี หล่อแบบได้ง่าย

3.2.3 เนื้อดินวังสะพุง จังหวัดเลย

ดังได้ทดลองเบื้องต้นและพบว่าดินวังสะพุงสามารถสุกตัวได้หลังการเผาที่ 1200°C . สืบหลังการเผาเป็นสีน้ำตาลเข้มเกือบม่วง ได้ทดลองผสมดินขาวเจ๊กอน จ.ลำปาง ด้วยอัตราส่วนตามตารางที่ 14 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงสีหลังการเผา เมื่อทำเป็นชิ้นตัวอย่างเผาที่ 1200°C . ได้ผลตามตารางที่ 15

ตารางที่ 14 สูตรทดลองดินวังสะพุง

สูตร	ดินวังสะพุง	ดินขาวเจ๊กอน
W	100	-
W1	90	10
W2	80	20
W3	70	30

ตารางที่ 15 สมบัติหลังเผาเนื้อดินวังสะพุง

สูตร	การหดตัวรวม, ร้อยละ	การดูดซึมน้ำ, ร้อยละ	ลักษณะหลังเผา
W	15.80	0.91	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
W1	15.61	0.85	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
W2	14.80	0.86	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว
W3	14.30	0.48	สีน้ำตาลเข้ม สุกตัว

พบว่าคุณสมบัติอื่นรวมทั้งสีหลังการเผาใกล้เคียงกันมากแม้จะเพิ่มดินขาวเจ๊กอนในส่วนผสม ดังนั้นจึงเลือกดินวังสะพุงล้วนนำมาทดลองขึ้นรูปต่อไป

การเตรียมเนื้อดินปั้นดินวังสะพุง

1. ย่อยดินให้เป็นก้อนเล็กประมาณก้อนกรวด
2. ใส่น้ำให้ท่วมดิน แช่ทิ้งไว้
3. นำมาปั่นด้วยเครื่องกวนน้ำดิน ร้อนผ่านตะแกรงเบอร์ 80
4. กรอให้น้ำดินลงในแบบปูนปลาสเตอร์
5. เมื่อน้ำดินกลายสภาพเป็นดินเหนียว นวดเพื่อเพิ่มความเหนียวแล้วจึงนำไปปั้น

การทดลองปั้น

ทดลองขึ้นรูปโดยใช้เป็นหมุน (Throwing) เป็นกระถางดอกไม้ขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ฟุต) พบว่าปั้นได้ง่าย หลังการเผาผลิตภัณฑ์ไม่แตกร้าว (ภาพที่ 7 ภาคผนวก ข)

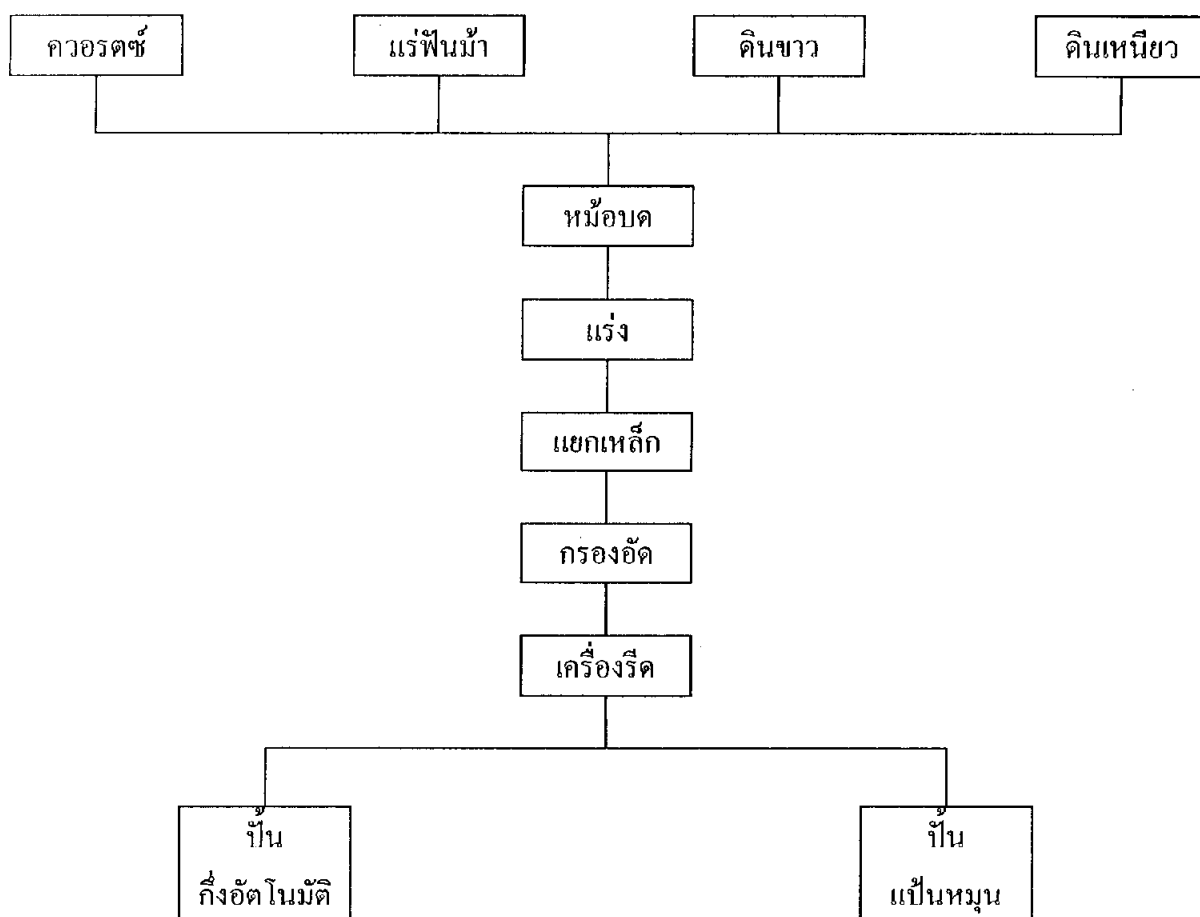
บทที่ 4

การทดลองผลิตและถ่ายทอดเทคโนโลยี

เมื่อการทดลองในห้องปฏิบัติการให้ผลดีในระดับหนึ่งแล้ว มีความจำเป็นต้องขยายผล การทดลองไปสู่กระบวนการผลิตในระดับโรงงาน จึงทดลองผลิตในโรงงานต้นแบบของศูนย์วิจัยและพัฒนา อุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เลือกสูตร N13-3 และ S13 ซึ่งเตรียมจากวัตถุดิบมาตรฐานมาทดลองผลิต ส่วนสูตรเนื้อดินสโตนแวร์เนื่องจากใช้ในปริมาณน้อยจึงเตรียมได้ในห้องปฏิบัติการ

4.1 การทดลองผลิตเนื้อดินพอร์ซเลนจากวัตถุดิบมาตรฐาน

เนื้อดิน N13-3 และ S13 มีกระบวนการเตรียมเนื้อดินที่คล้ายคลึงกัน ต่างกันตรงดินบาง ชนิดเท่านั้น คือ N-13 ใช้ดินขาวแจ่ม จ.ลำปาง ดินดำแม่ทาน จ.ลำปาง และดินขาวแจ่ม จ.ลำปาง สำหรับ S-13 ใช้ดินขาว จ.นราธิวาส และดินดำลานสกา จ.นครศรีธรรมราช ขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินดู ตามภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แผนภูมิการเตรียมเนื้อดิน

นำสูตรที่คัดเลือกแล้วมาทดลองผลิตในปริมาณมากขึ้นคือ 100 กิโลกรัมต่อการผลิต โดยเริ่มบดวัสดุที่เป็นของแข็งและความเหนียวน้อยก่อน ได้แก่ แร่ฟันม้า 20 กิโลกรัม แร่ควอร์ตซ์ 25 กิโลกรัม ดินขาว 5 กิโลกรัม น้ำ 50 กิโลกรัม เป็นเวลา 20 ชั่วโมงก่อน แล้วจึงเติมดินขาวและดินเหนียวที่เหลือทั้งหมด 50 กิโลกรัม เติมน้ำอีก 50 กิโลกรัม และบดต่ออีก 10 ชั่วโมง นำดินจากการบดผ่านร่อนมาตรฐานเบอร์ 150 ผ่านเครื่องแยกเหล็ก (magnetic separator) ผ่านเครื่องกรองอัด (filter press) เพื่อไล่น้ำออก นำเข้าเครื่องรีดดิน (extruder) เก็บดินที่ได้ในถังขึ้นเพื่อเป็นการหมักก่อนที่จะนำไปใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ต่อไป

4.2 การทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ในโรงงานมีหลายวิธี เลือกใช้ตามความเหมาะสม เช่น ถ้วย ชาม มักปั้นด้วยเครื่องจักร (Jiggering) ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงหลากหลายมักใช้วิธีหล่อ น้ำดิน เป็นต้น

นำเนื้อดินที่หมักไว้แล้วมาเป็นผลิตภัณฑ์

1. การปั้นด้วยเครื่องปั้นแบบกึ่งอัตโนมัติ ปั้นเป็นชามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5 นิ้ว ดินมีความเหนียวพอเหมาะปั้นได้ดีมาก
2. การปั้นของขนาดใหญ่โดยใช้แป้นหมุน สามารถปั้นอ่างบัวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ฟุตได้ และปั้นแจกันสูงประมาณ 2.5 ฟุตได้

ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปดูได้จากภาพที่ 5,6,7,8 ภาคผนวก ข

4.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำเนื้อดิน

เจ้าหน้าที่ในโครงการได้เดินทางไปยังศูนย์ศิลปาชีพฯ 3 แห่งในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคใต้ เพื่อถ่ายทอดกรรมวิธีการผลิตเนื้อดิน เอกสารประกอบการถ่ายทอดดูตามภาคผนวก ก

1. ศูนย์ศิลปาชีพบ้านแม่คำ ด.เสริมซ้าย อ.เสริมงาม จ.ลำปาง ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดินปั้น N13-3 (ดูภาคผนวก ก. หน้า 32)
2. ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม กิ่งอำเภอเจริญศิลป์ จ.สกลนคร ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดิน N13-3 และการผลิตเนื้อดินจากดินท้องถิ่นในภาคอีสาน คือ ดินบ้านทอน จ.สกลนคร ดินท่าอุเทน จ.นครพนม ดินวังสะพุง จ.เลย (ดูภาคผนวก ก. หน้า 33-35)
3. ศูนย์ศิลปาชีพพระตำหนักทักษิณราชธานี จ.นราธิวาส ได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดิน S13 (ดูภาคผนวก ก. หน้า 36)

แต่ละศูนย์ศิลปาชีพมีอุปกรณ์ในการเตรียมเนื้อดินในทุกขั้นตอน จึงสามารถรับมอบถ่ายทอดการผลิตเนื้อดินได้

บทที่ 5

สรุปผล

จากการที่ได้นำวัตถุดิบในภูมิภาคต่าง ๆ และดินท้องถิ่นมาทดลองทำเป็นเนื้อดินเซรามิก มีผลเป็นที่น่าพอใจ ผลของการวิจัยสรุปได้ ดังนี้

5.1 เนื้อดินพอร์ซเลน

ผลการทดลองได้เนื้อดินชุด N ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ เนื้อดินชุด S ซึ่งวัตถุดิบส่วนใหญ่อยู่ในภาคใต้ มีสูตรดังนี้

ชุด N	แร่ฟันม้า	ร้อยละ 20	ชุด S	แร่ฟันม้า	ร้อยละ 20
	แร่ควอร์ตซ์	" 25		แร่ควอร์ตซ์	" 20
	ดินขาวเจ้าหมื่น	" 15		ดินขาวนราธิวาส	" 36
	ดินดำแม่ตาน	" 15		ดินดำลานสกา	" 24
	ดินขาวแจ้ซ้อน	" 25			

เนื้อดินมีความเหนียวดี สามารถปั้น ขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่ได้ เมื่อทำเป็นน้ำดิน (slip) สำหรับการหล่อแบบจะมีคุณสมบัติที่ดีเมื่อใช้ deflocculant ร้อยละ 0.15

ภายหลังการเผาที่ 1250°C. เนื้อมีความแกร่ง มีการดูดซึมน้ำต่ำ ไม่เกินร้อยละ 0.5 สีของผลิตภัณฑ์ขาวสวยงาม

แนะนำให้ศูนย์ศิลปาชีพบ้านแม่ต้า จ.ลำปางใช้เนื้อดินชุด N ศูนย์ศิลปาชีพ พระตำหนักทักษิณราชินีเวศน์ใช้เนื้อดินชุด S ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร สามารถเลือกใช้ตามความจำเป็น ทั้งนี้เนื่องจากในภาคอีสานยังไม่มีแหล่งดินขาวที่สำรวจพบแล้วได้พัฒนามาเป็นแร่อุตสาหกรรม

5.2 เนื้อดินสโตนแวร์

ดินท้องถิ่นของภาคอีสาน ซึ่งนำมาใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์มีทั้งหมด 3 แหล่ง คือ ดินจากบ้านทอน จ.สกลนคร ดินจากท่าอุเทน จ.นครพนม สูตรเนื้อดินซึ่งได้ถ่ายทอดให้แก่ศูนย์ศิลปาชีพ บ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร ดังนี้

ดินบ้านทอน	ร้อยละ	26	ดินท่าอุเทน	ร้อยละ	55
ดินขาวแจ้ห่ม	"	39	แร่ฟันม้า	"	25
แร่ฟันม้า	"	25	แร่ควอร์ตซ์	"	20
แร่ควอร์ตซ์	"	10			

หลังการเผาที่ 1200° ซ. เนื้อดินค่อนข้างแกร่ง สีของเนื้อดินคือครีมและน้ำตาลอ่อน สามารถปั้นขึ้นรูปได้ดี และทำเป็นน้ำดินเพื่อหล่อแบบได้เมื่อใช้ปริมาณ deflocculant ร้อยละ 0.34-0.40

ดินแหล่งที่ 3 คือ ดินจากวังสะพุง จ.เลย สามารถสุกตัวได้ด้วยตัวเองเมื่อเผาที่ 1200° ซ. ผลิตภัณฑ์หลังเผามีสีน้ำตาลเข้ม

5.3 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำเนื้อดิน

เจ้าหน้าที่ได้เดินทางไปถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำเนื้อดินแก่ผู้ปฏิบัติงานศูนย์ศิลปาชีพฯ ในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคใต้ 3 ครั้ง

5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาการใช้วัตถุดิบท้องถิ่นแต่ละภาค เพื่อทำเป็นเนื้อดินเซรามิกนั้น ได้ผลเป็นที่น่าพอใจทั้งการศึกษาทดลองในห้องปฏิบัติการและการทดลองผลิตเป็นปริมาณมากในโรงงานของศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก

ภายหลังการติดตามผลภายหลังการถ่ายทอดเทคโนโลยี บางครั้งพบปัญหาว่าผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่เกิดการแตกร้าว ซึ่งอาจมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น มีการบกพร่องขณะเตรียมเนื้อดิน การขาดความชำนาญของช่างปั้น การแก้ไขมีได้หลายทาง เช่น อาจเพิ่มปริมาณดินเหนียวลงในส่วนผสม อันจะทำให้ปั้นต่อดินได้ง่ายขึ้น และใช้ปริมาณน้ำในการปั้นน้อยลง สามารถทำให้สาเหตุของการแตกร้าวของผลิตภัณฑ์ลดลง ปัญหาการแตกร้าว หากได้รับการควบคุมดูแลและแก้ไข คาดว่าปัญหาดังกล่าวจะหมดไป

ปัจจุบันสมาชิกศูนย์ศิลปาชีพมีความเข้าใจกระบวนการเตรียมเนื้อดิน และสามารถเตรียมขึ้นใช้เองได้ เมื่อเนื้อดินสำเร็จรูปเกิดปัญหาขาดแคลน ทำให้สามารถพึ่งตนเองและเพิ่มศักยภาพของแต่ละศูนย์ ทำให้กระบวนการผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บรรณานุกรม

1. F.H. Norton. Fine Ceramics Technology and Application. McGraw-Hill Book Company: 1970.
2. Felix Singer and Sonja S.Singer. Industrial Ceramics. Cambridge: University Press:1960.
3. นิภา จุฬาริตต์ และคณะ. โครงการวิจัยและพัฒนาการใช้ไฮดรอกไซด์ รายงานฉบับที่ 2. กรมทรัพยากรธรณี. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. กรกฎาคม 2537

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ จากแหล่งวัตถุดิบภาคเหนือ

เพื่อให้การพัฒนาการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมีความสมบูรณ์มากขึ้น จึงขอนำผลงานวิจัยของคณะผู้วิจัยที่ทำไว้ในโครงการวิจัยและพัฒนาการใช้ชีนาสโตน ซึ่งเป็นโครงการวิจัยร่วมกันระหว่างกรมวิทยาศาสตร์บริการและกรมทรัพยากรธรณี (ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ) มาเสนอไว้ในภาคผนวกนี้

สารบัญ	หน้า
1. การทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์	23
2. การทำผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก	23
3. การทำกระเบื้องปูพื้น	24
4. การทำกระเบื้องโมเสก	24

ผลิตภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ จากแหล่งวัตถุดิบภาคเหนือ

1. การทำผลิตภัณฑ์สโตนแวร์

ลักษณะทั่วไป

ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ หมายถึงผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดหนึ่งที่มีเนื้อแน่นแข็งแรงเนื่องจากถูกเผาที่อุณหภูมิสูงจนเนื้อดินเกิดการหลอมตัว (vitrified) มีการดูดซึมน้ำ (water absorption) น้อย เนื้อดินเมื่อเผาแล้วมักมีสีอันเกิดเนื่องมาจากมลทินในวัตถุดิบ บางชนิดมีสีน้ำตาล สีน้ำตาล เทา ฯลฯ ผลิตภัณฑ์มักเป็นแบบที่มีความหนา จึงค่อนข้างหนักเมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดอื่น ๆ รูปแบบของผลิตภัณฑ์สโตนแวร์มีความเรียบง่าย เคลือบผิวด้วยเคลือบมันหรือด้าน ในบางกรณีจะปล่อยบางส่วนไม่เคลือบเพื่อแสดงสีและผิวสัมผัสของเนื้อดิน

สูตรสโตนแวร์จากการวิจัย

สูตร C1-4-6 แหล่งม่อนฟ้าผ่า จ.ลำปาง

โซนาสโตน (CH)	ร้อยละ	65
แร่ฟันม้า	"	10
ดินขาว	"	15
ดินดำ	"	10

เผาที่อุณหภูมิ 1200°ซ.

2. การทำผลิตภัณฑ์ตุ๊กตาเซรามิก

ตุ๊กตาเซรามิก โดยทั่วไป อาจแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะ

1. ตุ๊กตาดินเผาแบบเนื้อไม่แกร่ง (Earthenware) เช่น ตุ๊กตาชาววัง ตุ๊กตาแฟนซีที่ทำจากโคโลไมด์
2. ตุ๊กตาดินเผาแบบเนื้อแกร่ง มีสีดินธรรมชาติ เช่น ตุ๊กตาเป็ดคกเบ็ด ของเมืองจีน มีเนื้อเนียน บางชนิดใช้เคลือบตกแต่งสีเสื้อผ้า
3. ตุ๊กตาดินเผาเนื้อแกร่ง มีการเผาเป็นพิเศษเพื่อให้เนื้อขาว (Porcelain) มักทำให้มีสีด้วยสีบนเคลือบ เช่น ตุ๊กตาชกลกซ์
4. ตุ๊กตาดินเผาเนื้อแกร่ง ที่ทำจากดินผสมกระดูกวัว (Bone china) มีความขาวนวลเนียนเป็นพิเศษ จึงมักโชว์เนื้อดิน โดยเคลือบผิวด้วยเคลือบใส มีการแต่งสีแต่เพียงเล็กน้อย

สูตร	โซนาสโตน (C 17)	ร้อยละ	85
	ดินดำ	"	15

เผาที่ 1200°ซ.

3. การทำกระเบื้องปูพื้น

กระเบื้องปูพื้น หมายถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการอัด (pressing) ดินและส่วนผสมอื่น ๆ เช่น หิน ททรายและสี เป็นต้น แล้วเผาที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 1,000°C. มีลักษณะเป็นแผ่น แต่ละแผ่นมีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 90 ตารางเซนติเมตร มีสีและรูปร่างใด ๆ ก็ได้ มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ ทั้งนี้รวมถึงกระเบื้องเสริมประกอบด้วย (คำนิยามจาก มอก.37-2529)

สูตร	ไชนาสโตน (แหล่งกองหินแจ้จ่ม จ.ลำปาง)	ร้อยละ	90
	ดินคำ	"	10
	เผาที่อุณหภูมิ 1180°-1200°C.		

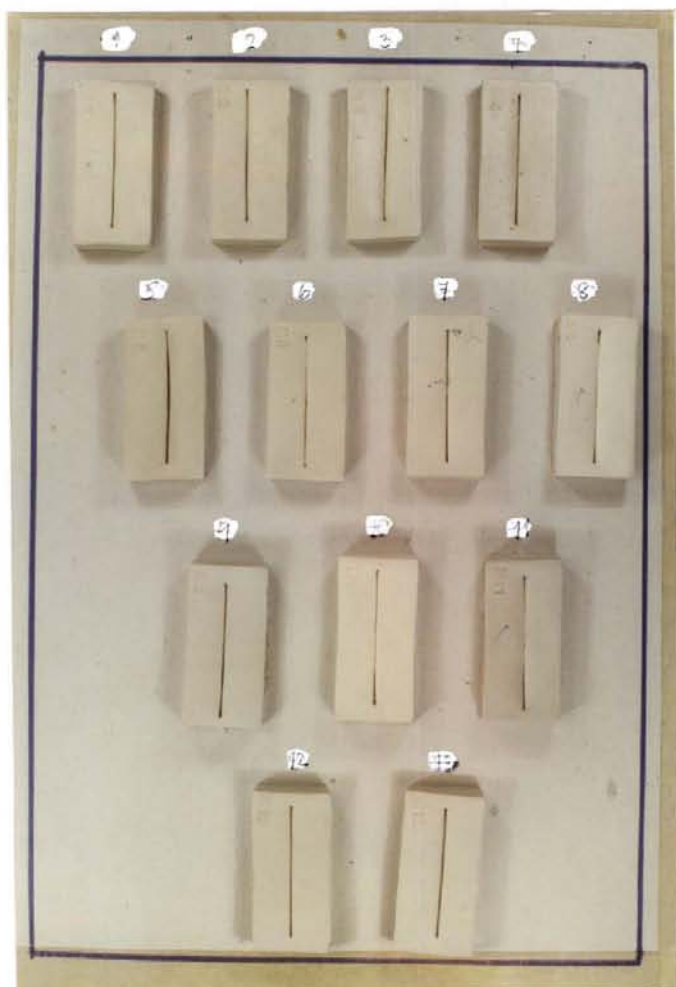
4. การทำกระเบื้องโมเสก

กระเบื้องโมเสก หมายถึงผลิตภัณฑ์ซึ่งมีลักษณะเป็นชิ้นหรือแผ่น มีรูปร่างและสีใด ๆ ก็ได้ มีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ แต่ละชิ้นมีพื้นที่ไม่เกิน 90 ตารางเซนติเมตร ทำโดยอัดดินหรือส่วนผสมของดินกับหินหรือทราย และส่วนผสมอื่น ๆ ลงในแม่พิมพ์ (die) ด้วยแรงอัดสูง แล้วเผาที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 1000 °C. (คำนิยามจาก มอก.38-2536)

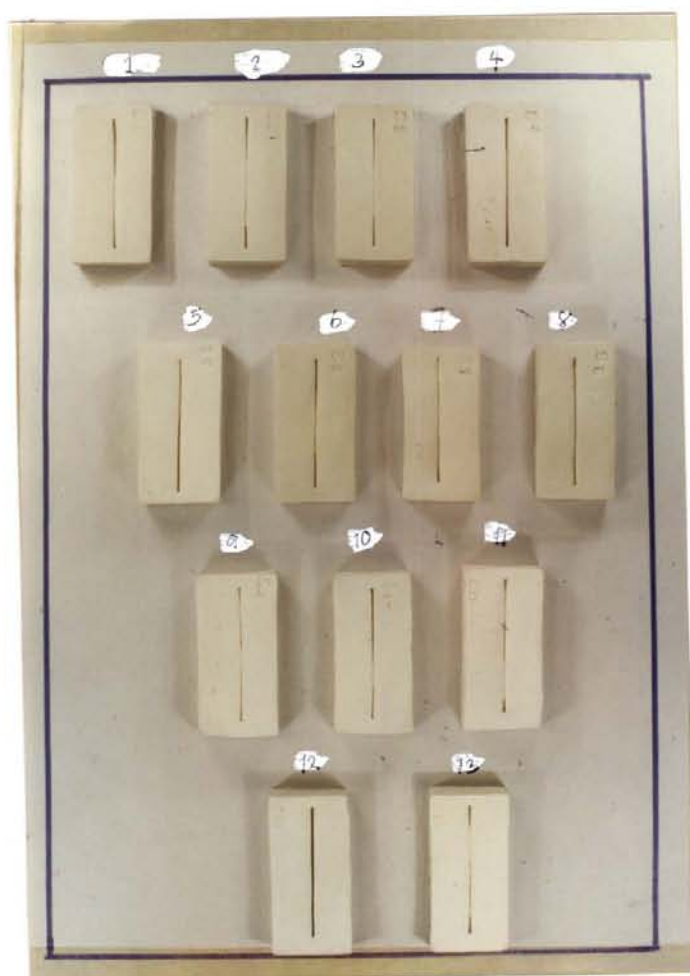
สูตร	ไชนาสโตน (แหล่งกองหินแจ้จ่ม จ.ลำปาง)	ร้อยละ	100
หรือใช้	ไชนาสโตน	ร้อยละ	90
	ดินคำ	"	10
	เผาที่อุณหภูมิ 1180°C.		

ภาคผนวก ข รูปแสดงขั้นตอนตัวอย่างและผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

สารบัญภาพ		หน้า
ภาพที่ 1	ขั้นตอนตัวอย่างหลังเผาเนื้อดินชุด N	26
ภาพที่ 2	ขั้นตอนตัวอย่างหลังเผาเนื้อดินชุด S	26
ภาพที่ 3	ขั้นตอนตัวอย่างหลังเผาเนื้อดินบ้านทอน	27
ภาพที่ 4	ขั้นตอนตัวอย่างหลังเผาเนื้อดินบ้านท่าอุเทน	27
ภาพที่ 5	ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินชุด N	28
ภาพที่ 6	ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินชุด S	28
ภาพที่ 7	ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินบ้านทอนและท่าอุเทน	29
ภาพที่ 8	ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินวังสะพุง	30



ภาพที่ 1 : เนื้อดินชุด N หลังเผา



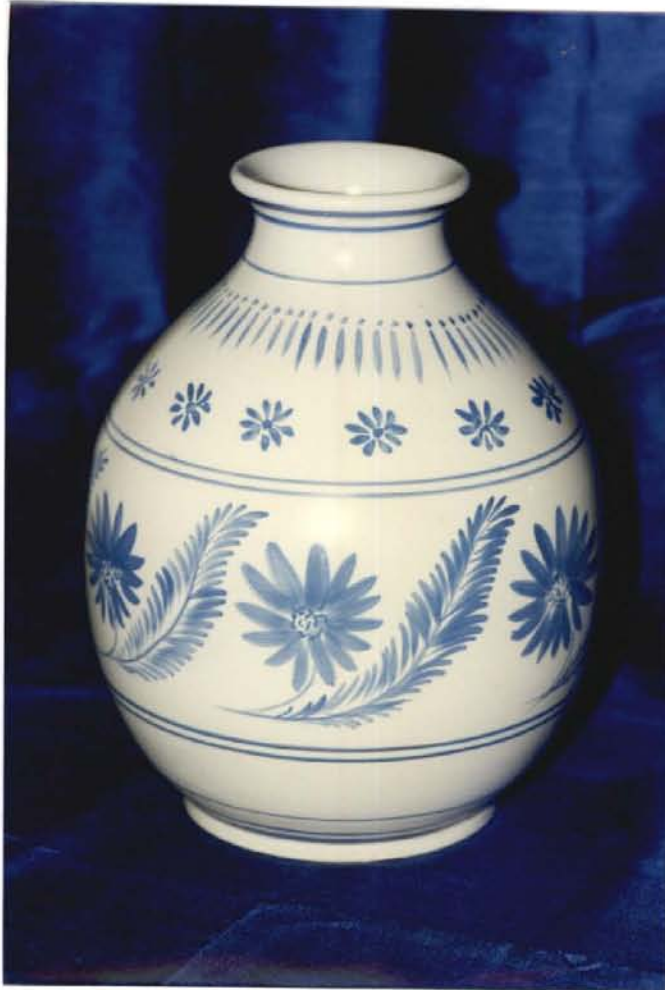
ภาพที่ 2 : เนื้อดินชุด S หลังเผา

No	Temp	
	1200 °C	1230 °C
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

ภาพที่ 3 : เนื้อดินสโตนแวร์บ้านทอน

ลำดับ	t °C	
	1200 °C	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

ภาพที่ 4 : เนื้อดินสโตนแวร์ท่าอุเทน



ภาพที่ 5 : ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
เนื้อดิน ชุด N



ภาพที่ 6 : ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
เนื้อดิน ชุด S



ภาพที่ 7 : ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินบ้านทอนและท่าอุเทน



ภาพที่ 8 : ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปเนื้อดินวังสะพุง

ภาคผนวก ค. เอกสารประกอบ

สารบัญ	หน้า
1. เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพ จ.ลำปาง	32
2. เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพ จ.สกลนคร	33
3. เอกสารประกอบการถ่ายทอดเทคโนโลยีศูนย์ศิลปาชีพ จ.นราธิวาส	36

1. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดินปั้น
ณ ศิลปชีพบ้านแม่ตำ ต.เสริมชัย อ.เสริมงาม จ.ลำปาง
วันที่ 9-11 มีนาคม 2536

สูตรเนื้อดินปั้น:	แร่ฟันม้า	ร้อยละ 20
	แร่ควอร์ตซ์	" 25
	ดินขาวแจ้ห่ม จ.ลำปาง	" 15
	ดินแม่ทาน จ.ลำปาง	" 15
	ดินแจ้คอน จ.ลำปาง	" 25
วิธีการผลิต :	1) หม้ออบ ใส่ลูกบดครึ่งหม้อ	
	2) เติมแร่ฟันม้า	20 ก.ก.
	แร่ควอร์ตซ์	25
	ดินขาวแจ้ห่ม	5
	น้ำ	50
	บด	20 ชั่วโมง
	3) เติมดินขาวแจ้ห่ม	10 ก.ก.
	ดินแม่ทาน	15
	ดินแจ้คอน	25
	น้ำ	50
	บดต่อ	10 ชั่วโมง
	4) เอาออก ร้อนผ่านแรง 150 เมช	
	5) ผ่านเครื่องแยกเหล็ก	
	6) เข้าเครื่องกรองอัด	
	7) เข้าเครื่องรีดดิน	
	8) หมักดินไว้อย่างน้อย 1 วัน	
	9) นำเข้าเครื่องรีดดิน	
	10) นำไปปั้น	

2. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดินปั้น

ณ ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างบ้านกุดนาขาม

กิ่งอำเภอเจริญศิลป์ จ.สกลนคร

สูตรเนื้อดินปั้น:

แร่ฟันม้า	ร้อยละ	20
แร่ควอร์ตซ์	"	25
ดินขาวแจ้ห่ม จ.ลำปาง	"	15
ดินแม่ทาน จ.ลำปาง	"	15
ดินแจ้คอน จ.ลำปาง	"	25

วิธีการผลิต :

- 1) หม้ออบ ใส่ลูกบดครึ่งหม้อ
- 2) เติมแร่ฟันม้า 20 ก.ก.

แร่ควอร์ตซ์	25
ดินขาวแจ้ห่ม	15
ดินแม่ทาน	15
ดินแจ้คอน	25
น้ำ	100
บด	30 ชั่วโมง
- 3) เอาออก ร่อนผ่านร่อน 150 เมช
- 4) ผ่านเครื่องแยกเหล็ก
- 5) เข้าเครื่องกรองอัด
- 6) เข้าเครื่องรีดดิน
- 7) หมักดินไว้อย่างน้อย 1 วัน
- 8) นำเข้าเครื่องรีดดินซ้ำ
- 9) นำไปปั้น

เนื้อดินจากวัตถุดิบในท้องถิ่น ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร

1. ดินวังสะพุง จ.เลย

แหล่งดินอยู่ที่บ้านกกเกลือ อ.วังสะพุง จ.เลย พ.ศ.เทศมฤทธิ์ กลีบตร โครงการทอดพระเกียรติ จ.อุดรธานี พาไปเก็บตัวอย่าง

วิธีเตรียมดินปั้น

1. ย่อยดินให้เป็นก้อนเล็กประมาณก้อนกรวด
2. ใส่น้ำลงให้ท่วมดิน แช่ทิ้งไว้
3. นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นกวนน้ำดินแล้วผ่านตะแกรงเบอร์ 80
4. กรอให้น้ำดินลงในแบบปูนพลาสติก
5. เมื่อน้ำดินกลายสภาพเป็นดินเหนียว จึงนวดเพื่อเพิ่มความเหนียวอีกแล้วนำไปปั่นต่อไป

2. ดินบ้านท่าอุเทน จ.นครพนม

หมู่บ้านนี้มีราว 50 ครอบครัว ดินที่นำมาใช้ทำขุดจากแหล่งดินบริเวณนั้น ผลิตภัณฑ์หลักคือ กรก และไหปลาร้า ได้นำมาทดลองนำเป็นผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ โดยมีขั้นตอนการเตรียมเนื้อดินดังนี้

1. ย่อยดินจนเป็นผงแห้ง
 2. ผสมกับวัตถุดิบตัวอื่น ตามสูตรคิดเป็นร้อยละดังนี้
- | | | |
|-------------|--------|----|
| ดินท่าอุเทน | ร้อยละ | 55 |
| แร่ฟันม้า | ร้อยละ | 25 |
| แร่ควอร์ตซ์ | ร้อยละ | 20 |

บดผสมแบบเปียกด้วย ball mill 12-20 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อดินที่ทำ

3. ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 100 เมช หากต้องการให้เป็นเนื้อดินปั้นให้ได้
4. หากต้องการทำเป็นสลิป เพื่อหล่อแบบ ให้ใช้อัตราส่วนดังนี้ ใส่น้ำร้อยละ 70 และ deflocculant ร้อยละ 0.35
5. เเผาที่อุณหภูมิ 1200°ซ.

3. ดินจากบ้านทอน จ.สกลนคร

ผลิตภัณฑ์ที่ชาวบ้านทำ คือ ครกและโม่ปลาแร่ นามาทดลองเป็นสโตนแวร์ได้เนื้อดินปั้น
สีต่าง ๆ กัน ได้เลือกสีออกครีม โดยมีขั้นตอนการเตรียมเนื้อดิน ดังนี้

1. ย่อยดินจนเป็นผงแห้ง หากมีเศษไม้ใบหญ้าให้เก็บออกก่อน
2. ผสมกับวัตถุดิบตัวอื่น ตามสูตรคิดเป็นร้อยละ ดังนี้

ดินบ้านทอน	ร้อยละ	26
ดินขาว	ร้อยละ	39
แร่ฟันม้า	ร้อยละ	25
แร่ควอร์ตซ์	ร้อยละ	10

บดผสมแบบเปียกด้วย ball mill 15-20 ชั่วโมง

3. ร่อนผ่านตะแกรง เบอร์ 100 เมช หากต้องการให้ทำเป็นเนื้อดินปั้นให้นำไปกระจะจน
หมาดปั้นได้
4. หากต้องการทำเป็นสลิปเพื่อหล่อแบบ ให้ใช้อัตราส่วน น้ำร้อยละ 70 และ deflocculant
ร้อยละ 0.35
5. เผาที่อุณหภูมิ 1200°ซ.

หมายเหตุ: หากไม่ผสมดินขาว เนื้อดินจะออกมาเป็นสีน้ำตาลเข้มเกือบดำ

3. การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตเนื้อดิน ณ ศูนย์ศิลปาชีพพระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จ.นราธิวาส

สูตรเนื้อดินปั้น:	แร่ฟืนม้า	ร้อยละ	20
	แร่ควออตซ์	"	20
	ดินขาวนราธิวาส	"	36
	ดินคำลานสกา	"	24
วิธีการผลิต :	1) หม้ออบค ใส่ลูกบดครึ่งหม้อ		
	2) เติมแร่ฟืนม้า	20 ก.ก.	
	แร่ควออตซ์	20 "	
	ดินขาวนราธิวาส	6 "	
	น้ำ	50 "	
	บด	20 ชั่วโมง	
	3) เติมดินขาวนราธิวาส	30 ก.ก.	
	ดินคำลานสกา	24 "	
	น้ำ	50 "	
	บดต่อ	10 ชั่วโมง	
	4) เอาออก ร้อนผ่านแรง	150 เมช	
	5) ผ่านเครื่องแยกเหล็ก		
	6) เข้าเครื่องกรองอัด		
	7) เข้าเครื่องรีดดิน		
	8) หมักดินไว้อย่างน้อย 1 วัน		
	9) นำเข้าเครื่องรีดดินซ้ำ		
	10) นำไปปั้น		