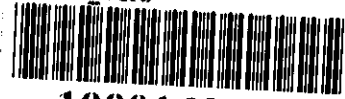
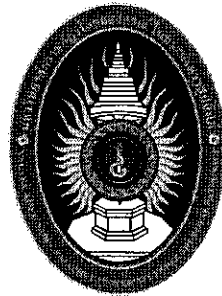


7016169

BOOK VRU



1000162694



รายงานการวิจัย

เรื่อง

การทดลองทำกระเบื้องปูพื้นชนิดไม่เคลือบจากเนื้อดินสามโคก

**An Experimental Study of the Non-glazed Floor Tiles (Source of  
Clay: Sam-Koak District, Prathumthani Province)**



กรินทร์ กาญจนานนท์

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

รายงานการวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

ปีงบประมาณ 2545

(1)

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การทดลองทำกระเบื้องปูพื้นชนิดไม่เคลือบจากเนื้อดินสาม โลกได้รับการสนับสนุนงานวิจัยจากเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา ผศ. ดร. อรสา โกศลานันท์กุล คณะกรรมการพิจารณาทุน ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่สถาบันวิจัยและพัฒนาทุกท่าน ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จนทำให้ข้าพเจ้าได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยในเรื่องนี้ ซึ่งผลการวิจัยที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และ ทำการวิจัยร่วมกับท้องถิ่นใน โอกาสต่อไป

กรินทร์ กาญจนานนท์

ธันวาคม 2545

(2)

หัวข้อวิจัย : การทดลองทำกระเบื้องปูพื้นชนิดไม่เคลือบจากเนื้อดินสามโลก  
ชื่อผู้วิจัย : กรินทร์ กาญจนานนท์  
คณะ : เทคโนโลยีอุตสาหกรรม  
หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์  
ปีการศึกษา : 2545

### บทคัดย่อ

การผลิตกระเบื้องเซรามิกส้นนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพ หนึ่งในแหล่งดินซึ่งมีความสำคัญต่อการผลิตกระเบื้องก็คือ แหล่งดินจาก อ.สาม โลก จ.ปทุมธานีซึ่งได้มีหลักฐานเป็นเวลานานว่าเป็นแหล่งดินที่มีความเหมาะสมต่อการผลิตกระเบื้องเพื่อหาปัจจัยและส่วนผสมที่เหมาะสมต่อการผลิต การทดลองในรูปแบบของ  $2^3$  Full Factorial Design ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลของปัจจัยหลักสามชนิดอันได้แก่ ดินขาว บอลเคลย์ และ เฟลสปาร์ ที่มีต่อคุณลักษณะที่สำคัญของกระเบื้องสองอย่างก็คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความแข็งของกระเบื้อง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าองค์ประกอบเหล่านี้อาจอยู่ได้ทั้งในรูปของ Main Effect และ Interaction ซึ่งเป็นไปได้ทั้ง Interaction ของทั้งสองและสามองค์ประกอบ ซึ่งสามารถนำไปสู่การขยายผลเพื่อการศึกษาคุณลักษณะที่สำคัญอื่นๆอันได้แก่ สีของกระเบื้อง ความแปรปรวนการทนไฟ

**คำสำคัญ:** กระเบื้อง ดินสามโลก ปทุมธานี

Research Title : An Experimental Study of the Non-glazed Floor Tiles (Source of Clay: Sam-Koak District, Prathumthani Province)  
Researcher : Karin Kandananond  
Faculty : Industrial Technology  
Institute : Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage  
Year : 2545

### **Abstract**

There are many factors affecting the manufacturing of floor tiles, and one of the most important source of clay is Sam-Koak District in Prathumthani Province. It is known for a long time that Sam-Koak clay has been widely used to manufacture tiles. In order to promote the local business, the study to achieve the relation between the tile characteristic and factors affecting the manufacturing has been conducted. For the experimental study,  $2^3$  Full Factorial Design was deployed to study the effect of three factors (chalk clay, ball clay, feldspar) on two characteristics of tiles which can be listed as per-cent absorption and hardness. The result showed that the effect of these factors was in the form of main effect and interactions (both two and three factors). This experiment would be extended to the study of color, brittleness and fire resistance of floor tiles.

Keywords: Floor Tiles, Sam-Koak Clay, Prathumthani

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ .....	(1)
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(2)
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(6)
สารบัญภาพ.....	(7)
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของ โครงการวิจัย .....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
กระเบื้องดินเผา.....	5
ดินขาว.....	6
ดินบอกละเอียด.....	7
เฟลสปาร์.....	9
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย .....	11
อุปกรณ์.....	11
-เตาเผา .....	11
-เครื่องมือวัดความแข็ง .....	11
วัสดุดิบ.....	11
วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	11
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	14
ผลของค่าองค์ประกอบต่างๆที่มีต่อค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ.....	14
ผลของค่าองค์ประกอบต่างๆที่มีต่อค่าของความแข็ง .....	19

บทที่ 5	สรุปและข้อเสนอแนะ.....	23
	สรุปผลการทดลอง.....	23
	ข้อเสนอแนะจากการทดลอง.....	23
	เอกสารอ้างอิง.....	24
	ภาคผนวก.....	25

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ANOVA ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งของกระเบื้อง .....	19

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Half-Normal plot ของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ.....	14
2	Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณดินขาวที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ..	15
3	Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ .....	16
4	Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ .....	17
5	Cube Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) ดินขาว(B) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ .....	18
6	Half-Normal plot ของปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งของกระเบื้อง.....	19
7	Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณดินขาวที่มีต่อความแข็งของกระเบื้อง ...	20
8	Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณเฟลสปาร์ที่มีต่อความแข็งของกระเบื้อง	21
9	Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ที่มีต่อความแข็ง.....	21
10	Two Factor Interaction Plot แสดงผลของดินขาว (B) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อความแข็ง.....	22
<b>ภาพผนวกที่</b>		
1	ด้านหน้าของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง.....	25
2	ด้านหน้าและหลังของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง.....	26

ภาพผนวกที่		หน้า
3	ด้านหลังของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง.....	27
4	แสดงแหล่งดินสาม โลกที่นำมาใช้ในการทำกระเบื้องทดสอบ.....	28
5	แสดงการเปิดหน้าดิน โดยขุดดินให้ลึกลงไปอย่างน้อย 50 เซนติเมตร .....	29
6	แสดงการขุดดินสาม โลก จากแหล่งดิน.....	30

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากสังคมไทยเป็นสังคมที่เน้นหนักในด้านการเกษตร หากแต่ปัญหาที่สำคัญก็คือปัญหา ราคาพืชผลทางการเกษตรมีราคาตกต่ำอย่างต่อเนื่องอันมีสาเหตุมาจากสังคมทางการเกษตรอยู่ใน ลักษณะของการผลิตเป็นวัตถุดิบ แต่ขาดความสามารถในการนำเอาผลผลิตทางการเกษตรนั้นมาแปรรูป เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าหรืออยู่ในลักษณะของอุตสาหกรรมการเกษตรนั่นเอง นอกจากการเกษตรแล้ว ทัศนกรรมรวมไปถึงอุตสาหกรรมในครัวเรือนก็เป็นอาชีพอีกอย่างหนึ่งที่นำรายได้มาสู่สังคมท้องถิ่น โดยได้รับการสนับสนุนจากนโยบายของรัฐบาลในการที่จะส่งเสริมให้แต่ละท้องถิ่นมีการสร้างธุรกิจ ขึ้นมาเพื่อให้เกิดการพึ่งพาตนเองและพยายามใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นในการสร้างงานและนำไปสู่การ สร้างสรรค์ธุรกิจ ซึ่งอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปั้นดินเผาถือเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญในกลุ่ม อุตสาหกรรมท้องถิ่น อย่างไรก็ตามก็ปัจจุบันพบว่า อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปั้นดินเผาในประเทศไทย ชะงักลงเป็นอย่างมากซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาประการหนึ่งที่สร้างความวิตกกังวล และมีความสำคัญต่อ อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของประเทศไทยในอนาคต คือ ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบที่ใช้ ในการผลิต

หนึ่งในอุตสาหกรรมที่อยู่ในความสนใจของบุคคลทั่วไปก็คืออุตสาหกรรมเซรามิกส์ เนื่องจาก วัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ในการผลิตนั้นสามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น และแต่ละท้องถิ่นเองก็มีดินซึ่งมี ลักษณะแตกต่างกันออกไป ดินที่พบในภาคอีสานนอกจากดินเหนียวที่ใช้ปั้นภาชนะเครื่องใช้ตาม พื้นบ้านแล้วยังพบดินขาวซึ่งสามารถนำมาผสมเพื่อผลิตภัณฑ์เซรามิกส์อื่น ๆ ที่ดีทั้งคุณภาพและ ประโยชน์ใช้สอยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีทรัพยากรมากมายหลายชนิดรวมทั้ง ดินที่เหนียวและทนไฟ จากดินดังกล่าวนี้จึงทำให้เกิดอาชีพอย่างหนึ่งคือ การปั้นโอ่ง (ขนาดเล็กไม่ เคลือบ) ใส่น้ำและไหใส่ปลาร้าซึ่งใช้กันตามหมู่บ้านเกือบทุกจังหวัด แต่กรรมวิธีของการผลิต เป็น กรรมวิธีที่ถ่ายทอดกันมาจากคน รุ่นก่อนๆ และไม่เคยมีการปรับปรุงแต่อย่างไร โอ่งและไหที่ผลิตขาย กันทั้งหมดจึงเป็นพวกไม่เคลือบ บางท้องถิ่นเผาจนแกร่ง เช่น ที่ท่าอุเทน จังหวัดนครพนม และบ้านด่าน

เกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา บางท้องที่ก็เผาพอประมาณเช่นที่ กุมภวาปี และบ้านคำอ้อ จังหวัดอุดรธานี บ้านเชียงเครือ จังหวัดสกลนคร

การผลิตทำกันง่าย ๆ บางท้องที่ก็ใช้ดินเหนียวล้วน ๆ โดยไม่มีการผสมอะไร บางท้องที่ก็เอาดินเหนียวผสมกับแกลบแล้วเผา บดให้ละเอียดเรียกว่า ดินเชื้อ แล้วจึงใช้ดินเชื้อผสมกับดินเหนียว ขึ้นรูปด้วยแป้น ซึ่งมีลูกมือคอยหมุนให้เป็นภาชนะรูปต่าง ๆ เช่น หม้อน้ำ โอ่งขนาดเล็ก ไหใส่ปลาร้า การเผาที่ใช้วิธีการเผาแบบไฟเปิด โดยเอาเปลือกไม้มาวางที่พื้นก่อน แล้วจึงเรียงภาชนะที่จะเผาเปลือก ไม้เป็นกองโต เอาเศษไม้ที่ทำได้ในหมู่บ้านมาคลุมอีก แล้วจุดไฟ การเผากินเวลาประมาณ 3-4 ชั่วโมง ก็เสร็จ อุณหภูมิประมาณ 600-700 °C. ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เผาจนแกร่งจะเผาในเตา จอมปลวก เช่น ที่อำเภอท่าอุเทน จังหวัดนครพนม และที่บ้านด่านเกวียน อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา เฉพาะดินจากอำเภอท่าอุเทน มีลักษณะคล้ายดินจากทุ่งอรุณภูมิ จังหวัดราชบุรีมาก ส่วนดินแหล่งอื่น ๆ เป็นดินที่มีอะลูมินา อยู่ค่อนข้างสูง (24-27%) การสูญเสียของน้ำหนักในการเผาไหม้ต่ำ (8-11%) จึงจัดเป็นดินเหนียวที่ดีน่าจะทำผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ดีกว่าที่ทำกันอยู่ในปัจจุบันดินเหนียวในภาคอีสานเป็นดินที่อยู่ในที่ราบ เช่นที่ คำอ้อ เชียงเครือ ท่าอุเทน ด่านเกวียน หรือบางท้องที่ที่อยู่ในท้องนาเช่น ที่กุมภวาปี โขธาตาก เป็นต้น

ดินส่วนใหญ่อยู่ในที่สาธารณะไม่มีการซื้อขายกันอาจจะมีการจ้างจุด หรือไปจุดมาใช้กันเอง การใช้ดินจึงใช้กันแบบทิ้งขว้าง และมีได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทางอุตสาหกรรมเซรามิกส์มากเท่าที่ควร ถึงแม้ว่า ขณะนี้ผลิตภัณฑ์จากดินด่านเกวียนเป็นที่นิยมแพร่หลายแล้วก็ตาม การเก็บตัวอย่างดินจากที่ต่าง ๆ มาวิเคราะห์ทดสอบสมบัติในห้องปฏิบัติการที่ดี และการทดลองใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ก็ดี ย่อมแสดงให้เห็นว่าดินเหนียวจากภาคอีสานเป็นดินเหนียวที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์ต่าง ๆ ตามนัยของนักวิชาการและนักอุตสาหกรรม ส่วนดินขาวที่พบที่ อ. พิบูลย์มังสาหาร จ. อุบลฯ เรื่อยมาจนถึง อ. ชูขัน จ. ศรีสะเกษ ก็เป็นดินที่สามารถนำมา ใช้ในการผลิตเซรามิกส์ได้ ผลจากการศึกษาวิจัยนี้ น่าจะเป็นแนวทางชี้บอกหรือชักนำ ให้เกิดอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในภาคอีสานในอนาคตอันใกล้ ซึ่งหมายถึงการช่วยให้ประชาชน ในท้องที่มีอาชีพกว้างขวางยิ่งขึ้นและเป็น การเพิ่มรายได้ให้ ประชาชนในท้องที่ ซึ่งเป็นการพัฒนาประเทศทางด้านเศรษฐกิจในที่สุดดินขาวที่พบในจังหวัดในแถบภาคอีสานตอนใต้ เช่น จ. อุบล ศรีสะเกษนั้นยังไม่มีมีการนำมาใช้ในการผลิตเพราะเป็นดินที่ไม่มีความเหนียว แต่สามารถเพิ่มความเหนียวได้ และผลการวิเคราะห์ทางเคมี ปรากฏว่ามีสนิมเหล็กอยู่ประมาณ ร้อยละ 3-4 ซึ่งเป็นลักษณะพิเศษของดินอีสาน แม้จะมีความทนไฟดีคือ ทนไฟได้

ประมาณ 1650 ช. นอกจากนี้ยังคงรูปดีที่อุณหภูมิ 1200 ช. ย่อมแสดงถึงปริมาณของสารอะลูมินาที่ค่อนข้างสูง (เกินร้อยละ 20) พร้อมกันสอดคล้องกับปริมาณของค่าที่มีอยู่ในดินที่ไม่ได้รับความสนใจ เป็นเพราะในกลุ่มผู้ประ กอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ยังมีทางเลือกอยู่อีกหลายทาง เช่นแหล่งดินที่ลำปาง ระนอง เป็นต้น

อย่างไรก็ดีด้วยความพยายามที่จะนำวัตถุดิบที่มากด้วยคุณค่าที่ยังไม่มีใครรู้จัก มาปรุงแต่งจนสามารถนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งทัดเทียมกับผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของดินขาว ลำปาง ระนอง ด้วยกรรมวิธีที่ไม่ยุ่งยากนัก โดยการผ่านเครื่องแยกเหล็ก ซึ่งสามารถแยกเหล็กออกจากดินได้ ทำให้สีคล้ำของดินลดลงพร้อมกับการเผาด้วยวิธีจำกัดอากาศก็สามารถทำให้สีของเนื้อดินจางลงมาก นอกจากนี้ การใช้เคลือบชนิดเคลือบทึบ (opaque glaze) จะช่วยปกปิดสีของดินจนหมด ปรากฏว่าแต่สี ขาวของเคลือบเท่านั้นปัญหาที่จะนำดินมาใช้ นั่น เนื่องจากเป็นดินมีพวกต่างผสมอยู่ในปริมาณที่ เหมาะสม จึงสามารถเพิ่มความเหนียวของดินด้วยการบด ยิ่งบดความเหนียวของดินก็ยิ่งเพิ่มขึ้น แล้ว นำมาทดสอบหาความพอเหมาะ ระหว่างน้ำกับดิน (rheology) พร้อมใส่สารช่วยลอยตัว (deflocculent) ประมาณร้อยละ 0.1 – 0.15 ขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ (slip casting) ได้ทั้งผลิตภัณฑ์ขนาดเล็กเช่น โคมไฟ และขนาดใหญ่ เช่น โถส้วมนั่งยอง ๆ หรือผ่านการกรองอัด (filter press) และขึ้นรูปด้วย jigger เป็น พวกถ้วย จานชาม ได้อีกเช่นกันนอกจากนี้ยังนำมาอัดเป็นกระเบื้องขนาด 8"×8" และเคลือบด้วยเคลือบ สีไฟสางได้อย่างสวยงามการคงรูปอยู่ในขั้นนี้เชื่อมโยง

“ดินเหนียว” เป็นวัตถุดิบหลักที่มีความสำคัญต่อการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ผู้ผลิต จึงนำดินเหนียวมาใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อให้เกิดปัญหา การขาดแคลนดินเหนียวในการผลิต จึงทำให้สถานประกอบการจำเป็นต้องนำดินเหนียว จากแหล่งดินใกล้เคียงหรือสั่งซื้อดินเหนียวจากแหล่งอื่นที่มีคุณภาพดีกว่ามาทดแทน อีกทั้ง ยังต้องนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน และอินเดีย เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าว ได้ส่งผล กระทบต่อต้นทุนการผลิต และทำให้สูญเสียเอกลักษณ์ของท้องถิ่น ฉะนั้นทางออกหนึ่งของปัญหา ข้างต้น คือ การสำรวจหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ในท้องถิ่นมาทดแทนเพื่อลดการนำเข้า และรักษาเอกลักษณ์ เครื่องปั้นดินเผาของประเทศไทยไว้

“อำเภอสาม โลก” เป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดปทุมธานีที่มีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ เกษตรกรรมเป็นหลัก และเป็นอำเภอที่มีการใช้ที่ดินในการทำเกษตรมากที่สุดของจังหวัด

โดยใช้พื้นที่ในการทำนา ปลูกไม้ผล ปลูกไม้ยืนต้น และปลูกไม้ดอกไม้ประดับ ตามลำดับ แต่ปัญหาพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของอำเภอนี้ คือ ดินสาม โศก ซึ่งมีลักษณะเป็นดินที่มีเนื้อละเอียด มีทรายและกรวดปะปนอยู่เล็กน้อย มีความเหนียวจัดมาก มีสีแดงปนสีเหลืองอ่อน ตลอดจนมีสีชาวมเทาจนถึงสีชมพูอ่อน ทั้งนี้เพราะในเนื้อดินมีปริมาณของแร่เหล็กสูง ประกอบกับลักษณะภูมิประเทศของอำเภอ เป็นพื้นที่ราบลุ่มซึ่งมีสภาพของดินเป็นกรดจัด คือ มีค่า pH 6 – 4 โดยสภาพของพื้นที่ดังกล่าว ร้อยละ 70 เป็นดินเหนียวที่มีการระบายน้ำไม่ดี และมีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินซ้ำ ทำให้สภาพพื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการทำอาชีพเกษตรกรรม เช่นการปลูกพืชไร่ และปลูกข้าว เป็นต้น จากปัจจัยดังกล่าวจึงส่งผลให้ได้ผลผลิตต่ำ ไม่คุ้มต้นทุนที่เสียไป เพราะฉะนั้นประชาชนในพื้นที่จึงจำเป็นต้องลงทุนโดยการใส่ปุ๋ยขาวหรือปุ๋ยมาร์ลควบคู่กับการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น และขายได้ราคาดี แต่ก็ต้องประสบปัญหาเช่นเดิม เนื่องจากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของประชาชนในพื้นที่ จนกลายเป็นสาเหตุของการปล่อยพื้นที่ทำกินให้เป็นพื้นที่รกร้าง หรือขายที่ดินให้แก่พ่อค้า นายหน้า หรือซุกหน้าดินไปขายเพื่อใช้ทำบ่อเลี้ยงปลา ซึ่งเป็นวิธีการใช้ที่ดินอย่างไม่ถูกต้อง และไม่ก่อประโยชน์ใดๆ แต่กับส่งผลเสียต่อพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นวิธีหนึ่งที่จะสามารถนำพื้นที่ดังกล่าวมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ คือ การส่งเสริมให้มีการนำดินเหนียวท้องถิ่นในอำเภอหนองเสือ มาใช้ผลิตเป็นเครื่องปั้นดินเผา เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวยังไม่เคยมีการทำการวิจัยมาก่อน ซึ่งเป็นการสร้างอาชีพใหม่ สร้างรายได้ และสามารถทำให้วิถีชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนดีขึ้นอีกด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ในการนำดินเหนียวท้องถิ่นบริเวณอำเภอสาม โศก จังหวัดปทุมธานี มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระเบื้องและแยกแยะปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกระเบื้องรวมไปถึงค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำดินสาม โศก มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กระเบื้อง
2. เพื่อศึกษาปัจจัยทางด้านวัตถุดิบที่มีผลต่อการผลิตกระเบื้องโดยใช้ดินจาก อ. สาม โศก จ. ปทุมธานี
3. เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยในการผลิตกระเบื้อง
4. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนการผลิตกระเบื้องเป็นอุตสาหกรรมต่อไป

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบค่าปัจจัยที่เหมาะสมในการผลิตกระเบื้อง

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1. กระเบื้องดินเผา

พอร์ซเลนส โตนแวร์คือเนื้อกระเบื้องที่มีค่าจุดหลอมเหลวสูงที่อุณหภูมิ 1190-1230°C. ในเวลา 60-90 นาที จากวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมีของกระเบื้องประเภทพอร์ซเลน สโตนแวร์ของประเทศอิตาลีพบว่ามีส่วนประกอบเคมีแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยคือ

- 1)  $\text{SiO}_2$  69 %
- 2)  $\text{Al}_2\text{O}_3$  21%
- 3)  $\text{Na}_2\text{O}$  3%
- 4)  $\text{K}_2\text{O}$  2.5 %
- 5)  $\text{MgO}$  1.5%
- 6)  $\text{CaO}$  1.5 %
- 7)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  1% และ
- 8)  $\text{ZrO}_2$  ประมาณ 2%

การมีความแตกต่างของส่วนประกอบเคมีแตกต่างของการใช้วัตถุดิบหรือการใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่ต่างกัน นอกจากนี้ เนื้อพอร์ซเลนสโตนแวร์ต่างจากสโตนแวร์สีอ่อนชนิดเคลือบที่โดยเฉลี่ยมีปริมาณอะลูมิเนียม โซเดียม เซอร์โคเนียม แอลคาไลเอิร์ทมากกว่า และมีปริมาณซิลิกอน เหล็ก ไทเทเนียมและโพแทสเซียมต่ำกว่า (อุบลศรีและเยาวลักษณ์, 2530)

โดยทั่วไปสามารถแยกเนื้อพอร์ซเลนสโตนแวร์เป็นหลักมีปริมาณซิลิกาสูง (มากกว่า 71%) และแอลคาไลสูง (มากกว่า 5%) แต่แมกนีเซียมออกไซด์ต่ำ (น้อยกว่า 0.85 %) มีอัตราส่วน  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  ในช่วง 0.29-0.31 มีปริมาณซิลิกาต่ำ (น้อยกว่า 68%) แต่แมกนีเซียมออกไซด์สูง (มากกว่า 1.5%) แอลคาไลต่ำ (น้อยกว่า 5%) มีอัตราส่วน  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  สูงกว่า 0.31 ที่พบมากได้แก่เนื้อประเภทที่สองคือที่มีปริมาณซิลิกา แอลคาไล และแมกนีเซียมออกไซด์ปานกลางเนื้อ ประเภทนี้จะมี โครงสร้างแก้ว 55-65% ควอตซ์ 20-25 % มัลไลต์ 12-16 % และคอร์รัมดัมและ/หรือเซอร์คอนอีกปริมาณเล็กน้อยเพื่อช่วยเรื่องสีและความแข็งแรงของเนื้อผลิตภัณฑ์ ในเนื้อที่มีปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์สูง แม้มีปริมาณอะลูมิเนียมสูง ก็ไม่สามารถทำ ให้เกิดมัลไลต์มากขึ้นได้ กระเบื้องพอร์ซเลนสโตนแวร์ที่นำมาทดลองมีค่าความ

หนาแน่น (Bulk Density) 2.3-2.4 กรัม/ซม<sup>3</sup> มีค่าความแข็งแรงสูง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างจุลภาคของเนื้อผลิตภัณฑ์ด้วย (Ries, 1927)

## 2. ดินขาว

ดินขาวเป็นแร่ชนิดหนึ่งเรียกว่าเคลอิโอไนต์ซึ่งอยู่ในกลุ่มแร่ดินซึ่งพบอยู่ในแถบภูเขาเคาลิงจึงทำให้เรียกดินขาวว่า เคโอลินหรือ ไชนาเคลย์ สมบัติดินขาวทางกายภาพที่ทดสอบมีอาทิ ความเหนียว ขนาดอนุภาค ความคมหรือการขัดสี และความขาวสว่าง สำหรับวิธีการที่จะระบุว่าดินขาวนั้นเป็นดินเคโอลินหรือไม่นั้น มีวิธีทดสอบได้หลายวิธีอาทิเช่น ถ่ายภาพผลึกดินขาวด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ประโยชน์ของดินขาวต่ออุตสาหกรรมเซรามิกส์ก็รวมไปถึงการพัฒนา รูปแบบของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน การผลิตงาน ชามกระเบื้องปูพื้น บุผนัง และเครื่องทศุขภัณฑ์ต่างๆ

ดินขาวจัดเป็นแร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมเพราะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มากมาย เช่น อุตสาหกรรมเซรามิกส์ อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสี อุตสาหกรรมยางและอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้ดินขาวมากที่สุดและได้พัฒนาแหล่งภายในประเทศขึ้นมาใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว ซึ่งส่งผลให้อุตสาหกรรมภายในประเทศขึ้นมาใช้กันอย่างแพร่หลายมานานแล้ว ซึ่งส่งผลให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์เกิดการพัฒนามากสามารถผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศปีละหลายพันล้านบาท ส่วนดินขาวที่ใช้ใน อุตสาหกรรมกระดาษ สี ยางและยาปราบศัตรูพืช ซึ่งมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของอุตสาหกรรมดังกล่าวภายในประเทศ ยังไม่ค่อยมีการพัฒนา

เพื่อให้การใช้ดินขาวเป็นไปอย่างคุ้มค่าได้ประโยชน์สูงสุดและสอดคล้องกับความต้องการที่เพิ่มสูง จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาดินขาวเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ สี ยาง และยาปราบศัตรูพืช พบว่าดินขาวแหล่งที่มีคุณภาพดีนั้น ได้วิจัยและพัฒนาสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษได้แล้ว ส่วนแหล่งที่มีคุณภาพรองลงมาซึ่งไม่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษได้ ก็ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมสี ยาง และยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น

การศึกษาทดลองสมบัติของดินขาวเบื้องต้นพบว่าดินขาวดิบมีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็กและใหญ่ुकละกันสีเทา มีส่วนผสมของแร่เคลอิโอไนต์และควอร์ตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก (จากผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟร็กโตมิเตอร์) ส่วนการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์

ของดินขาวดิบพบว่ามีสารสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผา (L.O.I.) เท่ากับ 13.4% ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) เท่ากับ 47.4% อะลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) เท่ากับ 35.0% เหล็กออกไซด์ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) เท่ากับ 1.06% ไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ ) เท่ากับ 2.00% (ปรีดา, 2514)

เนื่องจากภาคอุตสาหกรรมเซรามิกส์มีการขยายตัวสูงดินขาวที่นำเข้า มีการใช้ในอุตสาหกรรมด้วยขามเป็นหลัก ญี่ปุ่นจัดเป็นประเทศผู้นำเข้าดินขาวรายใหญ่ คือมีการนำเข้าดินขาวสูงถึง 1.3 ล้านตันต่อปีจากสหรัฐอเมริกา เกาหลีใต้ จีนและอังกฤษ ในส่วนนี้มีมีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ประมาณ 100,000 ตันต่อปี อุตสาหกรรมเซรามิกส์หลักที่ใช้ดินขาวที่นำเข้าได้แก่ สุขภัณฑ์ และด้วยขาม เนื่องจากส่วนผสมของเนื้อดินสำหรับทำด้วยขาม มีดินขาวอยู่สูงถึงประมาณ 30 % และมักนิยมใช้ดินขาวที่คุณภาพสูง เช่น จากอังกฤษ แต่ปัจจุบันมีการใช้ดินขาวที่นำเข้าจากจีน เช่น ที่จังหวัดฟูเจียน (Fujian) ที่คุณภาพดีเยี่ยมกว่าและราคาค่อนข้างถูกมาใช้แทนบางส่วน (15-20%) ของดินขาวที่คุณภาพสูงและราคาแพง เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิตในปัจจุบันอุตสาหกรรมด้วยขามของญี่ปุ่นอยู่ในยุคที่ถดถอยซึ่งมีผลต่อปริมาณนำเข้าจึงดินขาวประเภทกาลินและฮาลลอยไซต์โดยตรง

### 3. ดินบอลเคลย์

ดินบอลเคลย์ (ball clay) เป็นดินเหนียวที่เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของดินขาวประกอบด้วยแร่ kaolinite เป็น ส่วนประกอบสำคัญ บางครั้งจะพบแร่ดินชนิดอื่นปะปนอยู่บ้าง เช่น montmorillonite และ illite ดินบอลเคลย์จะมีลักษณะพิเศษคือมีสารอินทรีย์ปนอยู่ด้วยเสมอในธรรมชาติจึงอาจมีสีต่าง ๆ สีขาว สีเทาเหลือง และสีดำ เป็นดินที่มีความละเอียดสูง มีความเหนียวดี เมื่อแห้งหรือเผาจะมีความแข็งแรงสูง หลังจากผ่านการเผาแล้วจะให้สีขาวหรือครีม ดินบอลเคลย์หลายชนิดมีช่วงการเปลี่ยนแปลง สภาพของเนื้อดินไปเป็นเนื้อแก้วค่อนข้างยาว ซึ่งจะเป็นประโยชน์ คือช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์หลังจากเผาให้ดีขึ้นส่วนประกอบทางเคมีของดินบอลเคลย์ที่ได้เคยวิเคราะห์ไว้มีดังนี้

- 1) ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) 40-60 %
- 2) อะลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 25-40 %
- 3) เฟร์ริกออกไซด์ 0.25-4.0 %
- 4) โซเดียมออกไซด์ ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) 0-0.75 %
- 5) โพแทสเซียมออกไซด์ ( $\text{K}_2\text{O}$ ) 0.5-4.0 %

นอกจากนี้อาจมีสารอื่นปะปนอยู่บ้าง เช่น ไทเทเนียมไดออกไซด์ ( $\text{TiO}_2$ ) แคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) และแมกนีเซียมออกไซด์ ( $\text{MgO}$ ) เป็นต้น

### สมบัติทางกายภาพของดินบอลเคลย์

- 1) ขนาด ดินบอลเคลย์จะมีขนาดของเม็ดดินละเอียดมากซึ่งมีความละเอียดมากน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งที่พบแต่จะละเอียดกว่าดินขาว
- 2) ความเหนียว ดินบอลเคลย์จะมีความเหนียวกว่าดินขาว การผสมดินบอลเคลย์ลงไปในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้การขึ้นรูปดีขึ้น
- 3) การหดตัวเมื่อแห้ง ดินบอลเคลย์มีการหดตัวมากน้อยแตกต่างกันตามแหล่งที่พบ ถ้าเป็นดินบอลเคลย์ที่มีปริมาณ ซิลิกาสูงแทนจะ ไม่มีการหดตัวเลย แต่ถ้าเป็นดินบอลเคลย์ที่มีอินทรีย์สารสูง จะมีการหดตัวประมาณร้อยละ 15
- 4) ความแข็งแรงก่อนเผา ดินบอลเคลย์จะมีความแข็งแรงกว่าดินขาว เมื่อผสมดินบอลเคลย์ในเนื้อดินปั้น จะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ก่อนเผามีความแข็งแรงสูง
- 5) สมบัติหลังเผา ขึ้นอยู่กับว่าหลังเผาแล้วดินมีสีอย่างไรเนื้อดีหรือไม่ ดินบอลเคลย์บางชนิดมีไมกาประกอบอยู่ด้วย เมื่อผสมในเนื้อดินปั้นแล้วเผา ไมกาจะทำหน้าที่เป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาในเนื้อดินปั้นให้เนื้อผลิตภัณฑ์แน่นและเนียน มากขึ้นสาเหตุที่มีการนำดินบอลเคลย์มาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์เนื่องจาก

- 1) เพื่อช่วยเพิ่มความเหนียวของเนื้อดินปั้น ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ดีขึ้น
- 2) เนื่องจากเมื่อใช้ดินบอลเคลย์เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นแล้ว จะทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เปราะและแตกหักง่าย
- 3) ดินบอลเคลย์สามารถช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารในเนื้อดินขณะทำการเผาได้ดี เป็นผลทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด
- 4) ช่วยทำให้เนื้อดินที่ใช้ในการเทแบบมีการไหลตัวดีขึ้นการนำดินบอลเคลย์มาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์นั้นถึงแม้จะมีข้อดีแต่ก็มีข้อเสียเช่นกัน คือ
  - 1) ดินบอลเคลย์มีความบริสุทธิ์ต่ำ มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่น สารประกอบพวกอินทรีย์สารเฟรริคออกไซด์, ไทเทเนียมไดออกไซด์ ซึ่งเมื่อเผาแล้วจะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความขาวลดลง
  - 2) ทำให้ความโปร่งแสงของผลิตภัณฑ์น้อยลง
  - 3) ดินบอลเคลย์มีส่วนประกอบไม่แน่นอน ทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุมน้ำดินสำหรับเทแบบ
  - 4) ดินบอลเคลย์มีการหดตัวสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์หลังจากเผาแล้วบิดเบี้ยวได้ง่าย

จากรายงานการสำรวจเรื่องของดินของกรมทรัพยากรธรณีพบว่า ดินบอลเคลย์มีทั่วทุกภาคของประเทศไทย แต่ที่มีสมบัติดีและมีการผลิตขายเชิงพาณิชย์นั้นมีเฉพาะภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้



ดินบอลลเคลย์ภาคเหนือ มักจะมีทรายและไมกาปนอยู่พอสมควร มีความทนไฟปานกลางและต่ำ จึงนำมาใช้ทำ ผลิตภัณฑ์เซลาดอน (celadon) เครื่องสังคโลก กระเบื้องประดับและกระเบื้องมุงหลังคา ดินบอลลเคลย์ภาคกลาง พบมากที่จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อเผาแล้วจะมีสีเหลืองถึงน้ำตาลอ่อน มีความเหนียวดี ราคาถูกและผลิตง่าย ดินบอลลเคลย์ภาคใต้ เป็นที่รู้จักกันดีในวงการเซรามิกส์ในนามของดินคำสุราษฎร์ เป็นดินที่เผาแล้วมีสีขาว และความทนไฟสูง มีคุณภาพดี ขายได้ราคาสูงกว่าดินภาคอื่น ๆ โรงงานเซรามิกส์ในประเทศยังต้องการดินบอลลเคลย์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมออีกมากมายปีหนึ่ง ๆ ไม่ต่ำกว่า 170,000 ตันและคาดว่าจะมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นอีกในอนาคต (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

	อ. ปากพลี	อ. แม่ทะ	อ. ห้างฉัตร	ต. พลุพลี	อ. บ้านนาสาร
	จ. ปราจีนบุรี	จ. ลำปาง	จ. ลำปาง	จ. สุราษฎร์	จ. สุราษฎร์
ซิลิกา (SiO <sub>2</sub> )	52	59.92	63.75	59.8	50.94
อะลูมินา (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	27.3	25.92	23.68	25.3	31.7
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.4	0.62	1.83	2.6	2.78
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO <sub>2</sub> )	-	0.7	0.99	-	0.88
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.3	0.08	0	0.1	0.34
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2	0.45	0.26	1.9	0.46
โพแทสเซียมออกไซด์ (K <sub>2</sub> O)	-	2.07	0.93	0.5	0.58
โซเดียมออกไซด์ (Na <sub>2</sub> O)	-	0.33	0.16	0.05	0.4
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	13.9	9.12	8.24	9.7	11.75

### 3. เฟลสปาร์

เฟลสปาร์เป็นแร่ที่ใช้ในการลดอุณหภูมิสุกตัวของดิน ก่อนนำแร่มาใช้ต้องนำมาผ่านกระบวนการบด คัดขนาด ลอยแร่ หรือแยกเหล็ก เพื่อให้มีสมบัติที่เหมาะสม เฟลสปาร์มีหลายประเภท การเลือกใช้ประเภทใดต้องมีการคำนึงถึงคุณสมบัติดังเช่น สมบัติการหลอม ปริมาณออกไซด์ และสมบัติการละลายน้ำ สมบัติการหลอมของแร่พื้นม้าสามารถทดสอบได้โดยการศึกษารูปการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของตัวอย่างแร่หลังผ่านการเผา โดยกำหนดให้อุณหภูมิที่เกิดการหดตัวสูงเป็นอุณหภูมิเริ่มสุกตัว อุณหภูมิที่ผิวตัวอย่างเริ่มเรียบและขอบของตัวอย่างหลอมเปลี่ยนเป็นทรงกลมว่า อุณหภูมิหลอมตัว ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเริ่มสุกตัวและอุณหภูมิหลอมตัวเป็นค่าช่วงการอ่อนตัว (Warall, 1964)

ในส่วนของการพัฒนาสูตรส่วนผสมและกระบวนการเตรียมเนื้อดินปั้นนั้น ถือว่าเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก เพราะการนำดิน 2 ชนิด ( ดินสีแดง และดินสีขาว ) ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งองค์ประกอบทางเคมีและทางกายภาพ มาใช้ในการผลิต จะทำให้เกิดความโดดเด่นในเชิงมิติ จากการตัดกันของดิน 2 สี (two tone) ที่ให้ความรู้สึกถึงความเป็นธรรมชาติของดิน แต่เนื่องจากดินแต่ละชนิดย่อมมีลักษณะเฉพาะที่ต่างกันไป จึงต้องนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าไปเสริม ในเรื่องของการขยายตัว หรือ การหดตัวของเนื้อดิน เพื่อให้เนื้อดินทั้ง 2 ชนิดสามารถเกาะติดกันได้ไม่หลุดร่วง รวมถึงการนำเทคนิคเข้าไปช่วยในการพัฒนาทั้งการขึ้นรูปให้เกิดลวดลาย และการฝังดินอีกชนิดหนึ่งลงในลวดลาย ซึ่งถ้าไม่มีการปรับ แต่งให้เหมาะสมก็ไม่สามารถจะเกาะติดกันได้ (จากเดิมที่ใช้วิธีการชุดเกาะให้เกิดร่องเป็นลวดลายลงบนพื้นของดินชนิดหนึ่ง และนำดินอีกชนิดหนึ่งอัดติดบนร่องนั้น ซึ่งการทำลักษณะดังกล่าว เหมือนลวดลายสีปะบ้านเชียง มากกว่า ไม่ใช่ลักษณะการฝังเข้าไปในเนื้อดิน )

### บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

### อุปกรณ์

#### 1. เตาเผา

เตาเผาเป็นเครื่องมือที่ให้ความร้อน สามารถควบคุมความร้อน ให้เผาได้อุณหภูมิสูงได้ หลักทั่วไปที่ควรคำนึงเกี่ยวกับเตาเผา ไม่ว่าจะเป็นประเภทไหนก็ตาม ที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติ เพื่อความเหมาะสมควรพิจารณาในหลักการต่างเป็นเตาที่สามารถเร่งรัด และสามารถเผาได้อุณหภูมิสูงตามความต้องการ เตาที่เลือกใช้ในการทำการทดลองเป็นเตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนลงของบริษัท ETC (ประเทศไทย) จำกัด

#### 2. เครื่องมือวัดความแข็ง

เครื่องทดสอบความแข็งให้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM โดยเป็นเครื่องทดสอบความแข็งที่มีหัวกดขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า Microindentation แบบ Vickers

### วัตถุดิบ

เนื้อดินที่ใช้ก็คือ ดินเหนียวจาก อ. สามโคก จ. ปทุมธานี โดยมีการควบคุมปริมาณส่วนประกอบสามส่วนหลักอันได้แก่ บอลเคลย์ ดินขาว และเฟลตสปาร์

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

การทดลองทำกระเบื้องจะทำโดยใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- อบดินหนองเสียให้แห้งสนิท แล้วจึงทุบดินให้ละเอียด จากนั้นนำดินมาร้อนผ่านตะแกรง
- นำดินที่ร้อนละเอียดเทใส่ลงในถังเกรอะ จากนั้นเติมน้ำลงไปในถังให้เต็ม แล้วรองจนกว่าเนื้อดินจะสลายตัว และตกตะกอน
- ใช้ไม้คนให้เนื้อดินและน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำดินมาเกรอะ ลงบนแผ่นปูนพลาสติก ซึ่งมีผ้าขาวบางรองรับอยู่
- รอให้เนื้อดินแข็งจนกว่าจะได้ที่ แล้วจึงนำมานวดด้วยมือเพื่อไล่ฟองอากาศที่อยู่เนื้อดินออกให้หมด และรอให้เนื้อดินที่เกรอะแห้งตัวได้ที่ จากนั้นนำเนื้อดิน ที่ได้มานวดด้วยมือ โดยนวดจนกว่าเนื้อดินจะมีความชื้นพอเหมาะแก่การขึ้นรูปเป็นกระเบื้องขนาด 3" x 3"

- ทำการเผาในเตาแบบ เตาแก๊สชนิดทางเดินลมร้อนลงแล้วทำการวัดค่าความแข็งโดยใช้เครื่อง Microindentation แบบ Vickers ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะได้รับการวัดโดยวิธีมาตรฐานในการทดสอบการดูดซึมน้ำ การทดสอบนี้เป็นวิธีที่ทำให้ทราบถึงความสามารถที่น้ำจะแทรกเข้าไปในเนื้อดินปั้น ซึ่งถ้าตัวเลขนี้มีค่ามาก แสดงว่า เนื้อดินปั้นหลังเผายังมีความพรุนตัวอยู่มาก แต่ถ้ามีค่าน้อยจนเป็นศูนย์ แสดงว่า เนื้อดินปั้นสุกตัวแล้วซึ่งการทดสอบสามารถทำได้โดยชั่งน้ำหนักของแท่งทดสอบทุกชิ้นเพื่อหาค่าน้ำหนักแห้งแล้วนำแท่งทดสอบไปต้มในน้ำเดือดนาน 5 ชั่วโมง และแช่ทิ้งไว้ในหม้อต้มอีก 24 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำแท่งทดสอบมาเช็ดน้ำออกด้วยผ้าแห้ง เพื่อชั่งน้ำหนักอิมตัวของแท่งทดสอบอีกครั้งหนึ่ง และ บันทึกผลการทดลอง แล้วจึงคำนวณหาค่าร้อยละของการดูดซึมน้ำ โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{การดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักอิมตัว} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

-ทดลองทำกระเบื้องและทดสอบคุณลักษณะโดยใช้ขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นหากแต่เปลี่ยนสูตรโดยปรับปริมาณส่วนผสมหลักจนได้กระเบื้องออกมาแปดชุด

-การวิเคราะห์ทางสถิติ

โปรแกรม Design Expert Version 7.1 ได้ถูกใช้ในการออกแบบการทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้โดยเริ่มจากการศึกษาส่วนผสมที่อยู่ในดินสาม โคล พบว่ามีแร่สามชนิดที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความแข็งของกระเบื้องอันได้แก่ บอลเคลย์ ดินขาว และเฟลสปาร์ ซึ่งสามารถค่าสูงสุดและต่ำสุดในรูปของเข้ารหัส 1 และ -1 ในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละตัวประกอบ

ตัวประกอบ	ค่าสูงสุด (1)	ค่าต่ำสุด (-1)
บอลเคลย์ (A)	10%	30%
ดินขาว (B)	5%	20%
เฟลสปาร์ (C)	10%	20%

ใช้การออกแบบชนิด Full factorial Design  $2^3$  เพื่อศึกษาผลของส่วนผสมของบอลเคลย์ ดินขาว และเฟลสปาร์ในดินสาม โลก จ. ปทุมธานีที่มีต่อค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความแข็งของกระเบื้อง โดยจะได้ตารางการออกแบบ (ตารางที่ 2) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 ตารางการออกแบบการทดลอง

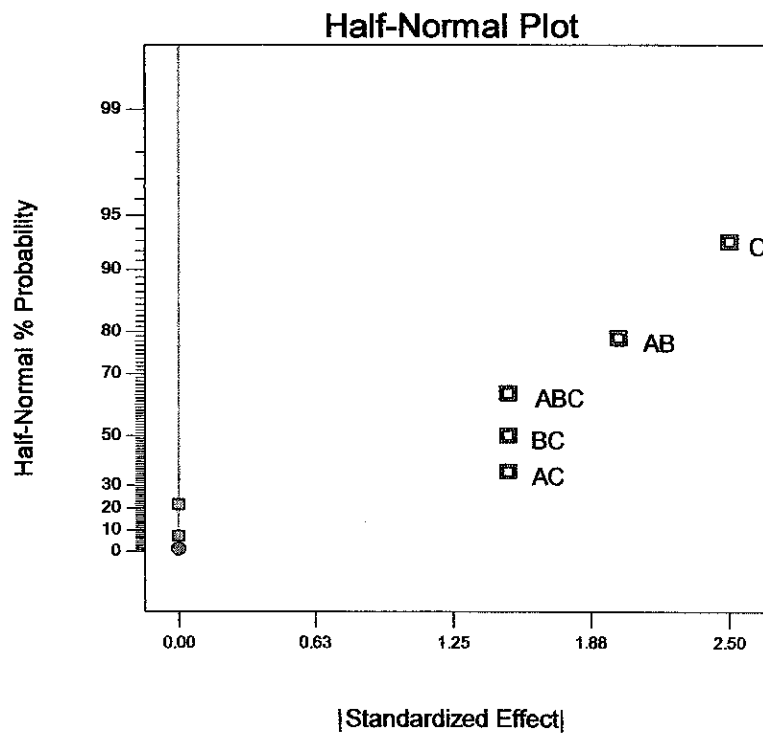
Treatment	A	B	C	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ	ความแข็ง
1	-1	-1	-1	26	452
2	1	1	1	27	446
3	1	-1	1	28	440
4	-1	-1	1	30	450
5	1	-1	-1	24	441
6	-1	1	1	28	435
7	1	1	-1	29	442
8	-1	1	-1	24	430

## บทที่ 4

## ผลการทดลองและวิจารณ์

## 1. ผลของค่าองค์ประกอบต่างๆที่มีต่อค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

จากกราฟ Half-Normal plot ในภาพที่ 1 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ผลเบื้องต้น จะเห็นว่า มีเพียงค่าของตัวประกอบ C (เฟลสปาร์) เดี่ยวๆเพียงค่าเดียว และ Two Factor Interaction AB, BC, AC และ Three Factor Interaction ระหว่าง ABC ที่มีผลต่อค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (A: บอลเคลย์, B: ดินขาว, C: เฟลสปาร์)



ภาพที่ 1 Half-Normal plot ของปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลกระทบจากปริมาณดินขาวโดยแสดงในกราฟ Main Effect ของปริมาณดินขาวกับเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (ภาพที่ 2) จะพบว่าเมื่อปริมาณดินขาวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณการดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีการเพิ่มขึ้นด้วย

Design-Expert® Software

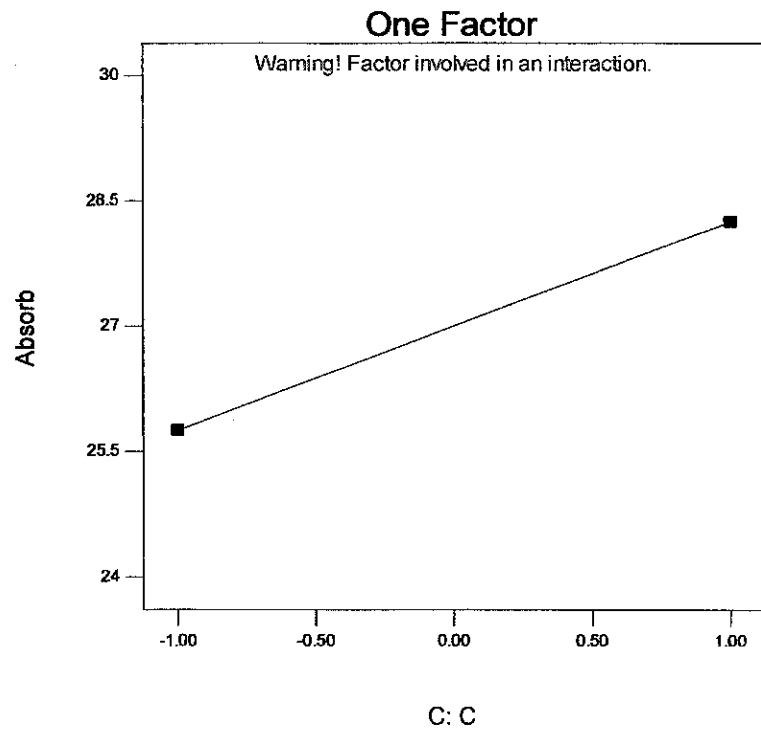
Absorb

X1 = C: C

Actual Factors

A: A = 0.00

B: B = 0.00



ภาพที่ 2 Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณดินขาวที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

จากกราฟของ Two Factor Interaction ระหว่างบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ในภาพที่ 3 จะพบว่าเมื่อค่าของบอลเคลย์ ต่ำในขณะที่ค่าดินขาวสูงจะส่งผลทำให้กระเบื้องมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ต่ำ ในขณะที่ถ้าค่าของบอลเคลย์และปริมาณดินขาวสูงจะเพิ่มค่าค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่ต่ำเป็นอย่างมาก ในกรณีกลับกันเมื่อทั้งค่าของเปอร์เซ็นต์บอลเคลย์และดินขาวต่ำจะทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีค่าสูง และผลจะออกมากลับกัน (ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำลดลง) เมื่อปริมาณบอลเคลย์ลดลง

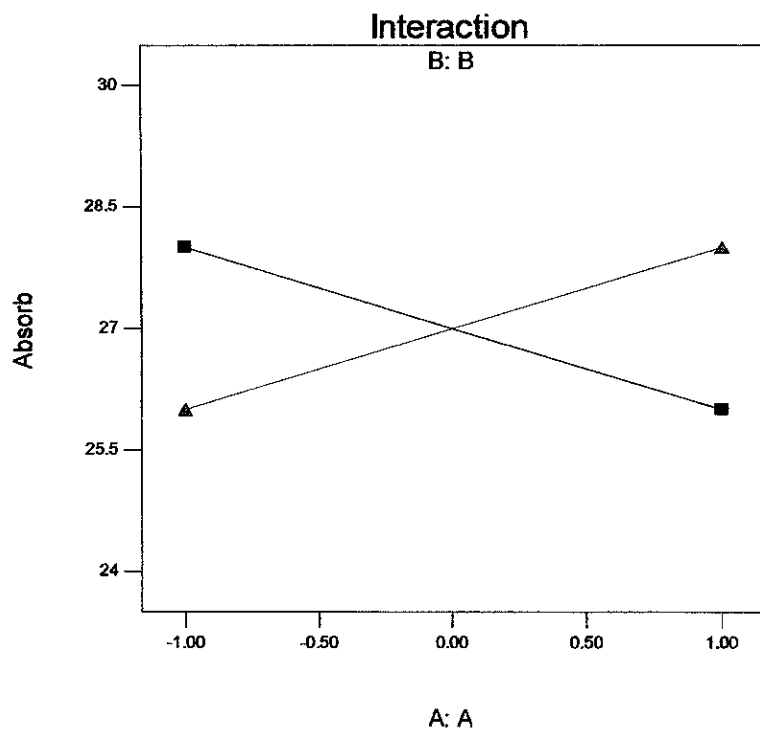
Design-Expert® Software

Absorb

■ B- -1.000  
▲ B+ 1.000

X1 = A: A  
X2 = B: B

Actual Factor  
C: C = 0.00



ภาพที่ 3 Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

ภาพที่ 4 ได้แสดงถึงกราฟของ Two Factor Interaction ระหว่างบอลเคลย์ (A) และเฟลสปาร์ (C) จะพบว่าเมื่อค่าของบอลเคลย์ ต่ำ ในขณะที่ค่าเฟลสปาร์สูงจะส่งผลทำให้กระเบื้องมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำที่สูง ในขณะที่ถ้าค่าของบอลเคลย์และเฟลสปาร์สูงจะเพิ่มค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำลดลงเป็นอย่างมาก ในกรณีกลับกันเมื่อทั้งค่าของเปอร์เซ็นต์บอลเคลย์และเฟลสปาร์ต่ำจะทำให้เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำของกระเบื้องมีค่าต่ำ และผลจะออกมาคล้ายกัน (ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น) เมื่อปริมาณบอลเคลย์ลดลง

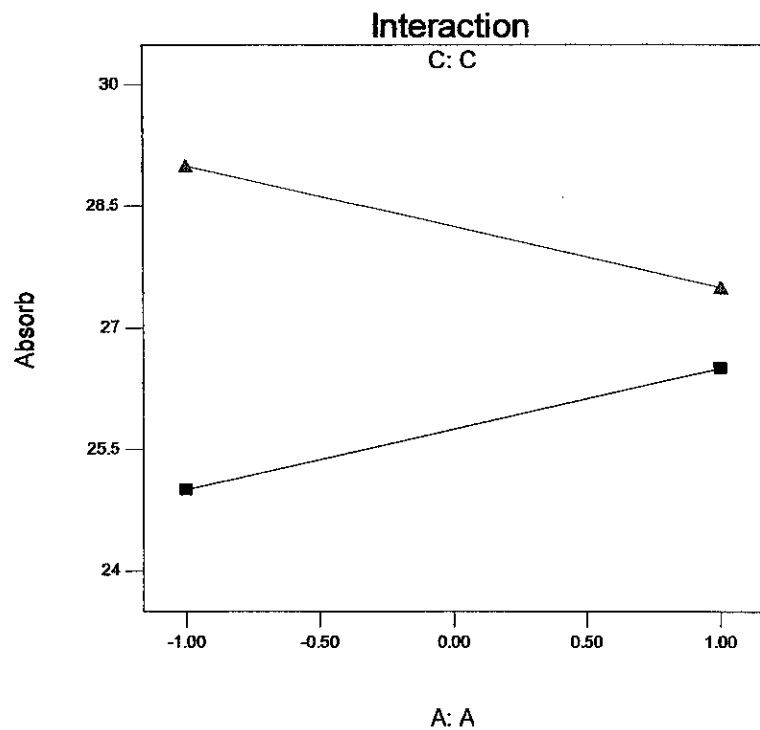
Design-Expert® Software

Absorb

■ C- -1.000  
▲ C+ 1.000

X1 = A: A  
X2 = C: C

Actual Factor  
B: B = 0.00

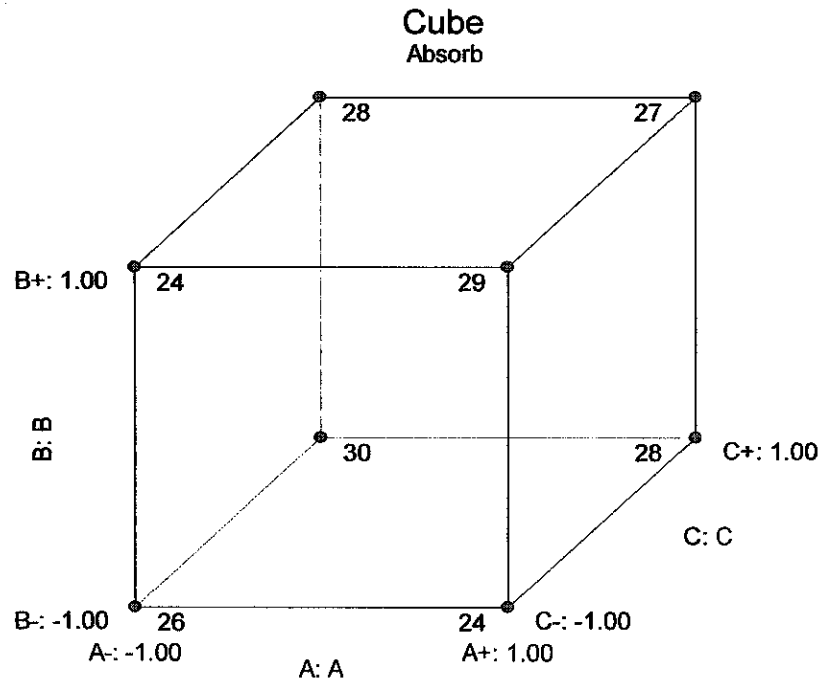


ภาพที่ 4 Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

จาก Cube Plot ในภาพที่ 5 ได้แสดงถึงค่า Three Factor Interaction ของ ABC จะพบว่าค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำจะถึงจุดค่าที่ต่ำสุดเมื่อปริมาณของดินขาว(B) และเฟลสปาร์ (C) นั้นมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงแต่ปริมาณของบอลเคลย์ (A) นั้นต่ำ ในขณะที่ถ้าปริมาณของบอลเคลย์ เฟลสปาร์ และดินขาวต่ำจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำสูงที่สุด

Design-Expert® Software

Absorb  
X1 = A: A  
X2 = B: B  
X3 = C: C



ภาพที่ 5 Cube Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) ดินขาว (B) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ

## 2. ผลของค่าองค์ประกอบต่างๆที่มีต่อค่าของความแข็ง

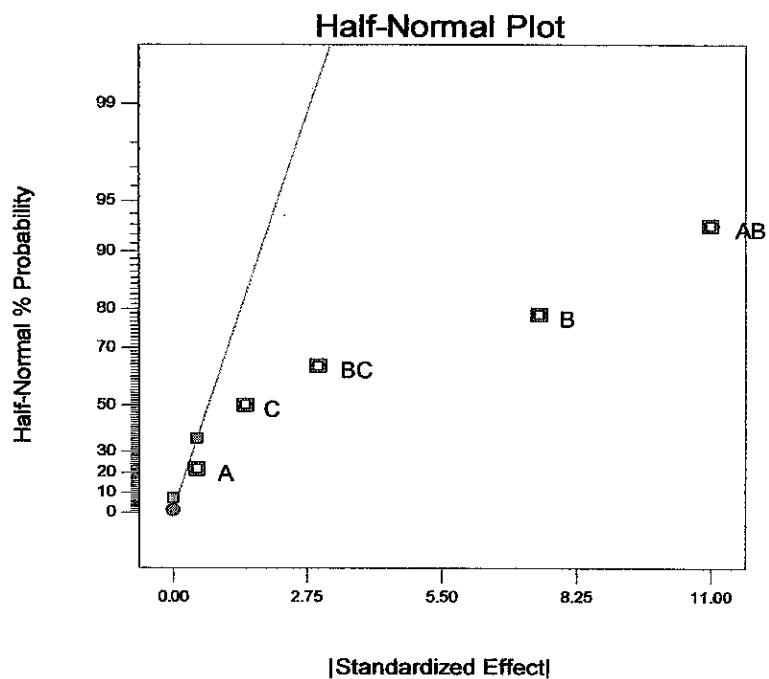
จากตาราง Analysis of Variance (ANOVA) ในตารางที่ 1 และกราฟ Half -Normal Plot ในภาพที่ 6 พบว่าค่าของปริมาณบอลเคลย์ (A) ดินขาว (B) เฟลสปาร์ (C) และ Two Factor Interaction AB, BC จะส่งผลกระทบต่อค่าของความแข็งของกระเบื้อง

ตารางที่ 1 ANOVA ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อความแข็งของกระเบื้อง

Source	SS	df	MS	F-Value	p-value
A-A	0.5	1	0.5	2	0.2929
B-B	112.5	1	112.5	450	0.0022
C-C	4.5	1	4.5	18	0.0513
AB	242	1	242	968	0.0010
BC	18	1	18	72	0.0136
Residual	0.5	2	0.25		
Total	378	7			

Design-Expert® Software  
Hardness

A: A  
B: B  
C: C  
■ Positive Effects  
■ Negative Effects



ภาพที่ 6 Half-Normal plot ของปัจจัยที่มีผลต่อความแข็งของกระเบื้อง

กราฟของ Main Effect ในภาพที่ 7 แสดงให้เห็นถึงผลของปริมาณดินขาวกับความแข็งของกระเบื้อง ซึ่งเมื่อพบว่าปริมาณดินขาวเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความแข็งของกระเบื้องลดลง

Design-Expert® Software

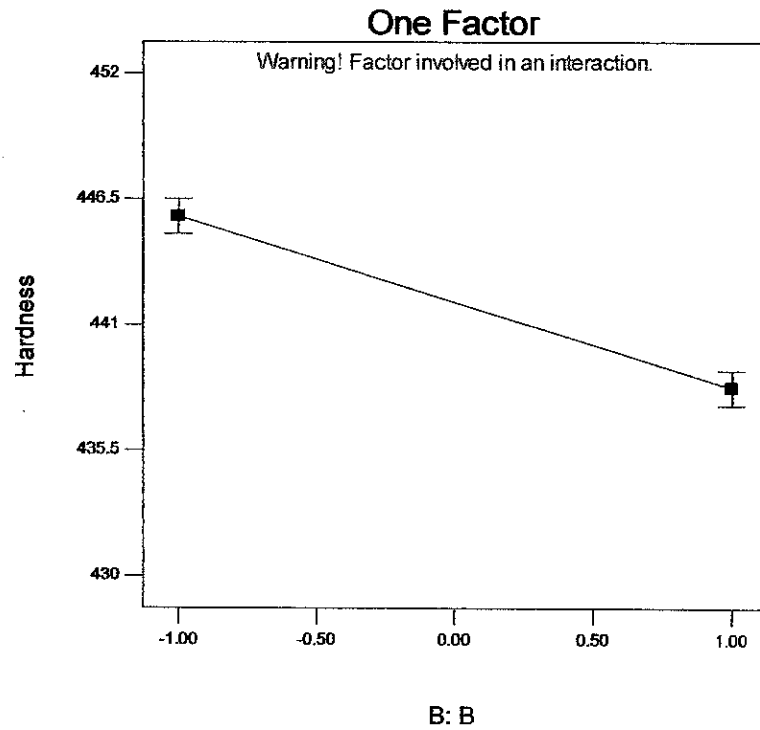
Hardness

X1 = B: B

Actual Factors

A: A = 0.00

C: C = 0.00



ภาพที่ 7 Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณดินขาวที่มีต่อความแข็งของกระเบื้อง

ในขณะที่ภาพที่ 8 จะแสดงให้เห็นถึงผลของปริมาณเฟลสปาร์กับความแข็งของกระเบื้อง จะพบว่าเมื่อปริมาณเฟลสปาร์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความแข็งของกระเบื้องนั้นเพิ่มขึ้นด้วย

Design-Expert® Software

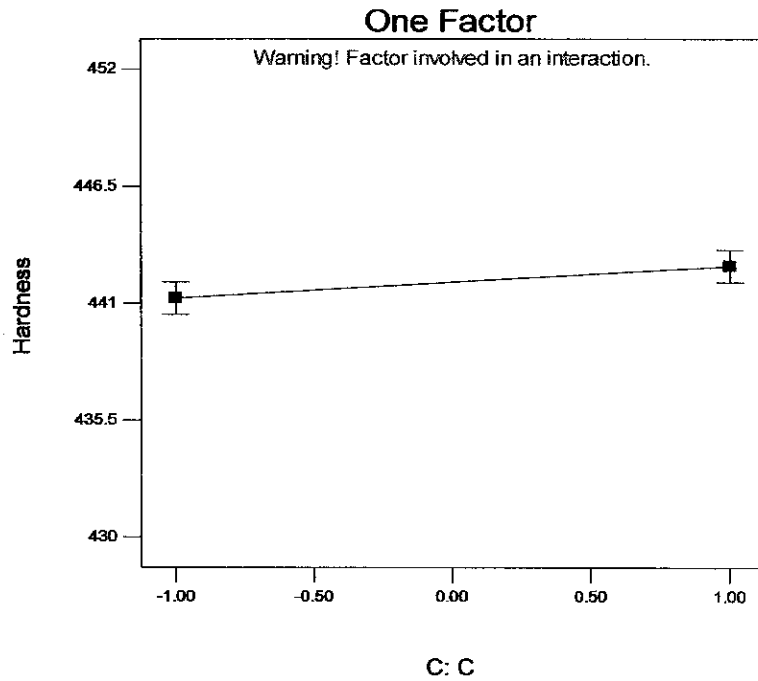
Hardness

X1 = C: C

Actual Factors

A: A = 0.00

B: B = 0.00



ภาพที่ 8 Main Effect Plot แสดงผลของปริมาณเพลสอาร์ที่มีต่อความแข็งของกระเบื้อง

Design-Expert® Software

Hardness

■ B- -1.000

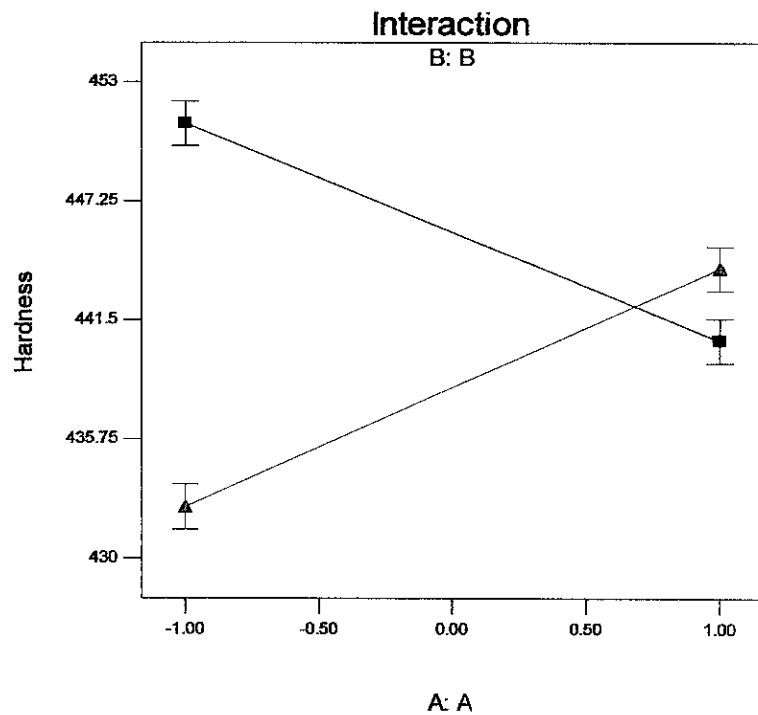
▲ B+ 1.000

X1 = A: A

X2 = B: B

Actual Factor

C: C = 0.00



ภาพที่ 9 Two Factor Interaction Plot แสดงผลของบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ที่มีต่อความแข็ง

จากกราฟของ Two Factor Interaction ระหว่างบอลเคลย์ (A) และดินขาว (B) ในภาพที่ 9 จะพบว่าเมื่อค่าของบอลเคลย์ต่ำในขณะที่ค่าดินขาวสูงจะส่งผลทำให้กระเบื้องมีค่าความแข็งที่ต่ำ ในขณะที่ถ้าค่าของบอลเคลย์และดินขาวสูงจะเพิ่มค่าความแข็งนั้นเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ในกรณีกลับกันเมื่อทั้งค่าของเปอร์เซ็นต์บอลเคลย์และดินขาวต่ำจะทำให้ค่าความแข็งของกระเบื้องมีสูง และผลจะออกมากลับกัน (ค่าความแข็งลดลง) เมื่อปริมาณบอลเคลย์ลดลง ในขณะที่กราฟของ two factor interaction ระหว่างดินขาว (B) และเฟลสปาร์ (C) ในภาพที่ 10 จะพบว่าเมื่อค่าของดินขาวต่ำในขณะที่ค่าเฟลสปาร์สูงจะส่งผลทำให้กระเบื้องมีค่าความแข็งที่สูง ในขณะที่ถ้าค่าของดินขาว และเฟลสปาร์สูงจะเพิ่มค่าความแข็งนั้นลดลงเป็นอย่างมาก ในกรณีกลับกันเมื่อทั้งค่าของเปอร์เซ็นต์ดินขาวและเฟลสปาร์ต่ำจะทำให้ค่าความแข็งของสูง และผลจะออกมากลับกัน (ค่าความแข็งลดลง) เมื่อปริมาณดินขาวลดลง

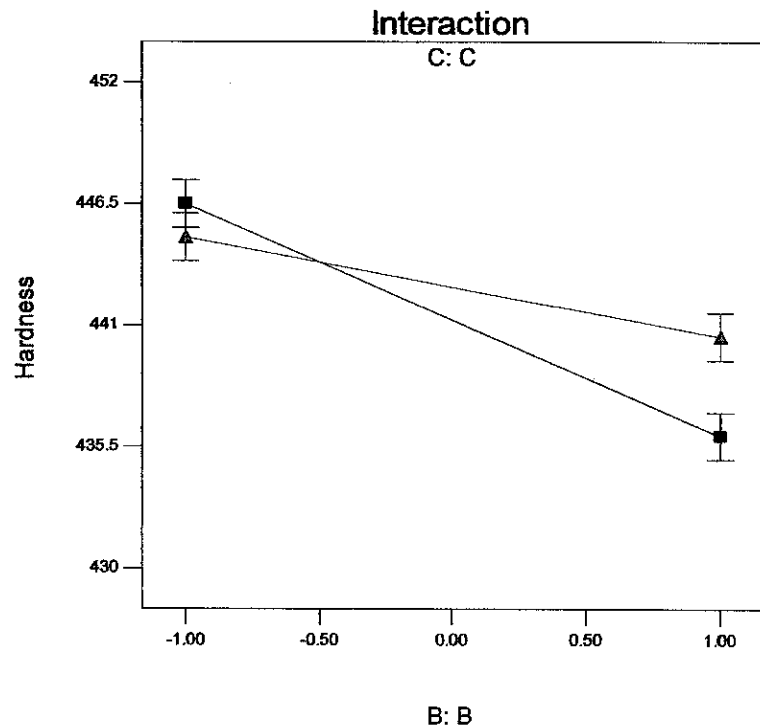
Design-Expert® Software

Hardness

■ C- -1.000  
▲ C+ 1.000

X1 = B: B  
X2 = C: C

Actual Factor  
A: A = 0.00



ภาพที่ 10 Two Factor Interaction Plot แสดงผลของดินขาว (B) และเฟลสปาร์ (C) ที่มีต่อความแข็ง

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาดินสามโลก จ. ปทุมธานี เพื่อศึกษาผลขององค์ประกอบของแร่ต่างๆ ที่มีอยู่ในดินจะสามารถสรุปได้ว่า

1. ปริมาณขององค์ประกอบสามอย่างนั้นคือ ดินขาว ดินบอลเคลย์ และเฟลสปาร์นั้นจะมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณลักษณะที่สำคัญของกระเบื้องที่ผลิตมาจากดินสาม โลกอันได้แก่ เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำและความแข็ง
2. ผลขององค์ประกอบเหล่านี้อาจอยู่ได้ทั้งในรูปของ Main Effect และ Interaction ซึ่งเป็นไปได้ทั้ง Interaction ของทั้งสองและสามองค์ประกอบ
3. มีเพียงค่าของตัวประกอบ C (เฟลสปาร์) เดี่ยวๆ เพียงค่าเดียว และ Two Factor Interaction AB, BC, AC และ Three Factor Interaction ระหว่าง ABC ที่มีผลต่อค่าของเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (A: บอลเคลย์ , B: ดินขาว, C: เฟลสปาร์ )
4. ค่าของปริมาณบอลเคลย์ (A) ดินขาว (B) เฟลสปาร์ (C) และ Two Factor Interaction AB, BC จะส่งผลกระทบต่อค่าของความแข็งของกระเบื้อง

#### ข้อเสนอแนะจากการทดลอง

จากการทดลองสิ่งที่สามารถทำเพิ่มเติมได้ก็คือรูปแบบของกระเบื้องที่ถูกผลิตขึ้นซึ่งอาจศึกษาการนำเอาดินไปใช้ในการผลิตกระเบื้องแบบอื่นๆ ซึ่งยังรวมไปถึงการนำดินไปผลิตอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้อื่นๆ นอกจากนี้คุณลักษณะที่สำคัญอื่นๆซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ก็ ได้แก่ สีของกระเบื้อง ความเปราะ การทนไฟ

### เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2526. คุณลักษณะของดินบอลลเคลย์บางแหล่งในประเทศไทยกรุงเทพมหานคร.

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพมหานคร.

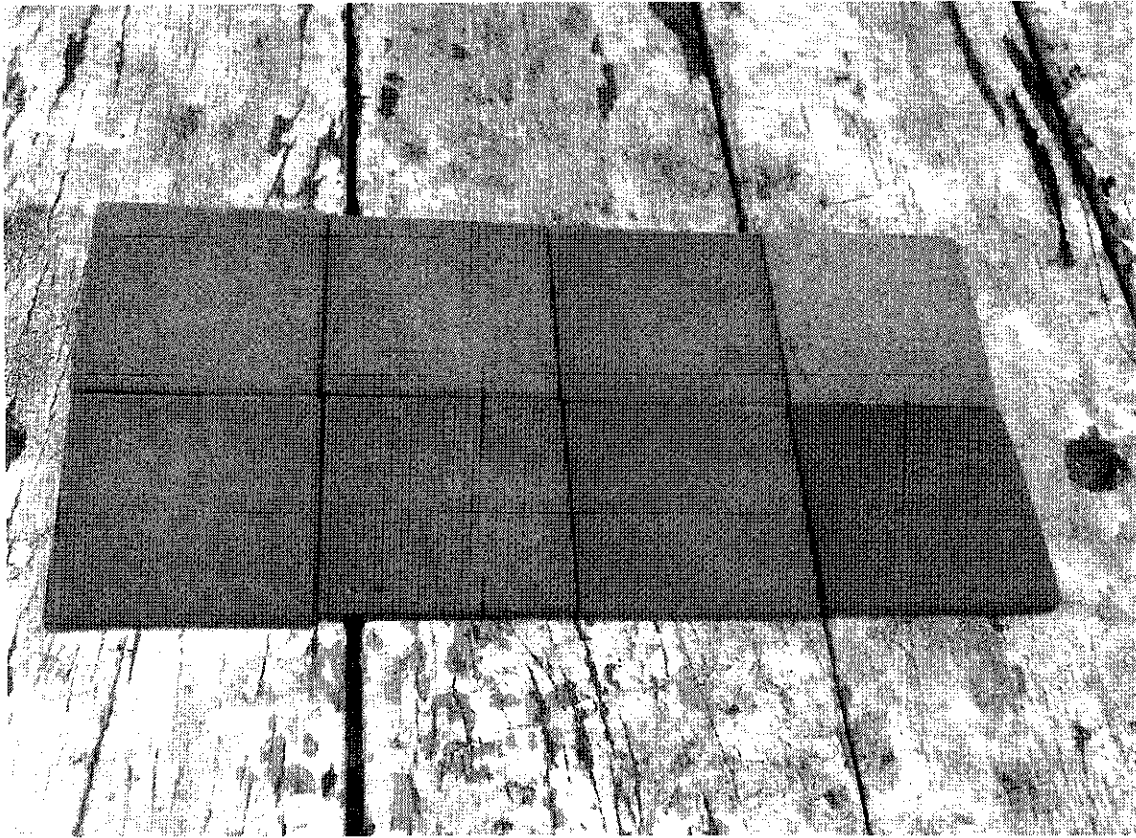
ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2514. เซรามิก. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

อุบลศรี ชัยนาม และเยาวลักษณ์ นิสสภ. 2530. คุณลักษณะแร่ตามมาตรฐานการใช้งานและมาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่, กรุงเทพมหานคร.

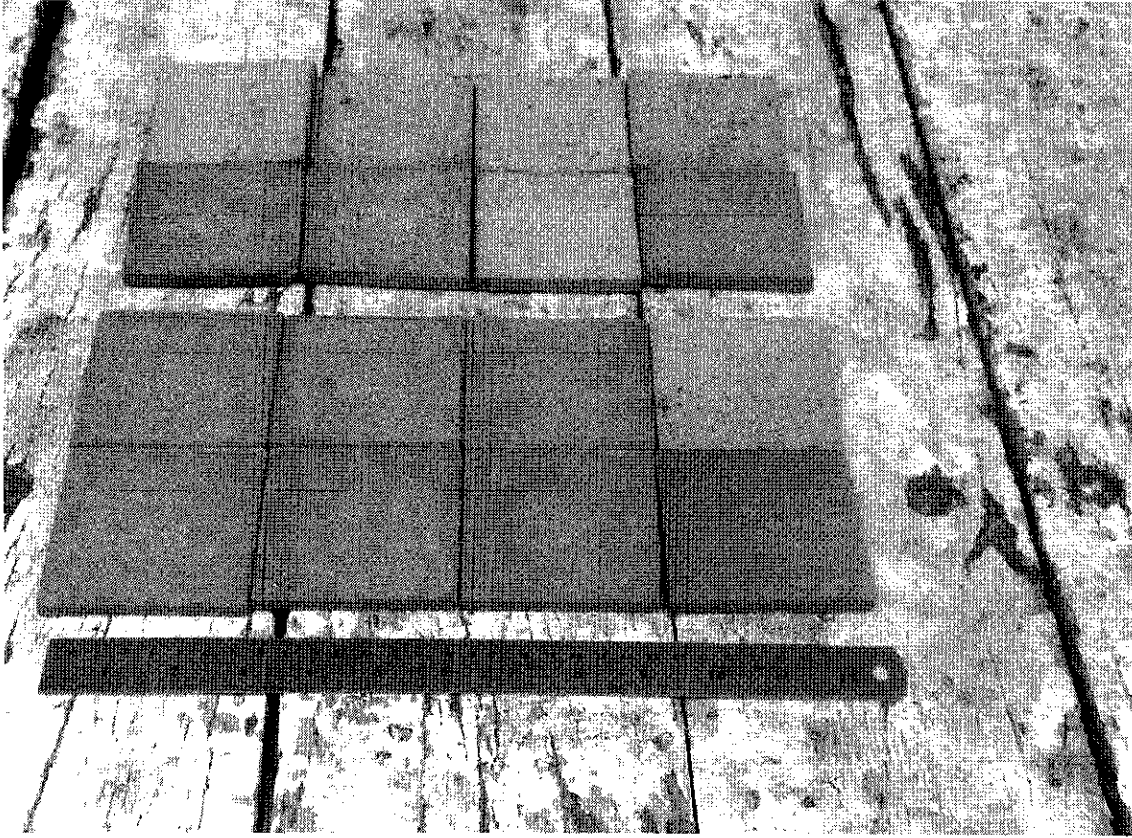
Ries, Heinrich. 1927. Clays. London : John Wiley & Sons.

Warall, W.E.. 1964. Raw materials. London : Maclaren and Son.

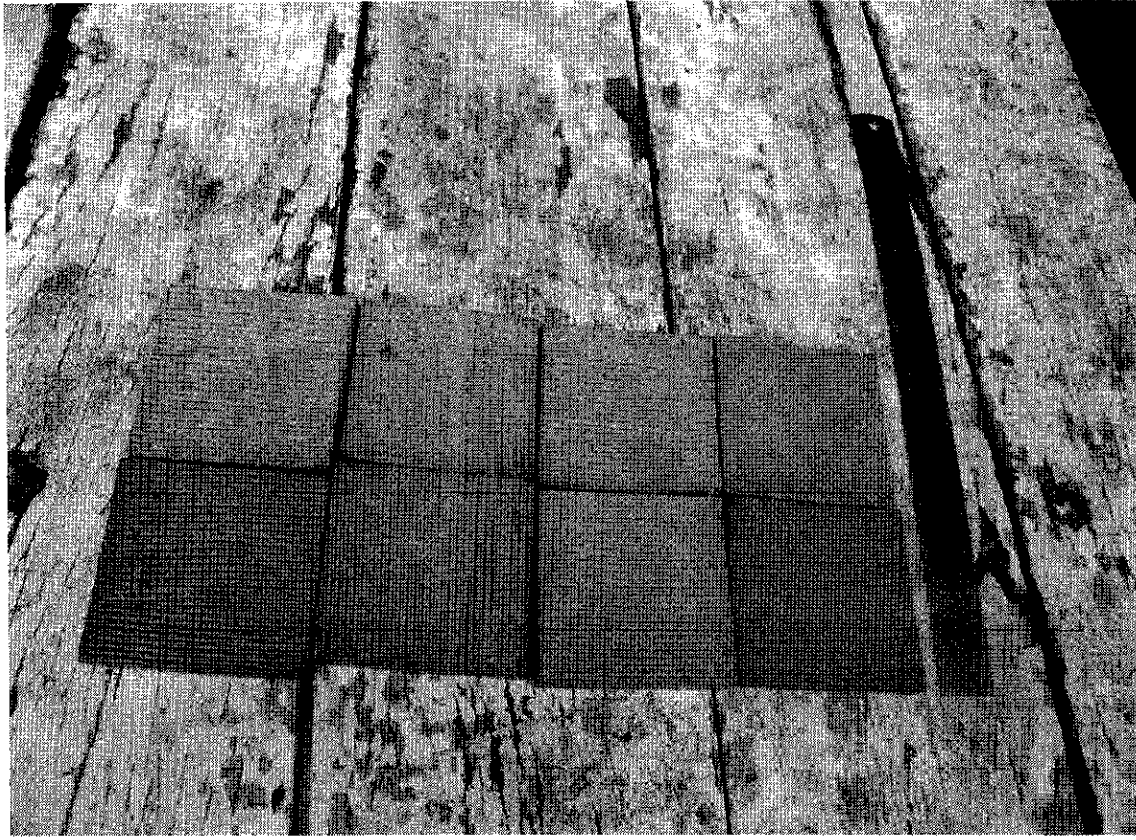
**ภาคผนวก**



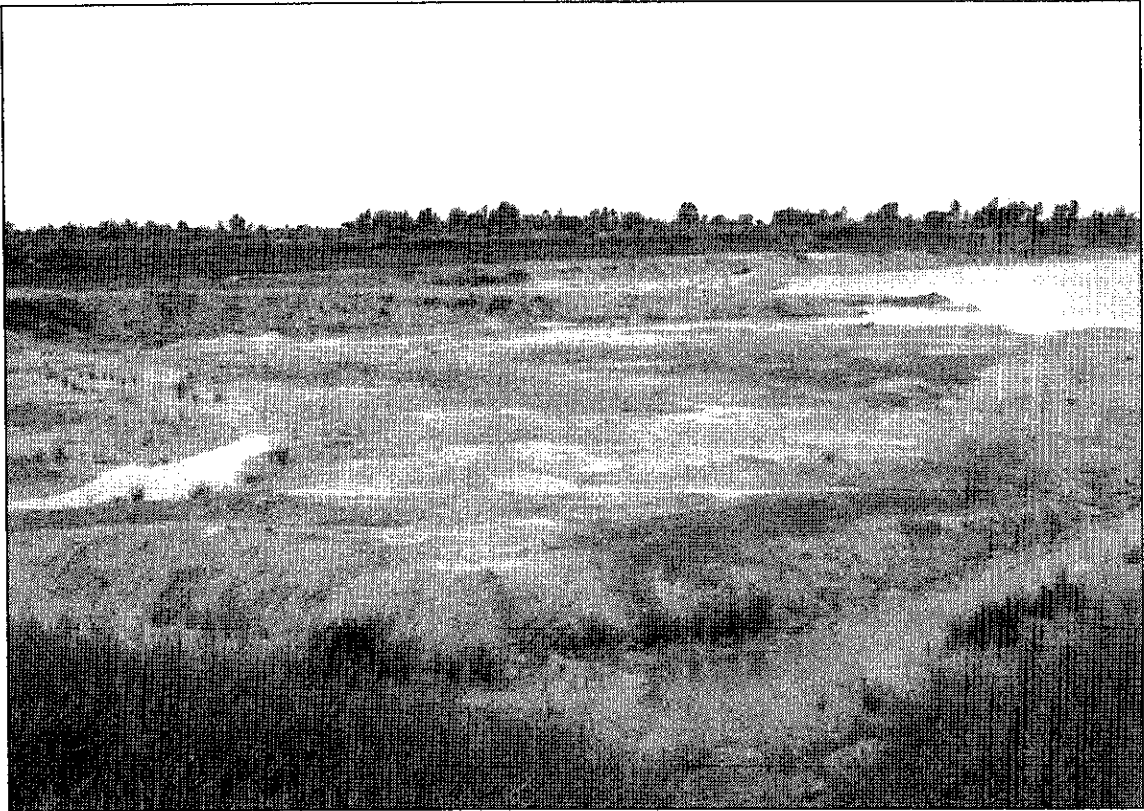
**ภาพผนวกที่ 1** ด้านหน้าของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง



ภาพผนวกที่ 2 ด้านหน้าและหลังของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง



ภาพผนวกที่ 3 ด้านหลังของกระเบื้องที่ได้จากการทดลอง



ภาพผนวกที่ 4 แสดงแหล่งดินสาม โศกที่นำมาใช้ในการทำกระเบื้องทดสอบ



ภาพผนวกที่ 5 แสดงการเปิดหน้าดิน โดยขุดดินให้ลึกลงไปอย่างน้อย 50 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 6 แสดงการขุดดินสาม โศก จากแหล่งดิน