

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 1 การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา ในระบบอุตสาหกรรม

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | |
|------------------------------|---|
| 1. นายสุทธิชัย ทิพย์ประสาน | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| 2. ดร. วรุณี ธีรมงคล | |
| 3. นายพะเวียง จงมีสุข | ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทองประเสริฐ-
ศิลป์ชัยเซรามิก |
| 4. นายธีระชัย รัตนโรจน์มงคล | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| 5. นางสาวนงลักษณ์ บรรยงวิจัย | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| 6. นายสุพะไชย์ จินดาอุตกุล | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| 7. นายธนสรณ์ โสคติโสภา | กรมวิทยาศาสตร์บริการ |
| 8. นางสาวนิทรนันท์ ตาตะนันท์ | สมาคมเซรามิกสไทย |
| 9. นางสาวอัญชลี จงมีสุข | ห้างหุ้นส่วนจำกัด ทองประเสริฐ-
ศิลป์ชัยเซรามิก |

ชุดโครงการอุตสาหกรรมขนาดย่อม

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยโครงการพัฒนาคุณภาพเชรามิกน้ำหนักเบา เพื่อใช้ในการตกแต่งและการปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ และเจ้าหน้าที่ของ สกว. ทุกท่านที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนผลงานวิจัยประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเชรามิก ที่กรุณานุญาตให้ใช้บุคลากรและเครื่องมืออุปกรณ์ในการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณข้าราชการและลูกจ้างประจำศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเชรามิกที่ร่วมทำงานตลอดกระบวนการผลิตอย่างดียิ่ง และอำนวยความสะดวกในการทำงานทุกประการ ทำให้นักวิจัยสามารถแก้ไขปัญหาและอุปสรรคในการทำงานได้อย่างรวดเร็ว จนงานเสร็จตามแผนงานที่วางไว้

ขอขอบคุณผู้อำนวยการและข้าราชการสำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ที่จัดหาข้อมูลสิทธิบัตรและร่วมมือเขียนเอกสารอ้างอิง

ขอขอบคุณบริษัท วรวิทย์กรุ๊ป จำกัด ที่นำกระถางเชรามิกน้ำหนักเบาและเม็ดเชรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมไปทดลองใช้ ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับเพิ่มเติม

ขอขอบคุณนายชิตโชค ถิรมงคล ในการจัดพิมพ์รายงานทุกฉบับได้ถูกต้องและสวยงาม

และขอขอบคุณนายสมมาตร จรัสปรัชญา ที่ช่วยจัดทำรูปเล่มรายงานให้เสร็จสมบูรณ์

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาเนื้อดินสำหรับใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก น้ำหนักเบา ดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว ดินกำแพงเพชร + ขี้เลื่อย ดินอ่างทอง + ฟางข้าว ดินอ่างทอง + ขี้เลื่อย ในอัตราส่วน เนื้อดิน : ฟางข้าว / ขี้เลื่อย = 89 : 11 ซึ่งเนื้อดินดังกล่าวสามารถผลิตกระถาง เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว สำหรับนำไปปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับที่ต้องการการการถ่ายเทอากาศ (aeration) ดี นอกจากนี้ยังนำไปผลิตกระถางเซรามิกเคลือบสีดำ สีน้ำเงินเข้ม ฟ้า ครีม เขียว เหลือง แดง ชมพู และสีน้ำเงินจุดดำ สีเขียวจุดดำ สีเหลืองจุดดำ สีแดงจุดดำ สีชมพูจุดดำ และสีส้มจุดดำ ฯลฯ ขนาด > 4 นิ้ว > 6 นิ้ว > 8 นิ้ว เพื่อสวมกระถางเซรามิก น้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบ ใช้สำหรับประดับตกแต่งห้องและอาคาร ส่วนผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา ชนิดเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมนั้นสามารถทดลองผลิตได้ขนาดระหว่าง 0.5 - 1.5 เซนติเมตร

ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาและแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจ ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมาจากเนื้อดินที่กล่าวมาข้างต้น

การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาดังกล่าวสามารถผลิตได้ทั้งในระดับ Pilot Plant และระดับโรงงาน

ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาตามที่กล่าวมาข้างต้นน่าจะผลิตขายได้เชิงพาณิชย์ เนื่องจากใช้วัตถุดิบทั้งหมดในประเทศ ยกเว้นสีเซรามิก ทำให้ต้นทุนต่ำ คาดการณ์ว่าควรจะทำกำไรให้ผู้ผลิตในระบบอุตสาหกรรมได้มากกว่าร้อยละ 50

Abstract

This research is successfully done on the development of light weight ceramic body. The light weight ceramic body is composed of Kampangpetch clay + hay, Kampangpetch clay + sawdust, Angthong clay + hay and Angthong clay + sawdust. The most appropriate proportion of clay : hay / sawdust is 89 : 11.

Non - glazed and glazed light weight ceramic pots are produced ranging from 4 inches, 6 inches to 8 inches in diameter. The colors of the glazed light weight ceramic pots are beautiful and various such as black, blue, green, yellow, red, pink and orange.

Light weight ceramic pellets ranging from 0.5 - 1.5 centimeter in diameter are also produced.

In addition, the cylindrical light weight ceramic tubes and heart shape light weight ceramic plates are designed in order to use for the cultivation of orchids.

The above mentioned light weight ceramic products should be commercialized in the future, as they are produced from the raw materials in Thailand.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก.
สารบัญตาราง	ค.
สารบัญรูป	ง.
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตและขั้นตอนของการวิจัย	4
1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 การดำเนินการศึกษาวิจัย	
2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวและขี้เถ้าที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	11
2.2 ศึกษาสมบัติของดินก้ำแพงเพชรและดินอ่างทอง	12
2.3 การเตรียมเนื้อดินก้ำแพงเพชรและเนื้อดินอ่างทอง	18
2.4 การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบ Pilot Plant	26
2.5 การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบอุตสาหกรรม	58
บทที่ 3 ต้นทุนการผลิตและสรุปผลการศึกษาวิจัย	
3.1 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา	64
3.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย	76
3.3 ข้อเสนอแนะ	78

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	มูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มเซรามิก	1
2	แสดงต้นทุนการผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาต่อใบ	8
3	แสดงต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม	8
4	แสดงต้นทุนการผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว	9
5	แสดงผลการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ของฟางข้าวและขี้เถ้า	11
6	แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของดิน ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer	12
7	แสดงผลของการ Loss on Ignition ของดิน	14
8	แสดงค่า Brightness และ Lightness ของดิน	14
9	แสดงผลการวิเคราะห์ความหยาบละเอียดของเม็ดดิน ของดินกำแพงเพชร และดินอ่างทอง	16
10	แสดงปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และเล็กกว่า 2 ไมครอน	16
11	แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดิน กำแพงเพชรผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ	21
12	แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินกำแพงเพชรผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ	21
13	แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินอ่างทองผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ	22
14	แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินอ่างทองผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ	22
15	แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และค่า Modulus of rupture ของเนื้อดินกำแพงเพชร หรือดินอ่างทองร้อยละ 89 ผสมฟางข้าวหรือขี้เถ้า ร้อยละ 11	25
16	แสดงจำนวนกระถางเคลือบที่ทดลองผลิต	36
17	แสดงสูตรเคลือบสีดำ สี น้ำเงิน ฟ้าย ครีม เขียว และเหลือง ของเนื้อดินกำแพงเพชร	37

ตารางที่		หน้า
18	แสดงสูตรเคลือบสีดำ น้ำเงิน ฟ้า ครีม เขียว และเหลือง ของเนื้อดินอ่างทอง	38
19	แสดงต้นทุนกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาต่อใบ	64
20	แสดงราคาขายผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบา	65
21	แสดงต้นทุนวัตถุดิบของกระถางแต่ละใบ	67
22	แสดงต้นทุนเชื้อเพลิงของกระถางแต่ละใบ	68
23	แสดงต้นทุนน้ำเคลือบสำหรับเนื้อดิน กฟ. และ กข. อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส	69
24	แสดงต้นทุนน้ำเคลือบสำหรับเนื้อดิน อฟ. และ อข. อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส	70
25	แสดงต้นทุนน้ำเคลือบ สีดำ น้ำเงิน ฟ้า ครีม เขียว เหลือง ที่ใช้กับกระถางเคลือบ 4 นิ้ว กระถางเคลือบ 6 นิ้ว และกระถางเคลือบ 8 นิ้ว เนื้อดิน กฟ. และ กข.	71
26	แสดงต้นทุนน้ำเคลือบ สีดำ น้ำเงิน ฟ้า ครีม เขียว เหลือง เขียวขี้ม้า ที่ใช้กับกระถางเคลือบ 4 นิ้ว กระถางเคลือบ 6 นิ้ว และกระถางเคลือบ 8 นิ้ว เนื้อดิน อฟ. และ อข.	72
27	แสดงต้นทุนผลิตภัณฑ์ของกระถางแต่ละใบ	73
28	แสดงต้นทุนดินกำแพงเพชร ดินอ่างทอง ฟางข้าว และขี้เถ้า	74
29	แสดงต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม	74
30	แสดงต้นทุนดินกำแพงเพชร ดินอ่างทอง ฟางข้าว และขี้เถ้า	75
31	แสดงต้นทุนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว	75

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 ดินกัมแพงเพชร ประกอบด้วย Quartz, Kaolinite และMuscovite	13
2 ดินอ่างทอง ประกอบด้วย Quartz, Illite, Kaolinite และMuscovite	13
3 Three-dimensional representation of Hunter L, a, b coordinates the colors of surfaces (Hunter,R.S. Tappi, 45 (9) 203A-209A (1962)	15
4 แหล่งดินกัมแพงเพชร (สีขาว) หน้าดินจะปกคลุมด้วยดินลูกรัง (สีแดง) ซึ่งชาวบ้านจะตักดินลูกรังไปขายสำหรับถมถนน	17
5 เมื่อขุดลงไปจะได้ดินกัมแพงเพชรสีขาวอมชมพู เนื่องจากยังมีสีแดงของเหล็กปนอยู่ ถ้าขุดลึกลงไปมากกว่านี้เข้าใจว่าจะได้ดินที่มีสีขาวเพิ่มขึ้น และปริมาณแร่เหล็กลดลง	17
6 ดินกัมแพงเพชรซึ่งผ่านการบดในหม้อบดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช	18
7 หลังจากนั้นนำมาเกรอะในอ่างปูนพลาสติก เพื่อเตรียมอบแห้ง	19
8 ดินอ่างทองที่กองไว้ในโรงงานดาวคู่อู่อ่างทอง จังหวัดอ่างทอง	19
9 การบดดินอ่างทองให้ละเอียดเพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์	20
10 แสดงดินกัมแพงเพชรผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆที่นำมาทำขึ้นทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส	20
11 เปรียบเทียบ Total shrinkage ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้	23
12 เปรียบเทียบ Water absorption ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้	23
13 เปรียบเทียบค่า Modulus of rupture ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้	23
14 การหั่นฟางข้าวให้มีขนาดเล็ก ก่อนจะนำไปบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง	26
15 ตากขี้เถ้าให้แห้งนอกอาคาร	27
16 ชั่งดินอ่างทอง	27
17 ชั่งขี้เถ้าที่บดละเอียด	28
18 ขี้เถ้าบดละเอียด (ซ้ายมือ) และดินอ่างทอง (ขวามือ) ที่ชั่งตามอัตราส่วนดิน : ขี้เถ้า = 89 : 11	28
19 ผสมขี้เถ้ากับดินอ่างทองด้วยกัน	29

รูปที่	หน้า
20	เทน้ำสะอาดใส่ในส่วนผสมของจีเลี่ยและดินอ่างทองคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน
21	เนื้อดินอ่างทอง + จีเลี่ยที่ผสมเข้ากันดีแล้ว
22	นำมารีดให้เนื้อดินเข้ากันดีขึ้น ด้วยเครื่องรีดดิน (Extruder) 5 ครั้ง
23	เนื้อดินในอ่างที่ผ่านการรีดแล้ว
24	นำม้วนเป็นก้อนกลมให้พอเหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่องจิกเกอร์ (Jigger)
25	โมลด์ (Mold) ปูนปลาสเตอร์ที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางขนาด 6 นิ้ว
26	การขึ้นรูปกระถางขนาด 6 นิ้ว ด้วยเครื่องจิกเกอร์ไฟฟ้า
27	ปาดขอบกระถางให้เรียบ
28	กระถางดินอ่างทอง + จีเลี่ยในโมลด์ปูนปลาสเตอร์ ทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง จึงนำเอากระถางออกจากโมลด์ได้
29	กระถางดินอ่างทอง + จีเลี่ยผึ่งลมให้แห้งก่อนนำไปเผา
30	เรียงกระถางดินอ่างทอง + จีเลี่ยในเตาแก๊สแล้วเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส
31	เมล็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมก่อนเผา
32	เมล็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมหลังเผา
33	ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ชนิดมีขอบและไม่มีขอบเคลือบด้วยสีเซรามิกหลายสี สำหรับสวมกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 4 นิ้ว ไม่เคลือบ
34	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชรมีขอบ เคลือบสีดำ
35	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีน้ำเงินเข้ม
36	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีฟ้า
37	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีครีม
38	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเขียว
39	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเหลือง
40	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีฟ้าจุดดำ
41	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเขียวจุดดำ

รูปที่		หน้า
42	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเหลืองจุดดำ	45
43	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร ไม่มีขอบเคลือบด้วยสีส้มจุดดำ, สีฟ้าจุดดำ, สีเขียวจุดดำ (แถวหน้า), สีเหลืองจุดดำ, สีชมพูจุดดำ และสีน้ำเงินจุดดำ (แถวหลัง)	46
44	ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีน้ำเงินจุดดำสีเหลืองจุดดำ และสีเขียวจุดดำ (แถวหน้า) สีเขียวจุดดำ, สีชมพูจุดดำ และสีส้มจุดดำ (แถวหลัง)	46
45	แสดงกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีต่าง ๆ ขนาด 6 นิ้ว (ด้านหน้า) และ 8 นิ้ว (ด้านหลัง) สำหรับสวมกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ขนาด 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ไม่เคลือบ	47
46	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีดำ	47
47	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว เคลือบสีฟ้า ขนาด 6 นิ้ว	48
48	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เถ้า เคลือบสีเหลืองอ่อน	48
49	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เถ้า ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเขียว	49
50	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เถ้า ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเขียวขี้ม้า	49
51	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีน้ำเงินจุดดำ	50
52	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเขียวจุดดำ	50
53	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเหลืองจุดดำ	51
54	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีส้มจุดดำ	51
55	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีแดงจุดดำ	52
56	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีดำ	52
57	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เถ้า ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีฟ้า	53

รูปที่	หน้า
58	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว ขนาด 8 นิ้ว เคลือบใส 53
59	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + จี๊เลื้อยขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีน้ำเงิน จุดดำ พร้อมจานรอง 54
60	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบากำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีเหลือง จุดดำ พร้อมจานรอง 54
61	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบากำแพงเพชร + จี๊เลื้อย ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีส้มจุดดำ พร้อมจานรอง 55
62	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีแดง จุดดำ พร้อมจานรอง 55
63	ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าวก่อนเผา 56
64	ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + จี๊เลื้อยก่อนเผา 56
65	ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าวก่อนเผา 57
66	ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าวหลังเผา 57
67	ก้อนดินเตรียมสำหรับขึ้นรูปกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ขนาด 6 นิ้ว ด้วย roller machine 58
68	กำลังขึ้นรูปกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาด้วย Roller machine 58
69	ภาพถ่ายใกล้ของกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาใน โหมด 59
70	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาสีแดงขนาด 6 นิ้ว หลังผ่านการเผา ส่วนสีขาวมีขนาด 4 นิ้ว ขวามือสุดคือ เจ้าของโรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัย ชีรามิค คุณพะเวียง จงมีสุข 59
71	เครื่องรีดดินใน โรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัย ชีรามิค และคนงานที่ใช้เครื่องนี้ 60
72	ส่วนหัวของเครื่องรีดดินที่มีรังผึ้ง stainless ปิด ขนาดของรูกำหนดตามขนาด ของเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบา 60
73	เมื่อเครื่องมือรีดดิน รีดดินออกมาได้ขนาดตามที่ต้องการ ก็ตัดให้ขาดออกมา เป็นเม็ด 61
74	ถ้าไม่ตัดให้ก้อนดินขาด เครื่องรีดดินจะรีดออกมายาว 61
75	ภายใน 2-3 นาที สามารถผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาได้เต็มตะกร้า 62
76	แสดงการขึ้นรูปแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจ ในระบบอุตสาหกรรม 62

รูปที่		หน้า
77	แผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจที่ขึ้นรูปแล้ว แต่ต้องนำไปตัดขอบให้เรียบร้อย	63
78	กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 4 นิ้ว ปลุกต้นอาฟริกกันไวโอเล็ต เป็นเวลานานกว่า 3 เดือน โดยกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีดำสวมอยู่ด้านนอก เติมน้ำในช่องว่างระหว่างกระถางทั้งสอง อาทิตย์ละ 1 ครั้ง	76
79	การปลุกต้นอาฟริกกันไวโอเล็ตในกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา 2 ใบนี้ สามารถวางบนโต๊ะในห้องทำงานได้ เป็นการประดับโต๊ะให้สวยงาม น้ำไม่รั่วซึมออกมาที่โต๊ะ	77

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของเรื่อง

หลังจากเกิดปัญหาวิกฤตเศรษฐกิจขึ้นในประเทศไทยเมื่อ 5 ปีก่อน ทำให้โรงงานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเซรามิกต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการเงิน และการขายสินค้าภายในประเทศ สินค้าเซรามิกของชำร่วย เช่น เบญจรงค์ เครื่องลายคราม ตุ๊กตา และเครื่องประดับตกแต่ง เป็นต้น รวมทั้งสินค้าในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้แก่ ลูกกรงเซรามิก กระเบื้อง และเครื่องสุขภัณฑ์ ฯลฯ ขายไม่ได้ดีเช่นเดิม ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกต้องปิดโรงงานลงถึงประมาณร้อยละ 40 และบางโรงต้องลดกำลังการผลิต และบางโรงได้ถูกควบรวมกิจการ เช่น โรงงานผลิตกระเบื้องโสสุโก้ ได้ถูกโรงงานคอตโคซึ่งอยู่ในเครือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ซื้อกิจการเพื่อลดคู่แข่งในทางการค้า อย่างไรก็ตามโรงงานที่มีพื้นฐานดีและมีการผลิตเพื่อการส่งออกก็ยังสามารถยืนหยัดอยู่ได้ รวมทั้งมีกำไรเพิ่มขึ้นจากอัตราค่าเงินบาทที่ลดลง ถึงแม้เศรษฐกิจของญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ลูกค้านรายใหญ่ของเราจะถดถอยก็ตาม

ตารางที่ 1 มูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มเซรามิก

ประเภท		มูลค่า (ล้านบาท)				
		2542	2543	2544	2544 (มก.-พย.)	2545 (มก.-พย.)
1	กระเบื้องปูพื้นปิดผนังและโมเสก	1,802.10	2,077.20	2,339.30	2,120.60	2,211.40
2	เครื่องสุขภัณฑ์	2,896.70	3,446.40	3,647.20	3,341.10	2,404.10
3	ลูกถ้วยไฟฟ้า	352.8	639.4	491.8	464.7	387.4
4	ของชำร่วยและเครื่องประดับ	1,325.50	1,616.10	1,274.40	1,177.80	1,131.40
5	ถ้วยชามทำด้วยเซรามิก	5,057.50	6,059.50	6,445.90	5,893.10	6,550.60
6	ผลิตภัณฑ์เซรามิกอื่น ๆ	2,105.40	5,976.20	6,359.60	5,961.00	5,050.70
รวม		13,540.00	19,814.80	20,558.20	18,958.30	17,735.60

ที่มา : สำนักบริหารสารสนเทศการพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

หมายเหตุ : 2545 (มก.-พย.) เป็นตัวเลขเบื้องต้น

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่ามูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มเซรามิก ซึ่งมีรายการใหญ่ 5 รายการ คือ กระเบื้องปูพื้นปิดผนังและโมเสก เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า ของชำร่วยและเครื่องประดับ ถ้วยชามทำด้วยเซรามิก เพิ่มขึ้นทุกปี แต่การส่งออกใน พ.ศ. 2545 เมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2544 ลดลงในรายการของลูกถ้วยไฟฟ้าและของชำร่วยและเครื่องประดับ ถึงแม้จะเป็นเงินที่ไม่มากนัก แต่ก็เครื่องสังเกตได้ว่า ผู้ผลิตสินค้าเซรามิกในประเทศไทยจะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบและประเภทเพิ่มมากขึ้น

การที่ประเทศจีนสามารถเข้าเป็นสมาชิกของ WTO ทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยต้องทำการบ้านอย่างหนักในการที่จะต้องแข่งขันกับจีนในการส่งสินค้าขายประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และ ยุโรป ขณะนี้โรงงานของเรามากจะเป็นผู้รับคำสั่งซื้อจากนายหน้า จากประเทศที่กล่าวมาข้างต้น โดยบริษัทยานายหน้าจะออกรูปแบบเอง แล้วทดลองผลิตเมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่พอใจก็นำไปเสนอขายกับผู้นำเข้าในประเทศต่างๆ เมื่อได้คำสั่งซื้อจึงมาหาผู้ที่จะทำการผลิตให้ในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ ไทย จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย ฯลฯ โรงงานใดผลิตได้คุณภาพและราคาถูกก็จะได้รับคำสั่งให้ผลิตขาย ขณะนี้ประเทศไทยมีเทคโนโลยีในการผลิตสินค้าคุณภาพ ถึงแม้จะมีราคาแพงกว่าประเทศจีนบ้าง บริษัทยานายหน้าเหล่านี้ยังคงให้โรงงานในประเทศไทยเป็นผู้ผลิต แต่ถ้าจีนพัฒนาวิธีการผลิตให้เท่าเทียมกับเราในราคาที่ถูกลง เนื่องจากค่าแรงถูกกว่า และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก บริษัทยานายหน้าเหล่านี้จะย้ายฐานการผลิตไปประเทศจีนทันที

ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศในระยะ 5 ปีข้างหน้า จะต้องมีความวิสัยทัศน์ในการทำงาน และปรับปรุงกลยุทธ์ในการผลิต กระบวนการผลิต เน้นดินคุณภาพสูง เช่น พอร์ซเลน โบนไชนา เป็นต้น ออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ รวมทั้งการสร้าง brand name เป็นของตนเอง ไม่เช่นนั้นแล้วการปิดโรงงานรอบที่ 2 ต้องตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ราคาไม่แพง กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก สามารถผลิตได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก รวมทั้งใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ในประเทศ น่าจะเป็นคำตอบที่ดีในการที่จะแข่งขันกับการค้าขายสินค้าเซรามิกในอนาคต

วรุณี ถิรมงคล และคณะ (2544) ได้วิจัยเนื้อดินชนิดใหม่ ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียว 10 ส่วน และผงหญาแฝกแห้ง 1 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปขึ้นรูปกระถาง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ได้กระถางหญาแฝกเผาที่มีรูพรุน น้ำหนักเบาว่ากระถางดินเผาธรรมดา เนื่องจากหญาแฝกได้สลายตัวไป และสามารถนำไปเผาเลี้ยงกล้วยไม้ที่ต้องการ aeration สูงได้ผลดีกว่าปลูกในกระถางพลาสติก นอกจากนี้ยังได้วัสดุปลูกที่มีน้ำหนักเบา มีรูพรุนสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ ใช้ทดแทนวัสดุปลูกซึ่งต้องนำเข้า

จากการศึกษาเอกสารสิทธิบัตรพบว่ามี การจดสิทธิบัตรเกี่ยวกับวัสดุเซรามิกที่มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นสารกรองน้ำกรองอากาศ Doulton & Company, Limited จดสิทธิบัตรผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีรูพรุนใช้สำหรับเป็นสารกรอง (filters) แต่ไม่ได้แจ้งว่าใช้วัตถุดิบอะไร Kimura และคณะ (พ.ศ. 2528) จดสิทธิบัตรสารกรองซึ่งผลิตจากผงอะลูมินา (Al_2O_3) กับสารยึดเหนี่ยวอินทรีย์ (organic binder) ทำให้เป็นเม็ดขนาดเล็กด้วยวิธี Spray Dry เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส นำไปผสมกับ acrylic polymer ขึ้นรูปด้วยวิธีอัด (press) แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส เพื่อให้เม็ดเชื่อมติดกัน (Sinter) จะได้เซรามิกรูพรุนสม่ำเสมอ Wisconsin Alumni Research Foundation จดสิทธิบัตร พ.ศ. 2535 การผลิตวัสดุเซรามิกจากโลหะออกไซด์สำหรับผลิตสาร Catalytic และสารดูดซับ (adsorbent) Titanium oxide membrane, Zirconium oxide membrane, Titanium membrane, และ Titanium Dioxide Pellets ฯลฯ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตที่ยุ่งยากซับซ้อน Rasto Brezny ได้จดสิทธิบัตร พ.ศ. 2537 เกี่ยวกับการผลิตลูกปัดที่มีรูพรุน (porous ceramic beads) โดยมีส่วนผสมของอะลูมินา, น้ำ, Darwan 821A และ Sodium borate หรือใช้ Aluminium titanate และ Zirconium titanate แทนอะลูมินา แล้วผสมกับ foam

ซึ่งเป็น prepolymer เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส พวก prepolymer จะหายไปทำให้ได้ porous ceramic

นอกจากนี้เซรามิกที่มีรูพรุนอาจได้จากการใช้ diatomite ซึ่งเกิดจากซากสัตว์ทะเลขนาดเล็ก (diatom) ซึ่งเป็นสารซิลิกา (SiO_2) ที่มีรูพรุนเล็ก ๆ ทั่วไปในโครงสร้าง (skeleton) คายทับถมกันนานเป็นเวลาหลายสิบล้านปี นำมาใช้เป็นสารกรองน้ำ

วิธีการผลิตอีกอย่างหนึ่งคือใช้สารเคมี เช่น กรด เติมน้ำลงไปในส่วนผสมที่มีคาร์บอนेट จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นทำให้เกิดฟองอากาศ

สำหรับการผลิตอิฐเบาน้ำใส่ขี้เลื่อย (sawdust) ลงไปแล้วเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้รูพรุนจากการสลายตัวไปของขี้เลื่อย ซึ่งอิฐเบานี้ไม่มีการเคลือบ

เนื่องจากภาคกลางและภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศจะมีการทำนาและมีโรงเลื่อย ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ฟางข้าว และ ขี้เลื่อยจะหาได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา จะใช้ฟางข้าวและขี้เลื่อยแทนหญ้าแฝกซึ่งหาได้ยากกว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิด ตามที่กล่าวมาข้างต้น

นอกจากนี้เพื่อให้ต้นทุนในการขนส่งลดลง จึงจะใช้ดินกำแพงเพชร ซึ่งมีสีขาวอมชมพู แต่เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว และดินอ่างทองซึ่งเผาแล้วจะมีสีแดง โดยที่จะใช้ดินกำแพงเพชรในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดเคลือบ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวงามและชนิดไม่เคลือบ ส่วนดินอ่างทองจะใช้ในการศึกษาวิจัยทดลองผลิตผลิตภัณฑ์กระถางสีแดงใช้ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อให้ผู้ใช้ซึ่งยังคงเคยชินอยู่กับการใช้กระถางดินเผาแดงไม่มีความรู้สึกต่อต้านในช่วงแรก

สำหรับเคลือบที่ใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบานั้นจะทดลองผลิตเคลือบสีต่างๆ ให้เหมาะสมกับรูปแบบและประโยชน์การใช้สอย ได้แก่ สีดำ, สีน้ำเงินเข้ม, สีฟ้า, สีครีม และสีเขียว ฯลฯ

ส่วนเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมที่มีรูพรุนนั้นจะทดลองผลิตขนาดต่างๆ เพื่อให้โครงการย่อยที่ 2 นำไปศึกษาทดลองปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับต่อไป พร้อมกับกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา เพื่อให้ได้ข้อมูลของการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่วิจัยได้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อให้ได้เทคโนโลยีผลิตกระถางหรือภาชนะเซรามิกน้ำหนักเบา เพื่อใช้ในปลูกไม้ดอกไม้ประดับ และการประดับตกแต่งอาคาร

1.2.2 เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการออกดอกของกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับในกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาและเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม เปรียบเทียบกับกระถางพลาสติกและกระถางดินเผาแบบธรรมดา

1.3 ขอบเขตและขั้นตอนของการวิจัย

การศึกษาวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปนี้

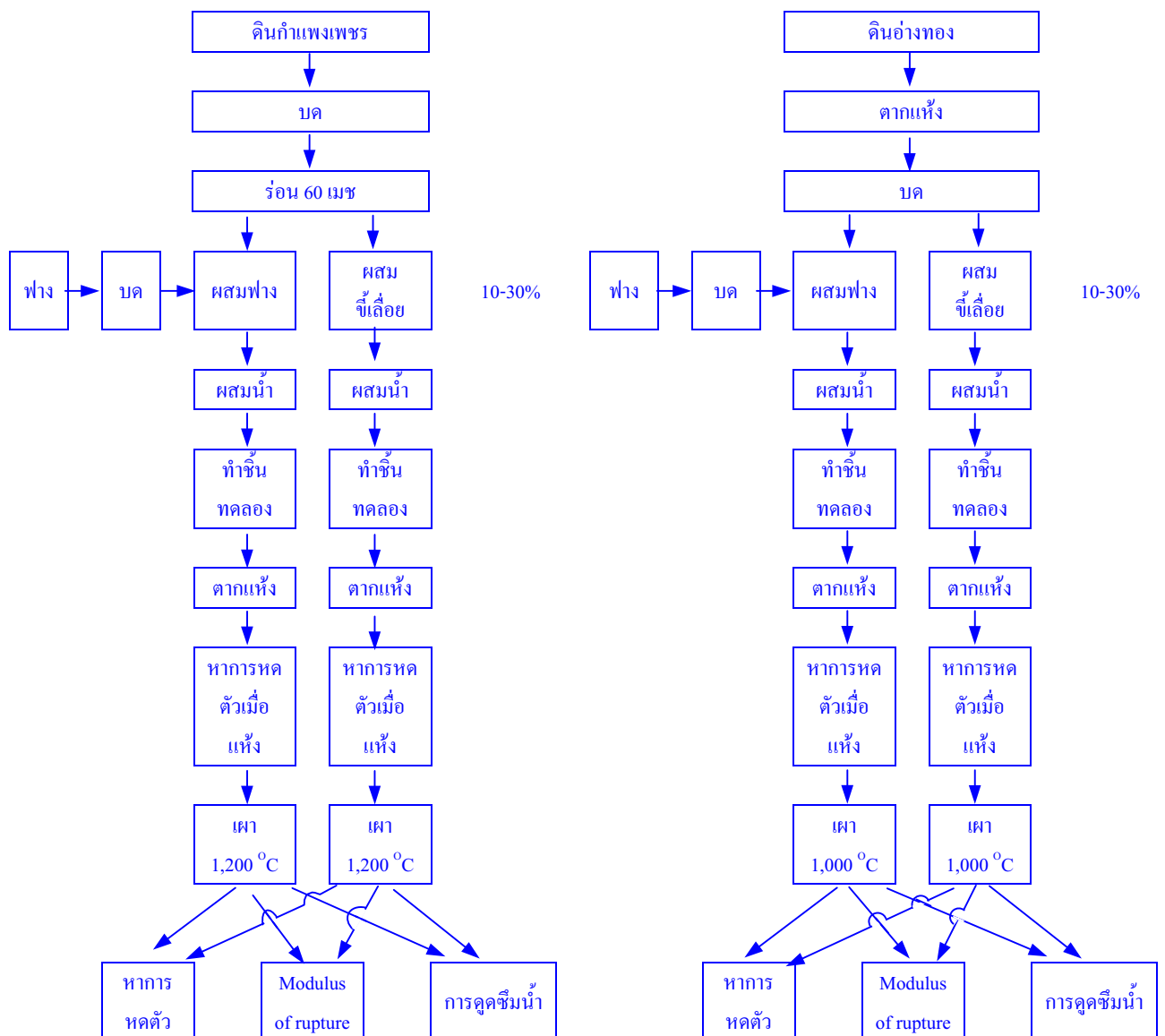
1.3.1 การวิจัยเนื้อดิน

1.3.1.1 ศึกษาวิจัยองค์ประกอบของตัวอย่างฟางข้าว และขี้เถ้า

1.3.1.2 ศึกษาองค์ประกอบของตัวอย่างดินกัมพเพชร์ และดินอ่างทองโดยใช้เครื่อง x – ray Fluorescence

1.3.1.3 ศึกษาสมบัติของดินกัมพเพชร์ และดินอ่างทอง ได้แก่ Total Shrinkage , Modulus of Rupture , Water Absorption ฯลฯ

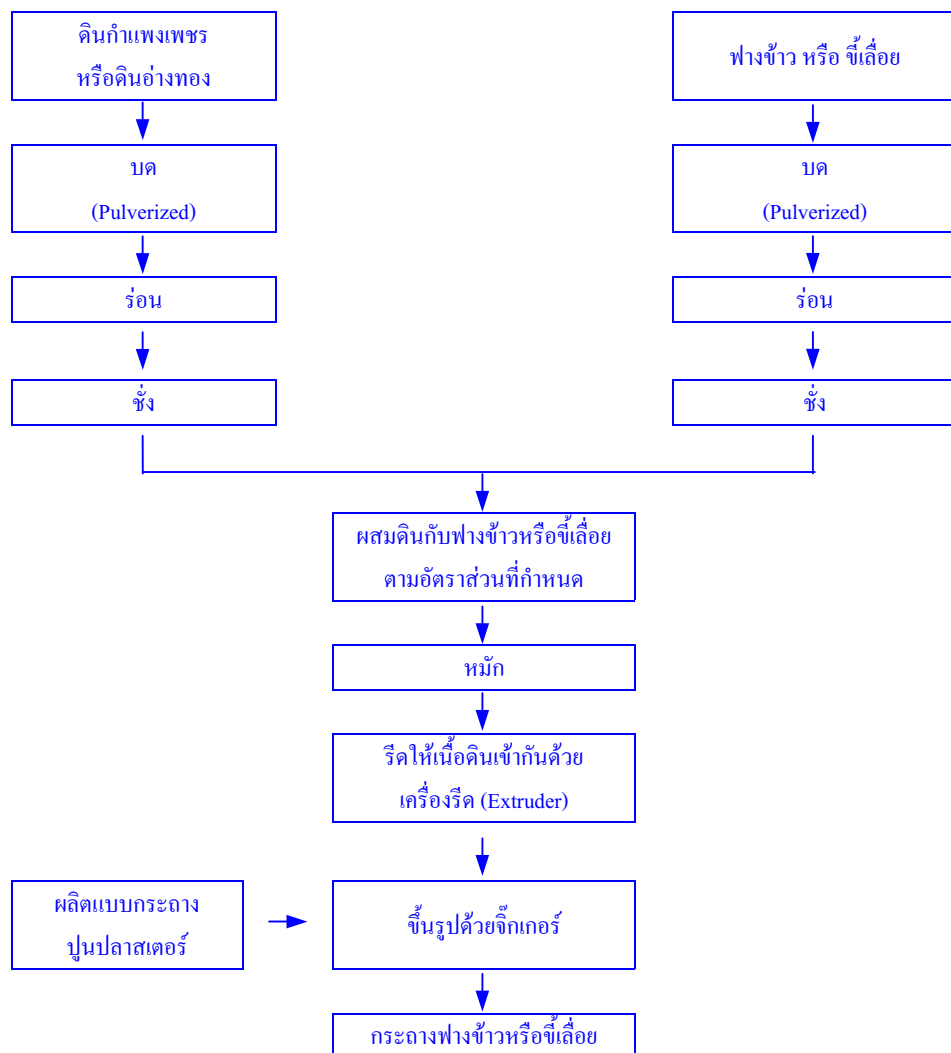
แผนภูมิที่ 1 แสดง Flow Chart การเตรียมและการทดสอบเนื้อดินผสมฟางข้าว และ เนื้อดินผสมขี้เถ้า



จากแผนภูมิที่ 1 ในช่วงของผสมดินกำแพงเพชรกับฟางข้าวและขี้เลื่อยและดินอ่างทองผสมฟางข้าวและขี้เลื่อยนั้น ได้ทดลอง 20 สูตร คือ ผสมฟางข้าวและขี้เลื่อย ร้อยละ 10, 15, 20, 25, 30 โดยน้ำหนัก เพื่อดูว่าสูตรใดสมควรไปทดลองทำผลิตภัณฑ์

หลังจากนั้นนำไปขึ้นรูป

แผนภูมิที่ 2 แสดงขั้นตอนการผลิตกระถางฟางข้าว และขี้เลื่อย



1.3.1.4 ศึกษาวิจัยน้ำเคลือบ

วัตถุดิบเคลือบประกอบด้วย แร่ฟันม้า ฟrit ดิน ควอร์ตซ์ หินปูน ทัลก์ ซิงค์ออกไซด์ ฯลฯ สำเร็จรูป และสีออกไซด์ของโลหะ

ดินกำแพงเพชร ใช้เคลือบไฟสูงอุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส เป็นเคลือบชนิดใช้แร่ฟันม้า (Feldspar) เป็นตัวช่วยหลอม

ดินอ่างทอง ใช้เคลือบไฟต่ำอุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส เป็นเคลือบชนิดใช้ฟrit (Frit) เป็นตัวช่วยหลอม

สีเคลือบที่จะทำ สีดำ น้ำเงินเข้ม ฟ้า คริม เขียว

การวิจัยเคลือบ หาส่วนผสมของเคลือบตามวัตถุดิบที่ใช้ให้เหมาะสมหรือเข้ากับเนื้อผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาที่ทำจากดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าว/ผสมขี้เลื่อย เเผเคลือบที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส และดินอ่างทองผสมฟางข้าว/ผสมขี้เลื่อย เเผเคลือบที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส

1.3.1.5 การออกแบบ

แบบของผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาดังต่อไปนี้

- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบขนาด 4 นิ้ว , 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ซึ่งจะใช้ roller machine ผลิต ใช้สำหรับปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ
- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดเคลือบสีต่าง ๆ เพื่อใช้สวมกระถางชนิดไม่เคลือบ ใช้สำหรับประดับตกแต่งห้องโดยมีขนาดกระถาง > 4 นิ้ว , > 6 นิ้ว , > 8 นิ้ว
- ผลิตภัณฑ์ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับให้กล้วยไม้และเฟิร์นเกาะ แบบต่างๆ และขนาดต่างๆ
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมโดยการออกแบบเครื่องมือและวิธีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมให้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และค่าใช้จ่ายไม่สูง สามารถผลิตขายได้จำนวนมาก ในราคาที่จูงใจผู้ซื้อ

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

- ◆ ข้อ 1.3.1.1 – 1.3.1.3 เป็นงานในความรับผิดชอบของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นนี้แล้วจะส่งไปให้โรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัย ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบอุตสาหกรรม ได้แก่ กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาสำหรับปลูกกล้วยไม้และไม้ประดับ และเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมสำหรับปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อดูว่าสูตรใดที่จะผลิตได้ง่าย กระถางไม้แตกร้าว มีความเสียหายน้อยที่สุด

หลังจากได้กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาและเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมแล้ว จะส่งไปให้โครงการย่อยที่ 2 ทดลองใช้ปลูกกล้วยไม้ และไม้ดอกไม้ประดับต่อไป

- ◆ การศึกษาวิจัยเคลือบในข้อ 1.3.1.4 นี้กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นผู้รับผิดชอบและถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่โรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัยชัรามิค ดำเนินการผลิตในระบบอุตสาหกรรมต่อไป

♦ การออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ ดำเนินการโดยโรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิก ร่วมกับผู้ใช้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ ดร.อรรถ สหวัชรินทร์ และ ดร.วรุณี ถิรมงคล ฯลฯ

♦ การวิจัยเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดำเนินการโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ และถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิกให้ดำเนินการผลิตในระบบอุตสาหกรรม รวมทั้งออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต

1.4 ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ด้านเทคโนโลยี

ได้เทคโนโลยีการผลิตเนื้อดินเซรามิกน้ำหนักเบา และผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- เทคโนโลยีการผลิตเนื้อดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว, กำแพงเพชร + ขี้เถ้า, อ่างทอง + ฟางข้าว และอ่างทอง + ขี้เถ้า ในอัตราส่วน เนื้อดิน : ฟางข้าว = 89 : 11 และเนื้อดิน : ขี้เถ้า = 89 : 11 เช่นเดียวกัน ซึ่งเนื้อดินตามสูตรดังกล่าว สามารถนำไปขึ้นรูปผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาได้ดี เช่น กระถาง และท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา เป็นต้น

- เทคโนโลยีการผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว, ดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า, ดินอ่างทอง + ฟางข้าว และดินอ่างทอง + ขี้เถ้า ขนาด 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ชนิดไม่เคลือบสี โดยดินกำแพงเพชรเผาที่อุณหภูมิ 1,230 – 1,250 องศาเซลเซียส และดินอ่างทองเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบสีจะเบากว่ากระถางเซรามิกชนิดเนื้อดินล้วน ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

- เทคโนโลยีการผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาทั้งชนิด เป็นท่อนไม้ และชนิดผิวเรียบ สำหรับใช้ปลูกกล้วยไม้พื้นเมือง และกล้วยไม้พานิชย์ สำหรับดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว และดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ส่วนดินอ่างทอง + ฟางข้าว และดินอ่างทอง + ขี้เถ้า เผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

- เทคโนโลยีการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม เพื่อใช้ทดแทนการนำเข้าวัสดุปลูกจากต่างประเทศ อุณหภูมิในการเผา เช่นเดียวกับการเผากระถางเซรามิกน้ำหนักเบา สามารถเผาไปพร้อมกันได้

- เทคโนโลยีการเคลือบสีกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา มีสูตรเคลือบกระถางดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว และดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า สีดำ สีฟ้าจุดดำ สีน้ำเงินจุดดำ สีเขียวจุดดำ สีเหลืองจุดดำ สีแดงจุดดำ สีชมพูจุดดำ โดยเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 – 1,250 องศาเซลเซียส โดยใช้ฟลักซ์สปาร์เป็นตัวช่วยหลอม (Flux)

สำหรับสูตรเคลือบกระถางดินอ่างทอง + ฟางข้าว และดินอ่างทอง + ขี้เถ้า มีสีดำ น้ำเงินเข้ม ฟ้า ครีมน เขียว และเหลือง ซึ่งใช้ตะกั่ว หรือบอแรกซ์ เป็นตัวช่วยหลอม เผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส และเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีจะเบากว่ากระถางเซรามิกชนิดเนื้อดินล้วนเคลือบสีประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์

1.4.2. ด้านเศรษฐกิจ ผลลัพธ์ทั้งหมดตามที่กล่าวมาในข้อ 1.4.1 น่าจะขายได้ดี เนื่องจากเอกชนที่ทดลองนำกระถางขนาด 4 นิ้ว และ 6 นิ้ว รวมทั้งเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมไปใช้ มีความประสงค์จะซื้อสินค้าดังกล่าว สำหรับกระถางเคลือบสีต่าง ๆ นั้น เมื่อนำไปแสดงนิทรรศการ จะมีผู้ขอซื้อไปใช้ทุกครั้ง

สำหรับต้นทุนการผลิตกระถาง แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงต้นทุนการผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาต่อไป

ขนาดกระถาง	ต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อไป (บาท)			
	กฟ	กข	อฟ	อข
1. กระถาง 4 นิ้ว	2.05	1.99	2.47	2.36
2. กระถาง 6 นิ้ว	4.31	4.09	5.28	5.06
3. กระถาง 8 นิ้ว	11.04	10.59	12.67	12.22
4. กระถางเคลือบ 4 นิ้ว	12.32	12.07	25.27	25.01
5. กระถางเคลือบ 6 นิ้ว	24.02	23.69	41.79	41.46
6. กระถางเคลือบ 8 นิ้ว	42.09	41.55	66.33	65.79

ก = ดินกำแพงเพชร

อ = ดินอ่างทอง

ฟ = ฟางข้าว

ข = จี๊เลื้อย

ส่วนต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม

รายการ	ราคาค่าต้นทุนเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบา (บาท)			
	กฟ	กข	อฟ	อข
1. ค่าวัตถุดิบ	58.71	46.24	148.43	135.96
2. ค่าเชื้อเพลิง	194.27	194.27	158.29	158.29
3. ค่าแรง ค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร 10%	25.30	24.05	30.67	29.42
รวม	278.28	264.56	337.39	323.67
ราคาค่าต้นทุน / กิโลกรัม	6.63	6.30	8.03	7.71

ต้นทุนการผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงต้นทุนการผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว

รายการ	ราคาต้นทุนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว (บาท)			
	กฟ	กข	อฟ	อข
4. ค่าวัตถุดิบ	97.31	76.63	245.97	225.29
5. ค่าเชื้อเพลิง	194.27	194.27	158.29	158.29
6. ค่าแรง ค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร 10%	29.16	27.09	40.43	38.36
รวม	320.74	297.99	444.69	421.91
ราคาต้นทุน / ท่อน	0.67	0.62	0.93	0.88

จากตารางที่ 2, 3, และ 4 จะเห็นว่าต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตจากดินกำแพงเพชรจะถูกกว่าผลิตจากดินอ่างทอง เนื่องจากในการศึกษาวิจัยได้ซื้อวัตถุดิบดินอ่างทองที่บดเรียบร้อยแล้วในราคาที่แพงคือ ต้นละ 3,000 บาท แต่ดินกำแพงเพชรมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งจากจังหวัดกำแพงเพชรมาที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการดำเนินการล้างและบดดินเอง ทำให้ต้นทุนเนื้อดินกำแพงเพชรถูกกว่าดินอ่างทอง

สำหรับรายละเอียดการคำนวณต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบานั้น แสดงไว้ในบทที่ 3

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าสามารถผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบขนาด 4 นิ้ว ขายได้ใบละ 4 บาท โดยจะได้กำไรเท่าตัว ขนาด 6 นิ้ว ถ้าขายใบละ 6 บาท จะได้กำไรสำหรับดินกำแพงเพชร 39 – 46 % ส่วนดินอ่างทอง 13 – 18.5 % ส่วนกระถาง 8 นิ้ว ถ้าขายใบละ 15 บาท จะได้กำไรใบละสำหรับดินกำแพงเพชร 35.9 – 41 % ส่วนดินอ่างทองกำไร ระหว่าง 18.4 – 24 %

สำหรับเมล็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมสามารถขายได้กิโลกรัมละ 10 บาท ซึ่งจะได้กำไรสำหรับดินกำแพงเพชรกิโลกรัมละ 50 – 58 % ส่วนดินอ่างทองกำไรกิโลกรัมละ 24.5 – 29.7 %

ในส่วนของท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ถ้าขายท่อนละ 5 บาท จะได้กำไรสำหรับดินกำแพงเพชรท่อนละ 646 – 706 % ส่วนดินอ่างทองกำไรท่อนละ 437 – 468 %

ทั้งนี้การผลิตที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการผลิตในระบบ pilot plant ถ้าจะผลิตขายเชิงพาณิชย์ ต้นทุนการผลิตจะลดลงได้มากกว่านี้ ซึ่งกำไรที่ได้จะครอบคลุมถึงการตลาดด้วย

1.4.3 ด้านความร่วมมือระหว่างภาครัฐ และเอกชน

จากการศึกษาวิจัยโครงการนี้ ระหว่างภาครัฐ และเอกชน คือ กรมวิทยาศาสตร์บริการ และภาคเอกชน ได้แก่ ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิก ทำให้ภาครัฐได้ทราบถึงการดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกในระบบอุตสาหกรรมว่า จะต้องดำเนินการให้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่สามารถที่จะหยุดการผลิตได้ เนื่องจากการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นรายได้ของโรงงาน และได้ทราบถึงการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบอุตสาหกรรม ได้แก่ การผลิตด้วยเครื่อง Roller Machine และด้วยเครื่อง Ram Press ฯลฯ

สำหรับภาคเอกชนนั้นได้ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา ซึ่งภาคเอกชนสามารถนำไปปรับใช้ในการผลิตของโรงงานได้ต่อไป

ทั้งนี้การทำงานทั้งสองฝ่ายได้ร่วมมือกันทำงานอย่างเต็มที่ ทำให้สิ่งที่ยาก และอุปสรรคต่าง ๆ ไม่เป็นปัญหาในการทำงาน การศึกษาวิจัยดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1.4.4 ด้านการเกษตร

ผลของการศึกษาวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อการปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับต่อไปในอนาคต เนื่องจากได้ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ สำหรับใช้ในการปลูกพรรณไม้ตามที่ผู้ปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับต้องการ

บทที่ 2

การดำเนินการศึกษาวิจัย

2.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวและจี้เลื่อยที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของฟางข้าวและจี้เลื่อย แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของฟางข้าวและจี้เลื่อย

รายการวิเคราะห์	ร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง	
	ฟางข้าว	จี้เลื่อย
ปริมาณเถ้า (Ash content)	10.9	2.1
การละลายในน้ำร้อน (Hot – water solubility)	12.1	12.3
การละลายในด่างร้อยละ 1 (1% NaOH solubility)	54.0	26.7
การละลายในแอลกอฮอล์-เบนซีน (Alc-benzene solubility)	7.0	16.5
ปริมาณลิกนิน (Lignin content)	10.1	26.6
ปริมาณเพนโทซาน (Pentosans)	18.1	11.2
โฮโลเซลลูโลส (Holocellulose)	59.3	61.3
อัลฟา – เซลลูโลส (alpha cellulose)	41.2	43.9
เบตา – เซลลูโลส (beta cellulose)	7.4	5.5
แกมมา – เซลลูโลส (gamma cellulose)	10.7	11.9

- ผลการทดลองจากตารางที่ 5 พบว่าฟางข้าวมีปริมาณเถ้าร้อยละ 10.9 ปริมาณอัลฟาเซลลูโลสร้อยละ 41.2 และปริมาณเพนโทซานร้อยละ 18.1 และจี้เลื่อยมีปริมาณเถ้าร้อยละ 2.1 ปริมาณอัลฟาเซลลูโลสร้อยละ 43.9 และปริมาณเพนโทซานร้อยละ 11.2 ซึ่งปริมาณเถ้าของฟางข้าวค่อนข้างสูงเมื่อนำฟางข้าวมาบดละเอียดอาจส่งผลกระทบต่อเครื่องบดให้สึกหรอเร็วกว่าการใช้จี้เลื่อย
- ในการผลิตกระดาษโดยมีส่วนผสมของฟางข้าวและจี้เลื่อยนี้ในส่วนที่เป็นเส้นใยจะช่วยยึดเหนี่ยวให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้น

2.2 ศึกษาสมบัติของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทอง

2.2.1 การวิเคราะห์หาลองค์ประกอบ (composition) ของดิน

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของดินด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของดิน ด้วยเครื่อง X-ray Fluorescence Spectrometer

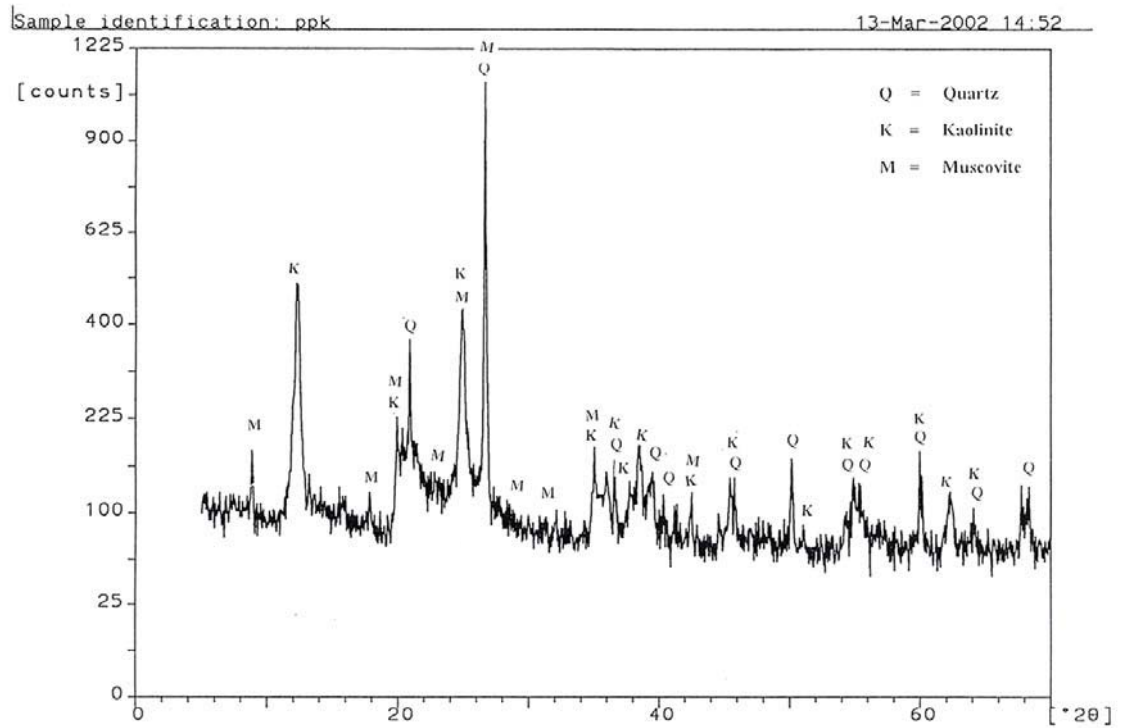
องค์ประกอบ,ร้อยละ	ดินกำแพงเพชร	ดินอ่างทอง
Silica (SiO_2)	62.6	62.6
Alumina (Al_2O_3)	24.1	17.1
Calcium oxide (CaO)	0.057	0.55
Magnesium oxide (MgO)	0.095	1.05
Iron oxide (Fe_2O_3)	2.59	7.30
Titanium dioxide (TiO_2)	0.67	1.06

- ผลการทดลองจากตารางที่ 6 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองมีปริมาณของซิลิกาเท่ากัน คือ ร้อยละ 62.6 สำหรับปริมาณอะลูมินาและเหล็กมีร้อยละ 24.1 ,17.1 และ 2.59, 7.30 ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณเหล็กในดินอ่างทองจะมีมากกว่าดินกำแพงเพชร ถึงร้อยละ 4.71 ทำให้เนื้อดินดิบของดินอ่างทองมีสีน้ำตาลแดง ในขณะที่เนื้อดินกำแพงเพชรจะมีสีขาวอมชมพู ดังนั้นเมื่อเผากระถางเซรามิกน้ำหนักเบาจากเนื้อดินอ่างทองทำให้เกิดสีส้มจนถึงแดงเข้ม ส่วนกระถางจากดินกำแพงเพชรเมื่อเผาแล้วจะออกสีขาวนวล ซึ่งสีส้ม/สีแดงที่เกิดขึ้นมานี้จะมาจากปริมาณเหล็กซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่ไม่เท่ากันในเนื้อดิน

2.2.2 ศึกษาแร่ที่เป็นองค์ประกอบของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองด้วยเครื่อง X – ray

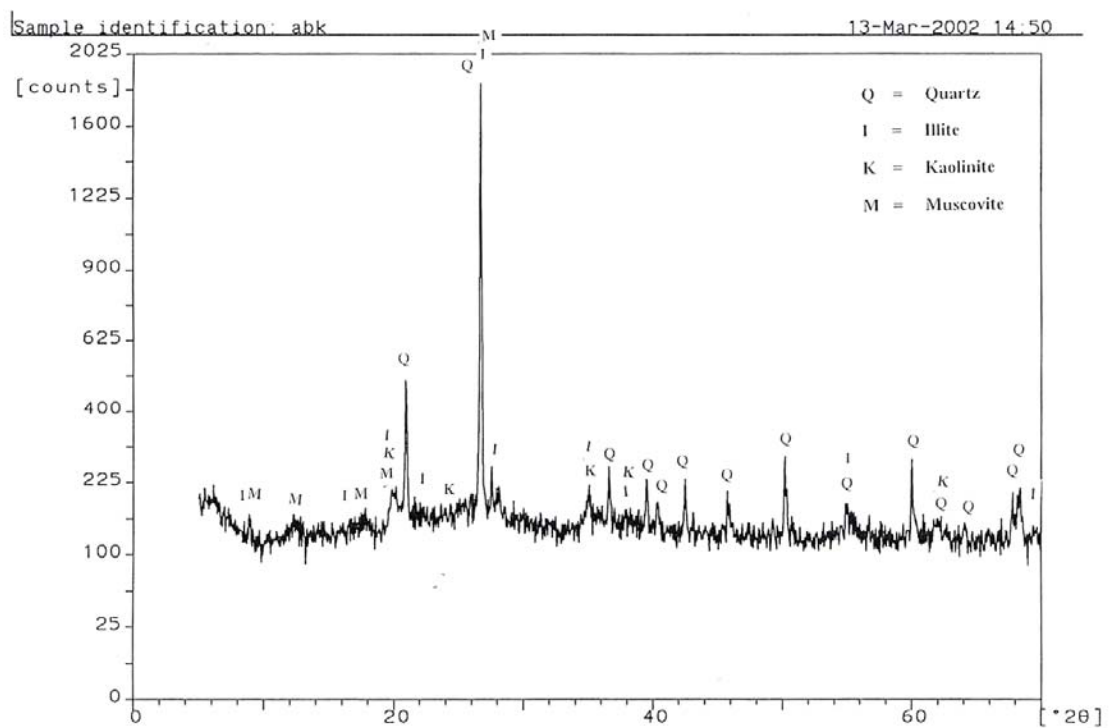
Diffractionmeter

2.2.2.1 จากการศึกษาองค์ประกอบของดินกำแพงเพชรด้วยเครื่อง X – ray Diffractionmeter พบว่าประกอบด้วยแร่ Quartz, Kaolinite และMuscovite (แสดงในรูปที่ 1)



รูปที่ 1 ดินกำแพงเพชร ประกอบด้วย Quartz, Kaolinite และ Muscovite

2.2.2.2 ดินอ่างทองประกอบด้วยแร่ Quartz, Illite, Kaolinite และ Muscovite (แสดงในรูปที่ 2)



รูปที่ 2 ดินอ่างทอง ประกอบด้วย Quartz, Illite, Kaolinite และ Muscovite

2.2.3 ศึกษาการ Loss on Ignition ที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลของการ Loss on Ignition ของดิน

รายการ	ดินกำแพงเพชร	ดินอ่างทอง
Loss on ignition, % (L.O.I)	8.70	6.67

- ดินกำแพงเพชรมีการ Loss on Ignition มากกว่าดินอ่างทอง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ในส่วนประกอบของเนื้อดินมากกว่า

2.2.4 ศึกษาสมบัติด้านแสงของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทอง

ผลการทดสอบสมบัติทางด้านแสงของดิน แสดงดังตารางที่ 8

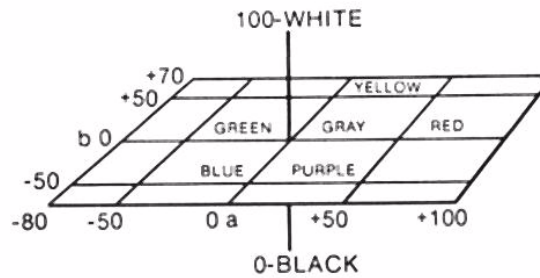
ตารางที่ 8 แสดงค่า Brightness และ Lightness ของดิน

คุณลักษณะ	ดินกำแพงเพชร	ดินอ่างทอง
ความขาวสว่าง (Brightness) , %	50.0	14.1
ความสว่างของสี (Lightness) , % L	79.1	51.4
a	58.5	54.8
b	11.0	16.6
ความขาว (CIE Whiteness) , %	5.70	-110.0

- ผลการทดลองจากตารางที่ 8 พบว่า

2.2.4.1 ค่าความขาวสว่าง (Brightness) ของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองมีค่าเท่ากับร้อยละ 50.0 และ 14.1 ตามลำดับ

2.2.4.2 ความสว่างของสี จากรูป 3 จะเห็นว่าความสว่างของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองมีค่าเท่ากับร้อยละ 79.1 และ 51.4 ซึ่งค่าเกณฑ์ความสว่างจะมีค่าตั้งแต่ 0-100 % แสดงว่าดินกำแพงเพชรมีความสว่างมากกว่าดินอ่างทอง



รูปที่ 3 Three-dimensional representation of Hunter L, a, b coordinates the colors of surfaces (Hunter, R.S. Tappi, 45 (9) 203A-209A (1962))

- L = ความสว่างของสี (Lightness) มีค่า 0-100 %
 0 = สีดำสนิท (absolute black)
 100 = สีขาวบริสุทธิ์ (perfect white)
- แกน a แสดงแกนสีแดง-สีเขียว
 + a = สีแดง
 - a = สีเขียว
- แกน b แสดงแกนสีเหลือง-สีน้ำเงิน
 + b = สีเหลือง
 - b = สีน้ำเงิน

ผลจากการทดลองดินกำแพงเพชรจะมีค่า a เท่ากับ 58.5 และ ค่า b เท่ากับ 11.0 ส่วนดินอ่างทอง มีค่า a เท่ากับ 54.8 และ ค่า b เท่ากับ 16.6 จะเห็นว่าทั้งดินกำแพงเพชรและดินอ่างทอง มีค่า a และ b เป็น (+) แสดงว่าเนื้อดินทั้งสองมีเฉดสีแดงอมเหลือง แม้ว่าดินทั้งสองจะมีเฉดสีใกล้เคียงกันก็จริง แต่เนื่องจากความสว่างของสีของดินกำแพงเพชรมีค่าเท่ากับ 79.1 และดินอ่างทองมีค่าเท่ากับ 51.4 จะเห็นว่าความสว่างของดินกำแพงเพชรมีค่าสูงกว่าดินอ่างทองมากจึงทำให้สีที่ปรากฏแก่สายตาของดินกำแพงเพชรมีเฉดสีออกเป็นสีขาวอมชมพู ส่วนดินอ่างทองมีเฉดสีออกเป็นสีน้ำตาลเข้ม

2.2.4.3 ความขาวของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทอง มีค่าเท่ากับ 5.70 และ -110.0 ซึ่งความขาวจะเกี่ยวข้องกับสีของวัตถุ คือ ถ้าวัตถุมีความขาวอย่างแท้จริง โดยมีสีใกล้เคียงกับความขาวอุดมคติ (ideal white) ค่าการสะท้อนของแสงในทุก ๆ ความยาวคลื่นของแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงินมีค่าเท่ากัน จะเห็นว่าค่าความขาวของดินอ่างทองมีค่าติดลบแสดงว่าไม่มีการสะท้อนแสงเลย แสงจะถูกดูดกลืนไว้หมด

2.2.5 ความหยาบละเอียดของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองโดยวิธีแอนเดรียเซน (Andreasen pipette) วัดโดยน้ำหนัก (by weight)

ผลการวิเคราะห์ความหยาบละเอียดของดิน แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ความหยาบละเอียดของเม็ดดิน ของดินกำแพงเพชร และดินอ่างทอง

ขนาดอนุภาค, ไมครอน	ดินกำแพงเพชร, ร้อยละ	ดินอ่างทอง, ร้อยละ
ใหญ่กว่า 10	35	27
5-10	11	14
4-5	4	5
3-4	5	6
2-3	6	8
0-2	39	40

- จากตารางที่ 9 พบว่า ดินกำแพงเพชรมีขนาดของอนุภาค 0-2 ไมครอน ร้อยละ 39 และขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 10 ไมครอน ร้อยละ 35 ส่วนดินอ่างทองมีขนาดอนุภาค 0-2 ไมครอน ร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าดินกำแพงเพชรเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น แต่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่กว่า 10 ไมครอน เพียงร้อยละ 27 ซึ่งแสดงว่าดินกำแพงเพชรจะมีเนื้อดินที่หยาบกว่าดินอ่างทอง

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่กว่า 5 ไมครอน และเล็กกว่า 2 ไมครอน

ขนาดของเม็ดดิน, ไมครอน	ดินกำแพงเพชร, ร้อยละ	ดินอ่างทอง, ร้อยละ
ใหญ่กว่า 5	46	41
เล็กกว่า 2	39	40

- ผลการทดลองจากตารางที่ 10 พบว่า ขนาดของดินทั้งดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองมีขนาดของอนุภาคที่เล็กกว่า 2 ไมครอนมีปริมาณร้อยละ 39 และ 40 ขนาดของอนุภาคในช่วง 0 - 5 ไมครอน มีร้อยละ 46 และ 41 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก และการที่ดินกำแพงและดินอ่างทองมีขนาดของอนุภาคเล็ก ๆ ในปริมาณมากเช่นนี้ทำให้ดินมีความเหนียวเหมาะแก่การที่จะนำมาผสมกับฟางข้าวหรือขี้เลื่อยเพื่อผลิตเป็นกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาได้



รูปที่ 4 แหล่งดินกำแพงเพชร (สีขาว) หน้าดินจะปกคลุมด้วยดินลูกรัง (สีแดง) ซึ่งชาวบ้านจะตัดดินลูกรังไปขายสำหรับถมถนน



รูปที่ 5 เมื่อขุดลงไปจะได้ดินกำแพงเพชรสีขาวอมชมพู เนื่องจากยังมีสีแดงของเหล็กปนอยู่ ถ้าขุดลึกลงไปมากกว่านี้เข้าใจว่าจะได้ดินที่มีสีขาวเพิ่มขึ้น และปริมาณแร่เหล็กลดลง

2.3 การเตรียมเนื้อดินก้ำแพงเพชร และเนื้อดินอ่างทอง

ดินก้ำแพงเพชรที่ขุดมาจากแหล่ง จังหวัดก้ำแพงเพชร รูปที่ 4 - รูปที่ 5 มีทรายปนมาก จึงทำการล้างเอาทรายออก โดยกรองด้วยตะแกรงขนาด 60 เมช

การเตรียมดินก้ำแพงเพชรทำได้ดังนี้

- นำดินก้ำแพงเพชรใส่หม้อบด (Ball mill) ประมาณ 200 กิโลกรัม
- ใส่ น้ำในหม้อบดให้ท่วมเนื้อดิน
- เปิดไฟหม้อบด ใช้เวลาบดในหม้อบดครึ่งชั่วโมง
- ปิดไฟหม้อบด นำน้ำดินออกจากหม้อบดใส่ในภาชนะ
- ร่อนน้ำดินผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช
- กร่อน้ำดินในอ่างปูนพลาสติก
- เมื่อดินหมด นำไปอบหรือตากแห้ง ได้ดินก้ำแพงเพชรที่ใช้ผลิตเซรามิกน้ำหนักเบาตามต้องการ



รูปที่ 6 ดินก้ำแพงเพชรซึ่งผ่านการบดในหม้อบดแล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช



รูปที่ 7 หลังจากนั้นนำมากระอะในอ่างปูนพลาสติก เพื่อเตรียมอบแห้ง

ดินอ่างทองที่ซื้อมาได้ผ่านการเตรียมมาแล้วจากโรงงานอิฐอ่างทอง สามารถพร้อมใช้ผลิตเซรามิก
น้ำหนักเบาได้



รูปที่ 8 ดินอ่างทองที่กองไว้ในโรงงานดาวคู่อิฐอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

กรรมวิธีการเตรียมดินอ่างทอง ของโรงงานอิฐอ่างทองคือ นำดินจากกองดินที่ตากแห้งแล้ว มาตีด้วย
เครื่อง Pulverizer ย่อยให้ก้อนดินแห้งมีขนาดเล็กกลง แล้วนำไปบดให้ขนาดเล็กกลงต่อด้วยเครื่อง Edge runner

ส่วนที่เป็นผงจะลอดผ่านตะแกรงเครื่อง Edge runner ออกมา (รูตะแกรงขนาดประมาณ 10 เมช) ได้ดินผงตามต้องการ



รูปที่ 9 การบดดินอ่างทองให้ละเอียดเพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์

2.3.1 ดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าว (กฟ) โดยใช้ดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ จำนวน 6 สูตร ผสมน้ำพอเปียก หมักส่วนผสมไว้ 1 วัน นวดจนสามารถขึ้นรูปได้แล้วนำมาอัดทำขึ้นทดสอบ จากนั้นเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ดินกำแพงเพชรจะสุกตัวที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป จึงเผาที่ 1,230 องศาเซลเซียส เพราะปกติผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ของกรมวิทยาศาสตร์บริการจะเผาที่อุณหภูมินี้ สำหรับทาง หจก.ทองประเสริฐศิลปษัยซีรามิก ปกติจะเผาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส



รูปที่ 10 แสดงดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆที่นำมาทำขึ้นทดสอบ เผาที่อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส

นำไปทดสอบหาค่า Total shrinkage ค่า Water absorption และค่า Modulus of rupture ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่างที่	อัตราส่วนดินกำแพงเพชร:ฟางข้าว	Total shrinkage, ร้อยละ	Water absorption, ร้อยละ	Modulus of rupture, Kg/cm ²
ก	100:0	5.96	20.43	105
กฟ 10	90:10	3.23	46.81	42
กฟ 11	89:11	4.28	47.11	28
กฟ 15	85:15	5.90	61.02	26
กฟ 20	80:20	3.14	70.59	4
กฟ 25	75:25	4.79	105.95	3
กฟ 30	70:30	5.71	110.74	2

2.3.2 ดินกำแพงเพชรผสมขี้เถ้า (กข) โดยใช้ดินกำแพงเพชรผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ จำนวน 6 สูตร แล้วนำมาอัดทำขึ้นทดสอบ จากนั้นเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส และทดสอบ Total shrinkage, Water absorption และค่า Modulus of rupture ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินกำแพงเพชรผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่างที่	อัตราส่วนดินกำแพงเพชร:ขี้เถ้า	Total shrinkage, ร้อยละ	Water absorption, ร้อยละ	Modulus of rupture, Kg/cm ²
กข 10	90:10	5.51	31.59	55
กข 11	89:11	4.41	39.79	45
กข 15	85:15	3.71	43.88	38
กข 20	80:20	6.39	46.76	35
กข 25	75:25	6.96	56.88	33
กข 30	70:30	3.98	81.22	11

2.3.3 ดินอ่างทองผสมฟางข้าว (อฟ) โดยใช้ดินอ่างทองผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ จำนวน 7 สูตร แล้วนำมาอัดทำขึ้นทดสอบ จากนั้นเผาที่อุณหภูมิ 950 องศา และทดสอบ Total shrinkage และ Water absorption และ Modulus of rupture ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 13

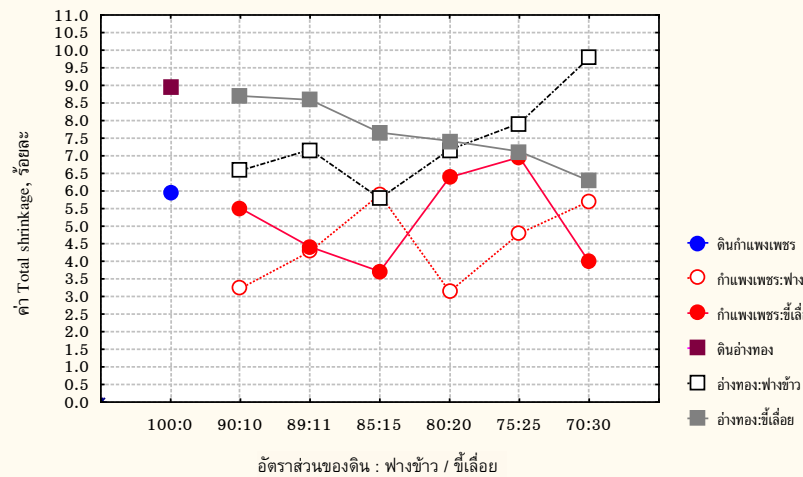
ตารางที่ 13 แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินอ่างทองผสมฟางข้าวในอัตราส่วนต่างๆ

ตัวอย่างที่	อัตราส่วนดินอ่างทอง : ฟางข้าว	Total shrinkage, ร้อยละ	Water absorption, ร้อยละ	Modulus of rupture, Kg/cm ²
อ	100:0	8.94	12.56	110
อฟ 10	90:10	6.58	34.90	72
อฟ 11	89:11	7.17	36.46	48
อฟ 15	85:15	5.79	51.10	29
อฟ 20	80:20	7.17	58.03	26
อฟ 25	75:25	7.92	81.56	18
อฟ 30	70:30	9.78	100.68	11

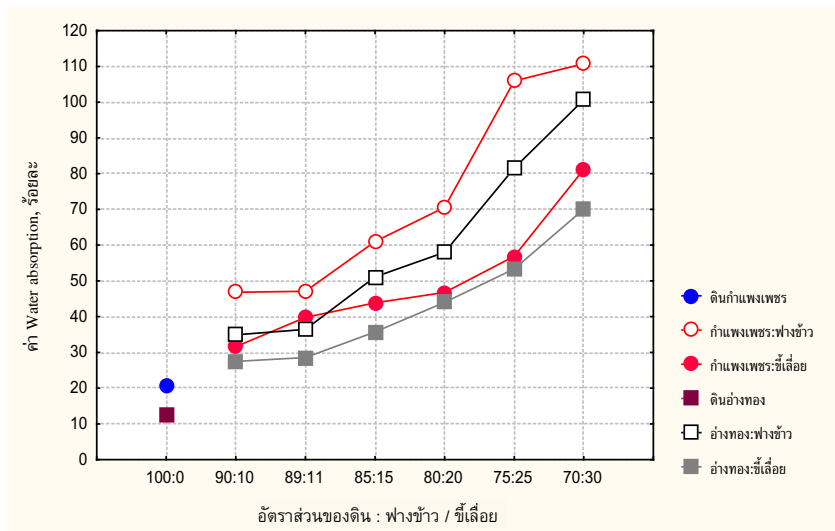
2.3.4 ดินอ่างทองผสมขี้เถ้า (อข) โดยใช้ดินอ่างทองผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ จำนวน 7 สูตร แล้วนำมาอัดทำขึ้นทดสอบ จากนั้นเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส และทดสอบ Total shrinkage และ Water absorption และ Modulus of rupture ได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 แสดงค่า Total shrinkage , Water absorption และ Modulus of rupture ของเนื้อดินอ่างทองผสมขี้เถ้าในอัตราส่วนต่างๆ

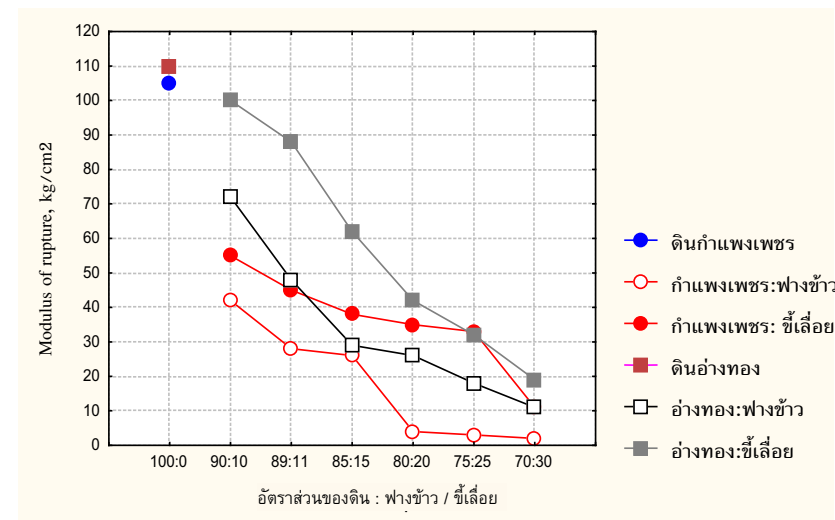
ตัวอย่างที่	อัตราส่วนดินอ่างทอง : ขี้เถ้า	Total shrinkage, ร้อยละ	Water absorption, ร้อยละ	Modulus of rupture, Kg/cm ²
อข 10	90:10	8.70	27.47	100
อข 11	89:11	8.59	28.54	88
อข 15	85:15	7.66	35.70	62
อข 20	80:20	7.42	44.00	42
อข 25	75:25	7.12	53.36	32
อข 30	70:30	6.29	70.04	19



รูปที่ 11 เปรียบเทียบ Total shrinkage ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้



รูปที่ 12 เปรียบเทียบ Water absorption ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้



รูปที่ 13 เปรียบเทียบค่า Modulus of rupture ของเซรามิกน้ำหนักเบาที่ผลิตได้

ผลการศึกษาสมบัติของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทอง สรุปได้ดังต่อไปนี้

■ การหดตัว (Total shrinkage)

◆ การหดตัวของดินกำแพงเพชรและดินอ่างทองผสมฟางข้าว และซีลี้อยู่ในสัดส่วนร้อยละ 10 – 30 มีค่าน้อย คือไม่เกินร้อยละ 10

◆ ที่ส่วนผสมของดินกำแพงเพชร หรือดินอ่างทองผสมฟางข้าว หรือซีลี้อยู่ ไม่เกินร้อยละ 15

● ดินกำแพงเพชรผสมซีลี้อยู่มีค่าการหดตัวมากกว่าดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวเล็กน้อย

- ดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวมีค่าการหดตัวร้อยละ 3.23 – 5.9

- ดินกำแพงเพชรผสมซีลี้อยู่มีค่าการหดตัวร้อยละ 3.71 – 5.51

● ดินอ่างทองผสมซีลี้อยู่มีค่าการหดตัวมากกว่าดินอ่างทองผสมฟางข้าวเล็กน้อย

- ดินอ่างทองผสมฟางข้าวมีค่าการหดตัวร้อยละ 5.79 – 7.17

- ดินอ่างทองผสมซีลี้อยู่มีค่าการหดตัวร้อยละ 7.66 – 8.70

◆ ที่ส่วนผสมของดินกำแพงเพชร หรือดินอ่างทองผสมฟางข้าว หรือซีลี้อยู่ เกินร้อยละ 15 มีค่าการหดตัวกว้างตัวมาก ไม่เป็นระเบียบ มีสาเหตุจาก

● ฟางข้าวและซีลี้อยู่ที่ผสมในเนื้อดิน ดูนุ่มและอนุ่มมากจึงต้องการน้ำผสมจำนวนมาก ในขณะที่ดินไม่สามารถแยกแยะความแข็งของดินที่เหมาะสมแก่การขึ้นรูปอย่างชัดเจนได้ คือผสมน้ำมากเกินไปบ้างหรือน้อยไปบ้างก็ได้ความแข็งของดินใกล้เคียงกัน ขึ้นทดลองที่ผสมน้ำมากเมื่อเผาแล้วจะหดตัวมากกว่าขึ้นทดลองที่ผสมน้ำน้อย

● ฟางข้าวและซีลี้อยู่ที่ผสมในเนื้อดิน จะมีปริมาณมาก ขณะที่ดินมีปริมาณน้อย จะทำขึ้นทดลองยากมากหรือทำไม่ได้เลย เพราะมีความเหนียวไม่พอหรือไม่มีความเหนียว ต้องผสมตัวยึดเหนี่ยว (Binder) เพื่อเพิ่มความเหนียวในการทดลองนี้เพิ่มความเหนียวด้วย CMC (Carboxy methyl cellulose)

■ การดูดซึมน้ำ (Water absorption)

◆ การดูดซึมน้ำ (Water absorption) มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณฟางข้าวหรือซีลี้อยู่เพิ่มขึ้น

◆ การดูดซึมน้ำของดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าว ในสัดส่วนร้อยละ 10 – 30 มีการดูดซึมน้ำมากกว่าดินกำแพงเพชรผสมซีลี้อยู่

● ดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าวมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 46.81 – 110.74

● ดินกำแพงเพชรผสมซีลี้อยู่มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 31.59 – 81.22

◆ การดูดซึมน้ำของดินอ่างทองผสมฟางข้าว ในสัดส่วนร้อยละ 10 – 30 มีการดูดซึมน้ำมากกว่าดินอ่างทองผสมซีลี้อยู่

● ดินอ่างทองผสมฟางข้าวมีการดูดซึมน้ำร้อยละ 34.90 – 100.68

● ดินอ่างทองผสมซีลี้อยู่มีการดูดซึมน้ำร้อยละ 28.54 – 70.04

■ Modulus of rupture

- ◆ Modulus of rupture มีค่าลดลงเมื่อใช้ปริมาณฟางข้าวหรือขี้เลื่อยเพิ่มขึ้น
- ◆ Modulus of rupture ของดินก้ำแพงเพชรผสมฟางข้าว ในสัดส่วนร้อยละ 10 – 30 มีค่า Modulus of rupture น้อยกว่าดินก้ำแพงเพชรผสมขี้เลื่อย
 - ดินก้ำแพงเพชรผสมฟางข้าว มี MOR 2 – 42 Kg/cm²
 - ดินก้ำแพงเพชรผสมขี้เลื่อย มี MOR 11 – 55 Kg/cm²
- ◆ Modulus of rupture ของดินอ่างทองผสมฟางข้าว ในสัดส่วนร้อยละ 10 – 30 มีค่า Modulus of rupture น้อยกว่าดินอ่างทองผสมขี้เลื่อย
 - ดินอ่างทองผสมฟางข้าว มี MOR 11 – 72 Kg/cm²
 - ดินอ่างทองผสมขี้เลื่อย มี MOR 19 – 88 Kg/cm²

■ การหดตัว การดูดซึมน้ำ และ Modulus of rupture

ค่าทั้งสามอาจจะแกว่งไปบ้าง อีกสาเหตุหนึ่งจากการเผาขึ้นทดลองไม่ได้เผาทั้งหมดในครั้งเดียว หรือเผาในเตาเดียว ความแตกต่างของอุณหภูมิเตาที่เผาในแต่ละครั้งย่อมเกิดขึ้นได้ และแม้แต่การเผาในเตาเดียวกัน ก็เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ (Temperature gradient) แต่ละจุดภายในเตาด้วย

- สมบัติของเนื้อดินที่มีส่วนผสมของดินก้ำแพงเพชรหรือดินอ่างทอง ร้อยละ 89 และฟางข้าวหรือขี้เลื่อยร้อยละ 11 แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 แสดงค่า Total shrinkage, Water absorption และค่า Modulus of rupture ของเนื้อดินก้ำแพงเพชรหรือดินอ่างทองร้อยละ 89 ผสมฟางข้าวหรือขี้เลื่อย ร้อยละ 11

ตัวอย่างที่	Total shrinkage, ร้อยละ	Water absorption, ร้อยละ	Modulus of rupture, Kg/cm ²
กฟ 11	4.28	47.11	28
กข 11	4.41	39.79	45
อฟ 11	7.17	36.46	48
อข 11	8.59	28.54	88

ในการทดลองพัฒนาคุณภาพเซรามิกน้ำหนักเบา ได้ทดลองขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาไปด้วย โดยทดลองผลิตเป็นกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ปรากฏว่า ส่วนผสมที่เหมาะสมแก่การทำกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาคือ เนื้อดินก้ำแพงเพชรหรือดินอ่างทองผสมฟางข้าวหรือขี้เลื่อย 8 : 1 หรือร้อยละ 89 : 11

กระถางเซรามิกได้ทดลองขึ้นรูปโดยวิธีจิกเกอร์ ปรากฏว่าส่วนผสมดังกล่าวสามารถขึ้นรูปได้ดี แดกเสียหายน้อย

2.4 การทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบ Pilot Plant

2.4.1 จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ได้นำมาวิเคราะห์ว่า ควรผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินก้ำแพงเพชร และกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง รวมทั้งเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมจากดินก้ำแพงเพชร และจากดินอ่างทองขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว และขนาด 0.5 - 1.5 เซนติเมตร ตามลำดับในระบบ pilot plant ในอัตราส่วนดิน + ฟางข้าว หรือขี้เลื่อย 89:11 ดังนี้

- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินก้ำแพงเพชร + ขี้เลื่อย จำนวนไม่ต่ำกว่า 300 ใบ
- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินก้ำแพงเพชร + ฟางข้าว จำนวนไม่ต่ำกว่า 300 ใบ
- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เลื่อย จำนวนไม่ต่ำกว่า 250 ใบ
- กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว จำนวนไม่ต่ำกว่า 250 ใบ
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินก้ำแพงเพชร + ขี้เลื่อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินก้ำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินอ่างทอง + ขี้เลื่อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินอ่างทอง + ฟางข้าว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินก้ำแพงเพชร + ฟางข้าว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร
- เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดินอ่างทอง + ฟางข้าว ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร

การผลิตดังกล่าวสามารถแสดงได้ด้วยรูปภาพ ดังแสดงในรูปที่ 14 - 32



รูปที่ 14 การหั่นฟางข้าวให้มีขนาดเล็ก ก่อนจะนำไปบดให้ละเอียดอีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 15 ตากจีเลื่อยให้แห้งนอกอาคาร



รูปที่ 16 ชั่งดินอ่างทอง



รูปที่ 17 ชั่งจีเลื้อยที่บดละเอียด



รูปที่ 18 จีเลื้อยบดละเอียด (ซ้ายมือ) และดินอ่างทอง (ขวามือ) ที่ชั่งตามอัตราส่วน ดิน : จีเลื้อย = 89 : 11



รูปที่ 19 ผสมซีเมนต์กับดินอ่างทองด้วยกัน



รูปที่ 20 เทน้ำสะอาดใส่ในส่วนผสมของซีเมนต์และดินอ่างทองคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน



รูปที่ 21 เนื้อดินอ่างทอง + จีเลื้อยที่ผสมเข้ากันดีแล้ว



รูปที่ 22 นำนารีดให้เนื้อดินเข้ากันดีขึ้น ด้วยเครื่องรีดดิน (Extruder) 5 ครั้ง



รูปที่ 23 เนื้อดินในอ่างที่ผ่านการรีดแล้ว



รูปที่ 24 นำมาปั้นเป็นก้อนกลมให้พอเหมาะสำหรับการขึ้นรูปด้วยเครื่อง
จิกเกอร์ (Jigger)



รูปที่ 25 โมลด์ (Mold) ปูนพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูปกระถางขนาด 6 นิ้ว



รูปที่ 26 การขึ้นรูปกระถางขนาด 6 นิ้ว ด้วยเครื่องจักรไฟฟ้า



รูปที่ 27 ปาดขอบกระถางให้เรียบ



รูปที่ 28 กระถางดินอ่างทอง + ขี้เลื่อยในโมลด์ปูนปลาสเตอร์ ทั้งไว้ประมาณ
ครึ่งชั่วโมงจึงนำเอากระถางออกจากโมลด์ได้



รูปที่ 29 กระถางดินอ่างทอง + จี้เลื่อยฝึกลมให้แห้งก่อนนำไปเผา



รูปที่ 30 เรียงกระถางดินอ่างทอง + จี้เลื่อยในเตาแก๊ส
แล้วเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

ในการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 - 1.5 เซนติเมตรนั้น ใช้การปั้นด้วยมือ ซึ่งต้องใช้แรงงานและเวลามาก



รูปที่ 31 เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมก่อนเผา



รูปที่ 32 เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมหลังเผา

การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาทั้ง 10 ชนิด ตามที่กล่าวมาข้างต้น ดำเนินการตามความต้องการของโครงการย่อยที่ 2 ที่จะนำผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชชนิดต่างๆ ตามที่เสนอไว้ใน project proposal

2.4.2 การผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดเคลือบสีต่าง ๆ

กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดเคลือบสีต่าง ๆ ใช้สำหรับสวมกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบขนาด 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว เพื่อใช้สำหรับประดับตกแต่งห้อง

การออกแบบกระถาง

รูปทรงกระถางเป็นแบบเดียวกับกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบ แต่ขนาดใหญ่กว่า ซึ่งกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดไม่เคลือบได้ออกแบบด้านในกระถางให้เหมือนและเท่ากับกระถางพลาสติกทั้งขนาด 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว เพราะจะต้องนำไปทดลองปลูกไม้ดอกไม้ประดับเปรียบเทียบการเจริญเติบโตกับกระถางพลาสติก

การขึ้นรูป

วิธีขึ้นรูปกระถางเคลือบ 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ทั้ง 3 ขนาด ทดลองผลิตที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ด้วยเครื่องจักร

ตารางที่ 16 แสดงจำนวนกระถางเคลือบที่ทดลองผลิต

รายการ	เนื้อดิน กฟ, กข (ใบ)		เนื้อดิน อฟ, อข (ใบ)	
	กฟ	กข	อฟ	อข
1. กระถางเคลือบ 4 นิ้ว	15	15	15	15
2. กระถางเคลือบ 6 นิ้ว	15	15	15	15
3. กระถางเคลือบ 8 นิ้ว	10	10	10	10

การเคลือบ

- ด้านในกระถาง เคลือบด้านในกระถางที่เผาดิบแล้วด้วยเคลือบใส โดยวิธีกรอกน้ำเคลือบลงภายในกระถาง แช่ไว้ประมาณ 3 วินาที ให้เคลือบเกาะผิว ผลิตภัณฑ์หนาพอดี เทน้ำเคลือบที่เหลือออก
- ด้านนอกกระถาง เคลือบด้านนอกกระถางด้วยเคลือบสีต่าง ๆ โดยวิธีพ่นสเปรย์

การเผา

- เผาดิบ เผาดิบกระถางที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผา 8 ชั่วโมง
- เผาเคลือบ
 - กระถางเนื้อดิน อฟ,อข เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผา 8 ชั่วโมง
 - กระถางเนื้อดิน กฟ, กข เผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเผา 8 ชั่วโมง

เตาเผา

เป็นเตา shuttle ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงขนาดเตาเผา 0.25 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่วางเผา 0.35 × 0.4 ตารางเมตร (2 แผ่นรอง)

น้ำเคลือบ

◆ น้ำเคลือบ อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส สำหรับกระถางเคลือบเนื้อดิน กฟ, กข ทำน้ำเคลือบ 6 สี คือ สีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีครีม สีเขียว และสีเหลือง

ตารางที่ 17 แสดงสูตรเคลือบสีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีครีม สีเขียว และสีเหลือง ของเนื้อดินกำแพงเพชร

รายการ	สีเคลือบ	องค์ประกอบ, ร้อยละ
สูตร 1	สีดำ	แร่ฟันม้า 34
		หินปูน 17
		ดินขาวระนอง 8
		ควอร์ตซ์ 41
		เติม Fe_2O_3 13
สูตร 2	เคลือบใส W31	แร่ฟันม้า 35.3
		หินปูน 13.6
		ควอร์ตซ์ 28.5
		ดินขาวระนอง 11.1
		ซิงค์ออกไซด์ 6.8
		ทัลค์ 4.7
		เคลือบใส W 31
สูตร 3	ฟ้า	เติม : CoO 3
		เคลือบใส W 31
สูตร 4	ฟ้า	เติม : ฟ้า 220975 10
สูตร 5	ครีม	เคลือบใส W 31
สูตร 6	เขียว	เคลือบใส W 31
		เติม : ฟ้า 220975 6
		เหลือง 23533 6
สูตร 7	เหลือง	เคลือบใส W 31
		เติม : เหลือง 23533 10

หมายเหตุ สีสำเร็จรูป จากบริษัท เฟอโรโร เซอร์เด็ค (ไทยแลนด์) จำกัด

◆ น้ำเคลือบ อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส สำหรับกระจกเคลือบเนื้อดิน อฟ อข ทำน้ำเคลือบ 6 สี คือ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีครีม สีเขียว (2 สี) และสีเหลือง

ตารางที่ 18 แสดงสูตรเคลือบสีดำ น้ำเงิน ฟ้า ครีม เขียว และเหลือง ของเนื้อดินอ่างทอง

รายการ	สีเคลือบ	องค์ประกอบ, ร้อยละ	
สูตรเคลือบ	เคลือบใส	ฟrit PN 5520	90
		ดินระนอง	10
สูตร 1	ดำ	เคลือบใส	
		เติม : MnO_2	3
		CoO	3
		Fe_2O_3	2
สูตร 2	น้ำเงิน	เคลือบใส	
		เติม : CoO	3
		$ZrSiO_4$	10
สูตร 3	ฟ้า	เคลือบใส	
		เติม : $ZrSiO_4$	20
		CoO	0.3
สูตร 4	ครีม	เคลือบใส	
		เติม : $ZrSiO_4$	15
		เหลือง 23533	2
สูตร 5	เขียว	เคลือบใส	
		เติม : $ZrSiO_4$	15
		CuO	5
สูตร 6	เหลือง	เคลือบใส	
		เติม : เหลือง 23533	10
สูตร 7	เขียวจี้ม้า	เคลือบใส	
		เติม : Cr_2O_3	2.5
		Sb_2O_3	2.0

หมายเหตุ ฟritจาก บริษัท เซอร์นิค จำกัด

ผลิตภัณฑ์กระถางเคลือบ

ผลิตภัณฑ์กระถางเคลือบที่ทำเสร็จแล้ว ลักษณะของเคลือบมีสีสวยผิวมันเป็นเงางาม สรุปลงได้ดังนี้

- ◆ ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เคลือบบาง ผิวเคลือบจะมีลักษณะเป็นรูเข็ม หรือเป็น Texture ของ ฟางข้าวหรือขี้เลื่อยที่เผาไหม้ไป
- ◆ ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เคลือบหนา ผิวเคลือบจะเรียบไม่เป็นรู
- ◆ กระถางเคลือบเนื้อดิน กฟ และกข ซึ่งเผาไฟสูง 1,230 องศาเซลเซียส สามารถทำเคลือบสีเป็น จุฬาลักษณ์ผลึก สวยงามมาก ซึ่งทำได้โดยเคลือบกระถางที่เผาดิบแล้วด้วยเคลือบสีดำ (สูตร 1) ทั้งใบ และเคลือบทับสีดำเฉพาะด้านนอกกระถางด้วยเคลือบสีต่าง ๆ เช่น เคลือบสีฟ้า สีเขียว สี เหลือง สีแดง นำไปเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส จะได้เคลือบเป็นดอกดวง หรือ เป็นฟ้าจุดดำ เขียวจุดดำ เหลืองจุดดำ แดงจุดดำ คล้ายผลึกสวยงามมาก
- ◆ น้ำเคลือบที่ใช้กับกระถางเคลือบเนื้อดิน อฟ และอข ซึ่งเผาไฟต่ำที่อุณหภูมิ 1,000 องศา เซลเซียส เป็นเคลือบสีเข้ม และเป็นเคลือบทึบ จะปิดบังสีของเนื้อดิน อฟ, อข ซึ่งมีสีแดงได้ สามารถเคลือบกระถางเนื้อดินแดงได้เลย โดยไม่ต้อง Engobe เนื้อดินแดงด้วยดินขาวก่อน
- ◆ กระถางที่ทำจากเนื้อดินกำแพงเพชร เผาแล้วเป็นสีครีม หรือสีงาช้าง เพียงแค่เคลือบด้วยเคลือบ ใส จะได้สีเป็นสีครีมสวยงามมาก
- ◆ กระถางที่ทำจากเนื้อดินอ่างทอง เผาแล้วเป็นสีแดง เพียงแค่เคลือบด้วยเคลือบใส จะได้สีเป็น สีแดงมันเป็นวาวสวยงามมาก

ปัญหาและอุปสรรค

ปัญหาและอุปสรรคในการผลิตมี ดังนี้

- ผลิตภัณฑ์กระถางแตกที่ก้น

ลักษณะรอยแตก : แตกกกลางก้นกระถาง ลักษณะเป็นวงโค้ง และแตกเป็นเส้นตรงบ้าง เกิดกับ กระถางเคลือบ 6 นิ้ว และกระถางเคลือบ 8 นิ้ว เกิดประมาณ 30 %

สาเหตุ : ฉีดน้ำหล่อลื่นใบมีด (Template) มากเกินไปในขณะที่ขึ้นรูปปั้นจึกเกอร์

การแก้ไข : ฉีดน้ำหล่อลื่นใบมีดให้น้อยที่สุด เพียงแค่พอหล่อลื่นให้ปั้นจึกเกอร์ได้ หลังจากแก้ไขแล้ว ดำเนินการลดน้อยลงเหลือ 5 % (ห่างหุ่นส่วนจำกัด ทองประเสริฐศิลปชัย ชีรามิก ขึ้นรูปด้วยเครื่องโรลเลอร์ หล่อลื่นหัวปั้นด้วยน้ำมัน น่าจะไม่เกิดปัญหาแตกที่ก้นกระถาง)

● การขึ้นรูปกระถางใหญ่

ปัญหา : เกิดกับกระถางเคลือบ 8 นิ้ว ต้องตั้งใบมีดก่อนปั้นจิกเกอร์และถอดใบมีด (Template) ออกทุกครั้งเมื่อปั้นกระถางแต่ละใบเสร็จ เพื่อเอากระถางที่ปั้นเสร็จแล้วออก ไม่เช่นนั้นใบมีดจะไปขูดกระถางที่ปั้นเสร็จแล้วเสียหาย ขณะยกใบมีดขึ้นไม่พ้นขอบกระถาง

- ผลของปัญหา :
- เสียเวลาในการตั้งและถอดใบมีดในการปั้นกระถางแต่ละใบ และในการตั้งใบมีดแต่ละครั้งก็ยากมากที่จะปรับให้ได้เท่ากัน
 - นำหน้ากระถางแต่ละใบไม่เท่ากัน
 - กระถางหนาบางไม่เท่ากัน

- การแก้ไข :
- ออกแบบให้เหมาะกับการขึ้นรูปด้วยเครื่องจิกเกอร์ (ในโครงการนี้รูปแบบกระถางถูกบังคับให้เหมือนกระถางพลาสติก การติดตั้งใบมีด และถอดใบมีดทุกครั้งในการปั้นกระถางแต่ละใบ ก็เป็นการแก้ปัญหาวีธีหนึ่ง ถ้าไม่เช่นนั้นจะปั้นกระถางเคลือบ 8 นิ้วไม่ได้ด้วยเครื่องจิกเกอร์นี้)
 - ใช้เครื่องปั้นจิกเกอร์แบบใบมีดเลื่อนได้ (Slide jigger) จะสามารถยกใบมีดขึ้นได้เมื่อปั้นเสร็จแล้วโดยไม่ชนถูกระถาง



รูปที่ 33 ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ชนิดมีขอบและไม่มีขอบ เคลือบด้วยสีเซรามิกหลายสี สำหรับสวมกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ขนาด 4 นิ้ว ไม่เคลือบ



รูปที่ 34 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชรมีขอบ เคลือบสีดำ



รูปที่ 35 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีน้ำเงินเข้ม



รูปที่ 36 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีฟ้า



รูปที่ 37 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีครีม



รูปที่ 38 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเขียว



รูปที่ 39 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเหลือง



รูปที่ 40 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีฟ้าจุดดำ



รูปที่ 41 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเขียวจุดดำ



รูปที่ 42 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีเหลืองจุดดำ



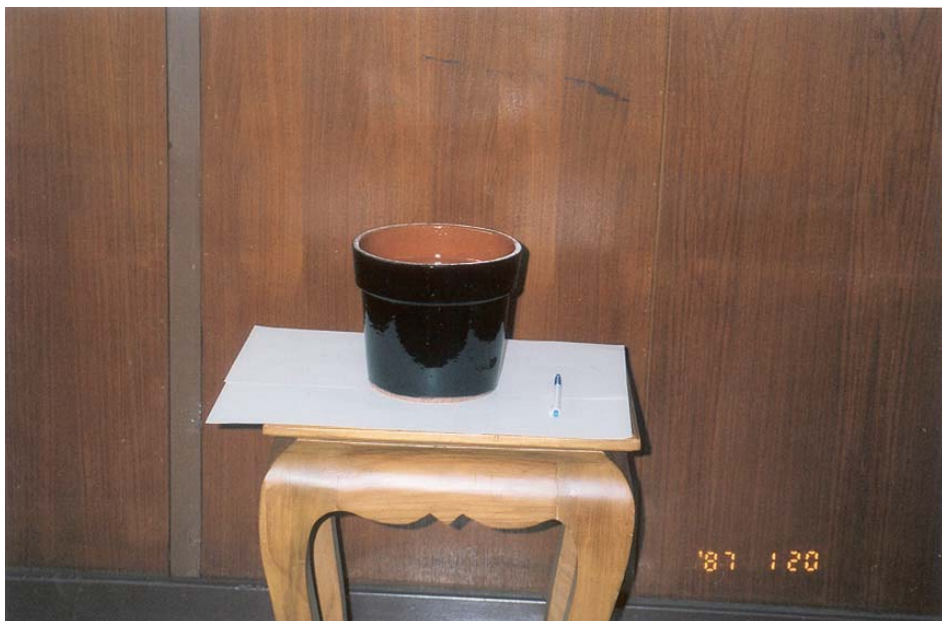
รูปที่ 43 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชรไม่มีขอบ
เคลือบด้วยสีส้มจุดดำ, สีฟ้าจุดดำ, สีเขียวจุดดำ (แถวหน้า),
สีเหลืองจุดดำ, สีชมพูจุดดำ และสีน้ำเงินจุดดำ (แถวหลัง)



รูปที่ 44 ผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาเนื้อดินกำแพงเพชร เคลือบสีน้ำเงินจุดดำ
สีเหลืองจุดดำ และสีเขียวจุดดำ (แถวหน้า) สีเขียวจุดดำ, สีชมพูจุดดำ
และสีส้มจุดดำ (แถวหลัง)



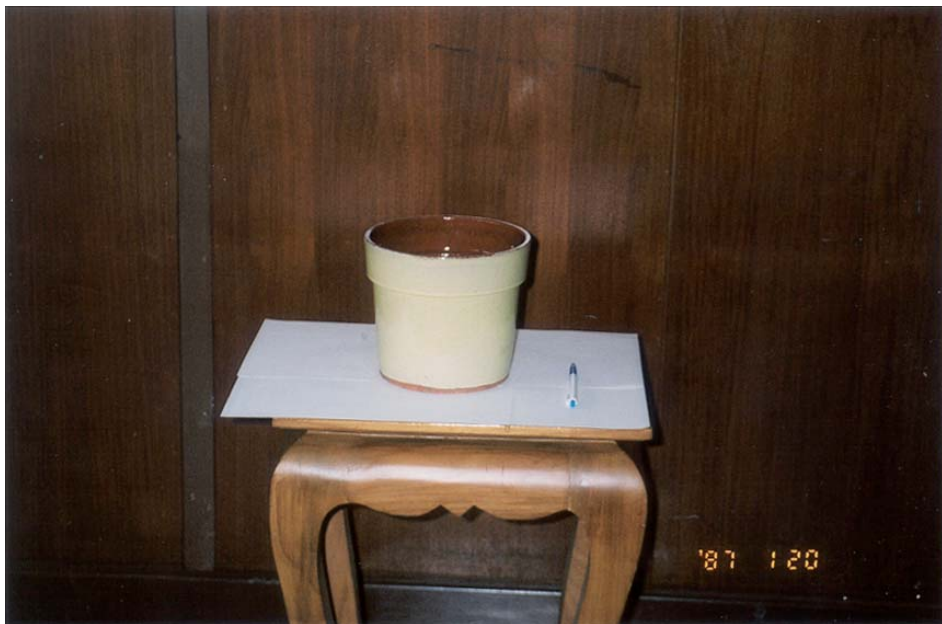
รูปที่ 45 แสดงกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีต่าง ๆ ขนาด 6 นิ้ว (ด้านหน้า) และ 8 นิ้ว (ด้านหลัง) สำหรับสวมกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ขนาด 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ไม่เคลือบ



รูปที่ 46 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีดำ



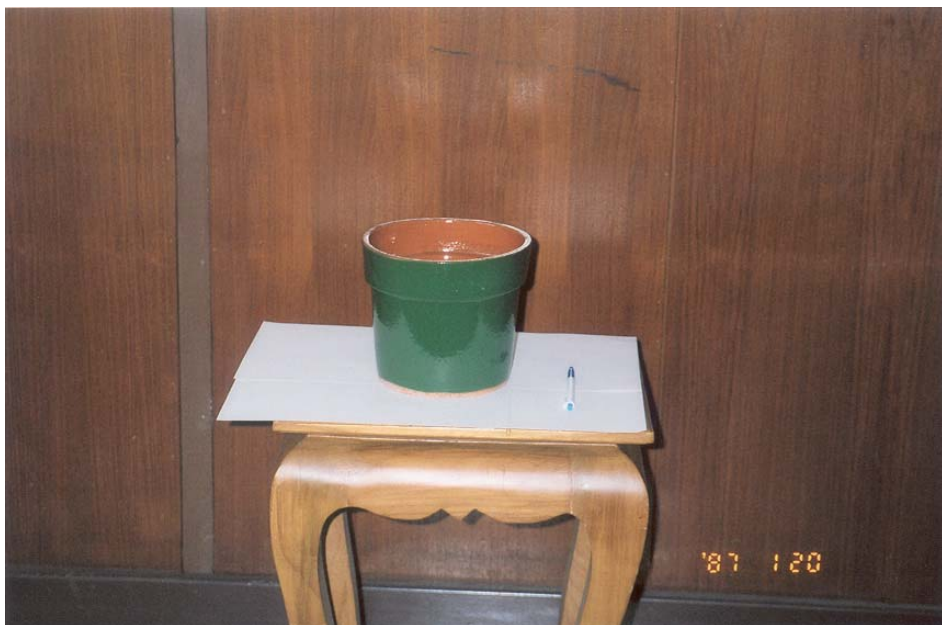
รูปที่ 47 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว
เคลือบสีฟ้า ขนาด 6 นิ้ว



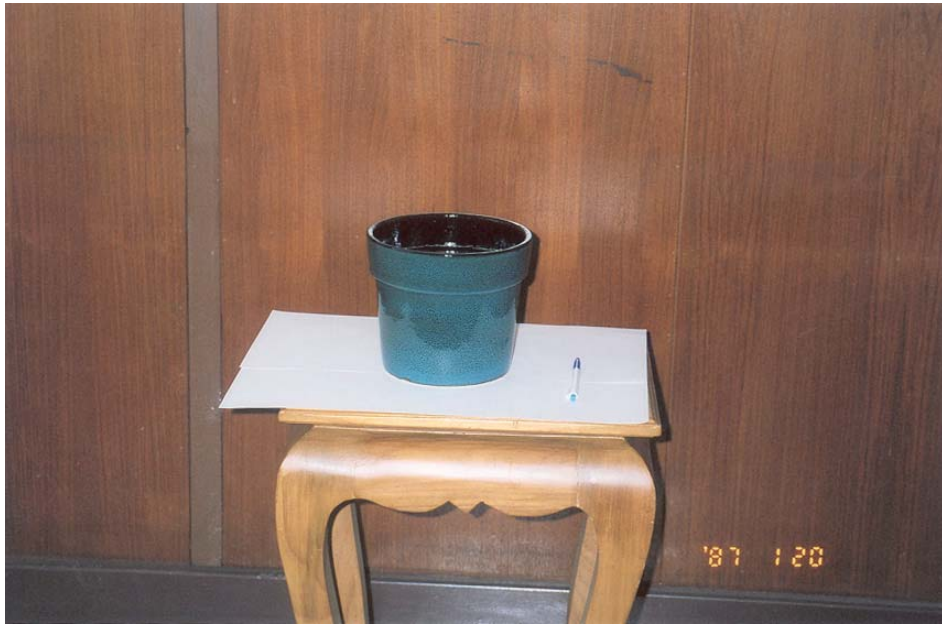
รูปที่ 48 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ขี้เลื่อย
เคลือบสีเหลืองอ่อน



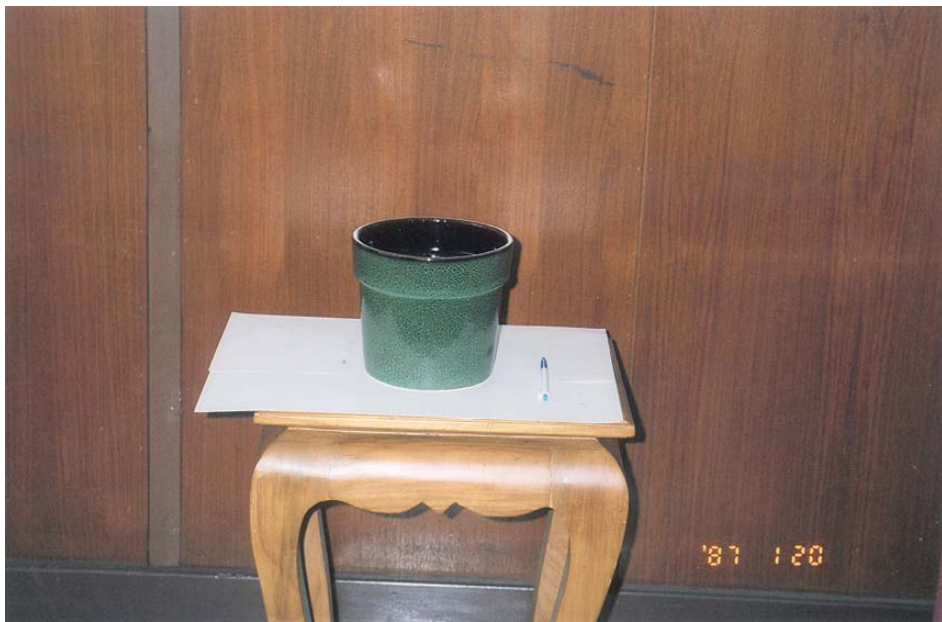
รูปที่ 49 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + จี้เลื่อย ขนาด 6 นิ้ว
เคลือบสีเขียว



รูปที่ 50 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + จี้เลื่อย ขนาด 6 นิ้ว
เคลือบสีเขียวจี้มั่ว



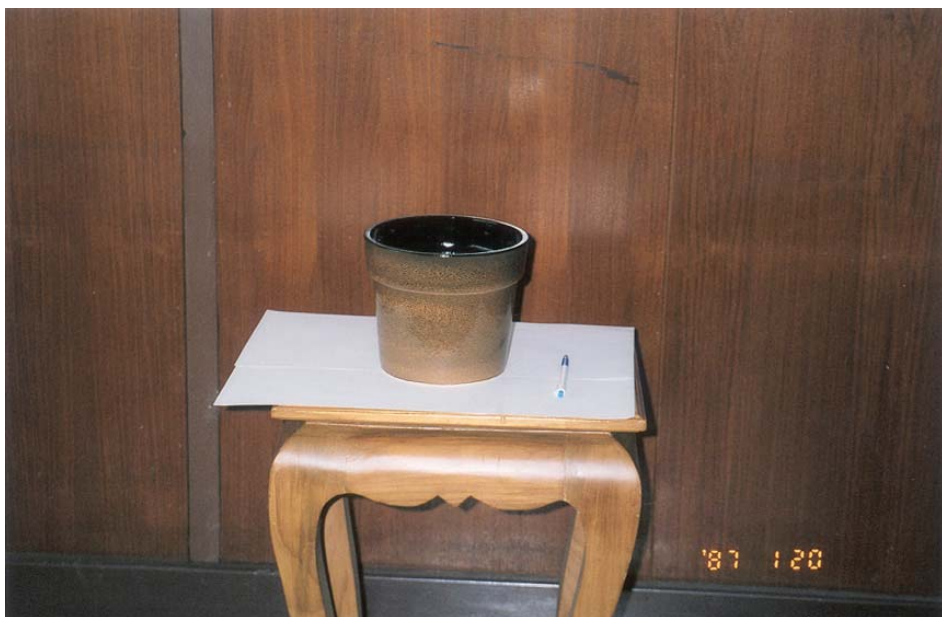
รูปที่ 51 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว
ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีน้ำเงินจุดดำ



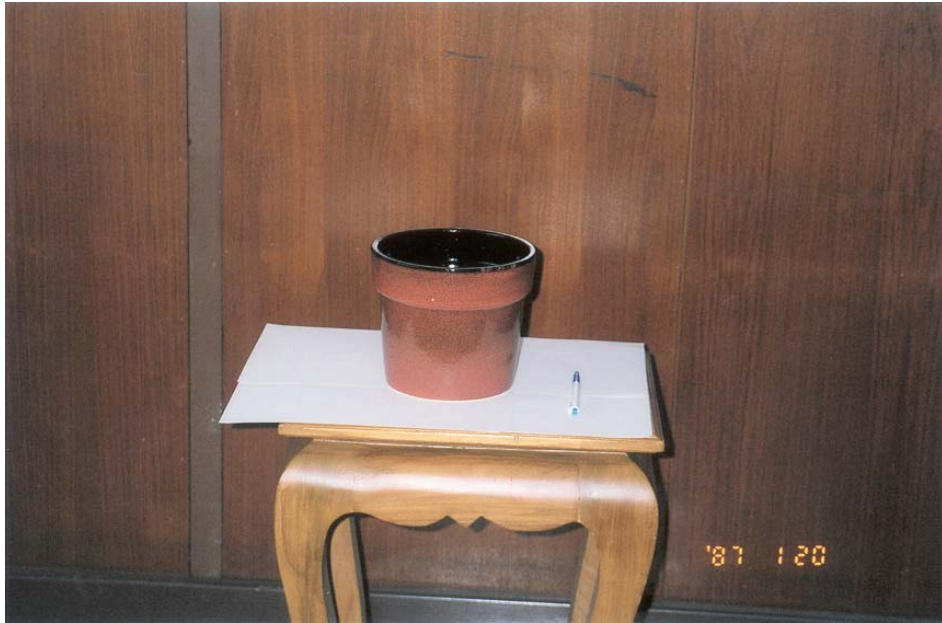
รูปที่ 52 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + จี๊เลื้อย
ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเขียวจุดดำ



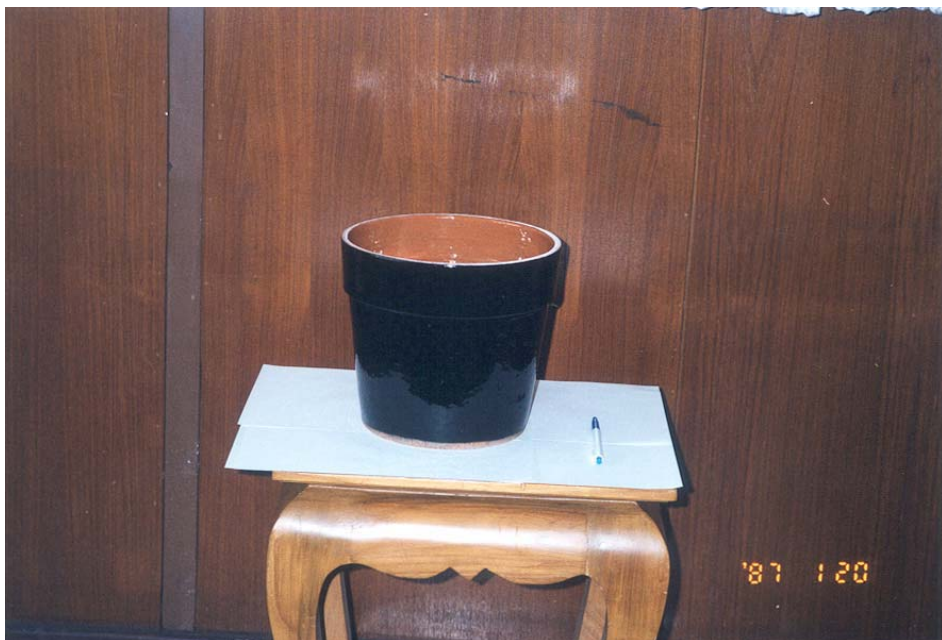
รูปที่ 53 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว
ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีเหลืองจุดดำ



รูปที่ 54 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า
ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีส้มจุดดำ



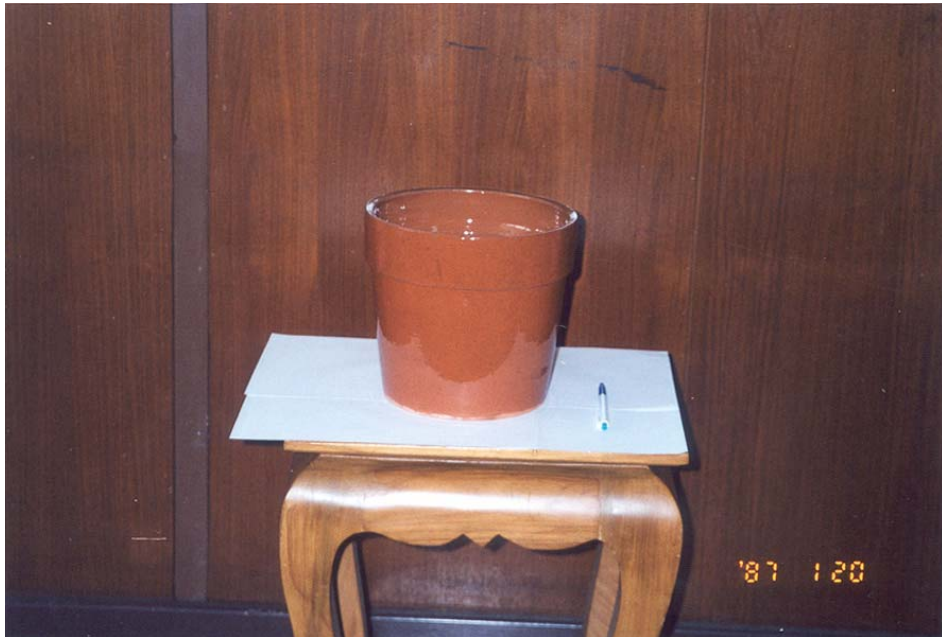
รูปที่ 55 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ขี้เถ้า
ขนาด 6 นิ้ว เคลือบสีแดงจุดดำ



รูปที่ 56 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีดำ



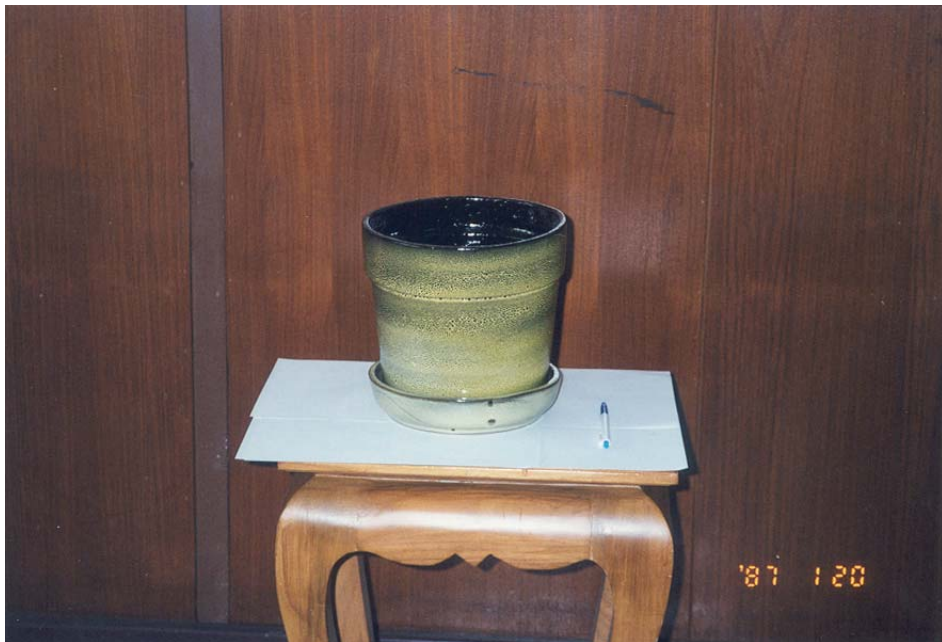
รูปที่ 57 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + จี๊เลื้อย
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีฟ้า



รูปที่ 58 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าว
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบใส



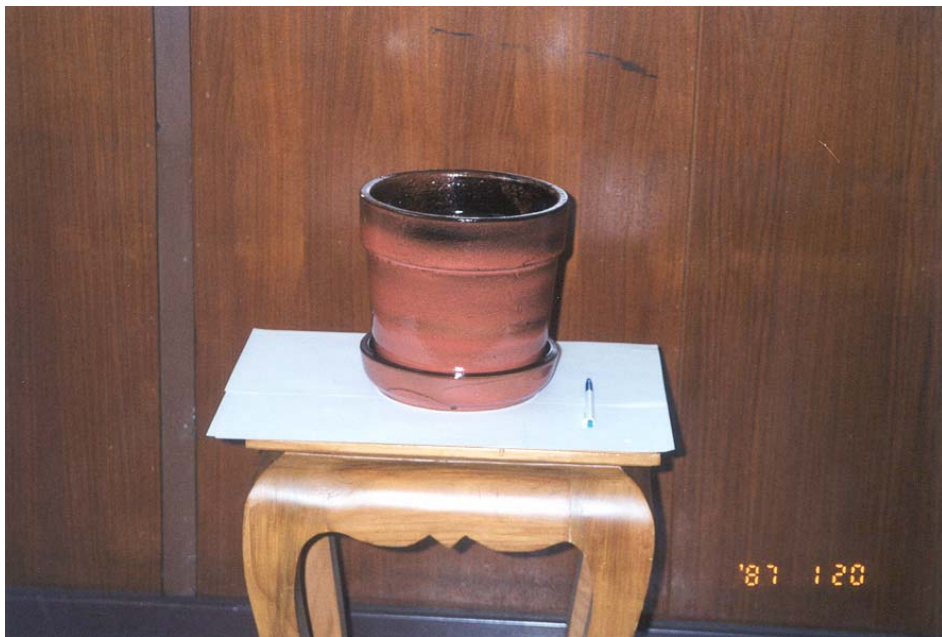
รูปที่ 59 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + จี๊เลื้อย
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีน้ำเงินจุดดำ พร้อมจานรอง



รูปที่ 60 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบากำแพงเพชร + ฟางข้าว
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีเหลืองจุดดำ พร้อมจานรอง



รูปที่ 61 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาทำผงเพชร + จี้เลื่อย
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีส้มจุดดำ พร้อมจานรอง



รูปที่ 62 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำผงเพชร + ฟางข้าว
ขนาด 8 นิ้ว เคลือบสีแดงจุดดำ พร้อมจานรอง

2.4.3 การผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา

ทดลองผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาด้วยเนื้อดินฟ11 กข11 และ อฟ11 อข11 โดยปั้นเป็นท่อนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว และยาว 3 นิ้ว 6 นิ้ว และ 9 นิ้ว เนื้อดินละประมาณ 20 ท่อน เผาท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินฟ11 กข11 ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส และอฟ11 อข11 ที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส

ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาได้ส่งให้โครงการย่อยที่ 2 ทดลองปลูกกล้วยไม้



รูปที่ 63 ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + ฟางข้าวก่อนเผา



รูปที่ 64 ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินอ่างทอง + จี้เสียบก่อนเผา



รูปที่ 65 ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าวก่อนเผา



รูปที่ 66 ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาดินกำแพงเพชร + ฟางข้าวหลังเผา

2.5 การผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาในระบบอุตสาหกรรม

หลังจากกรมวิทยาศาสตร์บริการได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา และ เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมให้แก่ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิคแล้ว ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิค ได้ทดลองผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ด้วยเครื่อง Roller Machine ดังแสดงในรูปที่ 67 - 70



รูปที่ 67 ก่อนดินเตรียมสำหรับขึ้นรูปกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา
ขนาด 6 นิ้ว ด้วย roller machine



รูปที่ 68 กำลังขึ้นรูปกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาด้วย Roller machine



รูปที่ 69 ภาพถ่ายใกล้ของกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาในโมลด์



รูปที่ 70 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาสีแดงขนาด 6 นิ้ว หลังผ่านการเผา ส่วนสีขาวมีขนาด 4 นิ้ว ขวามือสุดคือ เจ้าของโรงงาน-ทองประเสริฐศิลป์ชัย เซรามิก คุณพะเวียง จงมีสุข

สำหรับเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิก ได้ดำเนินการออกแบบรังผึ้งให้มีรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ปิดไว้ที่ด้านหน้าของท่อเครื่องรีดดิน เมื่อรีดดินออกมา จะได้แท่งดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร จำนวนมาก เมื่อดินถูกรีดออกมาได้ขนาดตามต้องการ ก็ใช้ลวดตัด จะได้เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาเต็มตะกร้าใหญ่ภายในเวลา 2 - 3 นาที ซึ่งเป็นการผลิตที่สะดวก และเร็วมาก ดังแสดงในรูปที่ 71 - 75



รูปที่ 71 เครื่องรีดดินในโรงงานทองประเสริฐศิลป์ชัย ซีรามิก และคนงานที่ใช้เครื่องนี้



รูปที่ 72 ส่วนหัวของเครื่องรีดดินที่มีรังผึ้ง stainless ปิด ขนาดของรูกำหนดตามขนาดของเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบา



รูปที่ 73 เมื่อเครื่องมือรีดดิน รีดดินออกมาได้ขนาดตามที่ต้องการ
ก็ตัดให้ขาดออกมาเป็นเม็ด



รูปที่ 74 ถ้าไม่ตัดให้สั้นดินขาด เครื่องรีดดินจะรีดออกมายาว

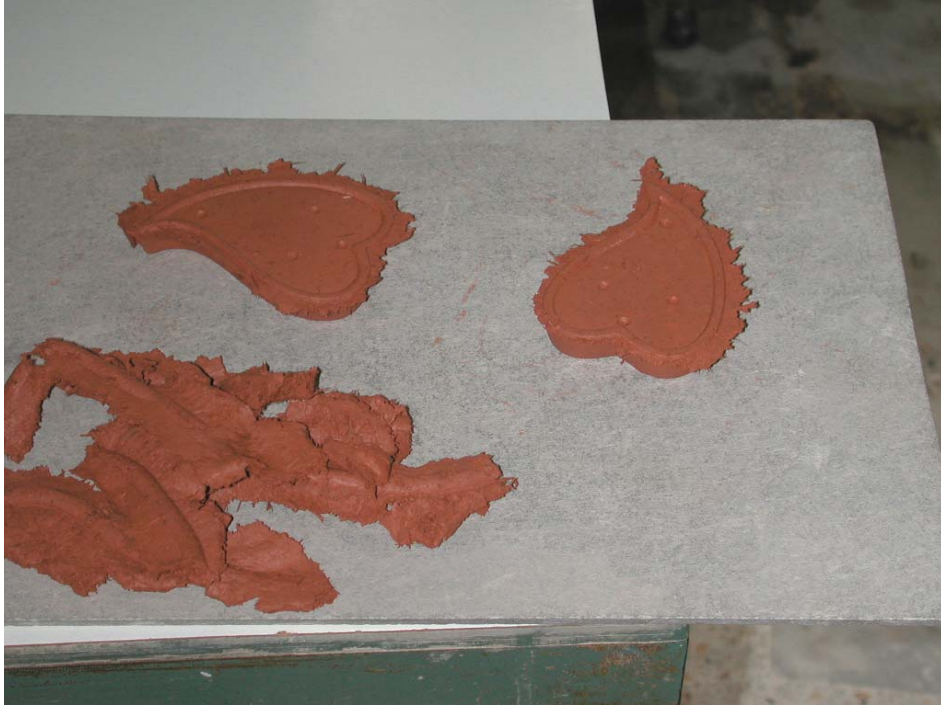


รูปที่ 75 ภายใน 2-3 นาที สามารถผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาได้เต็มตะกร้า

นอกจากนี้ห้างหุ้นส่วนจำกัดทองประเสริฐศิลป์ชัย เซรามิก ได้ออกแบบแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบา รูปหัวใจ สำหรับปลูกกล้วยไม้โดยวิธีอัด (Ram Press) ดังแสดงในรูปที่ 76 - 77



รูปที่ 76 แสดงการขึ้นรูปแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจ
ในระบบอุตสาหกรรม



รูปที่ 77 แผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจที่ขึ้นรูปแล้ว
แต่ต้องนำไปตัดขอบให้เรียบร้อย

บทที่ 3

ต้นทุนการผลิตและสรุปผลการศึกษาวิจัย

3.1 ต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกนำหนักเบา

3.1.1 ผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกนำหนักเบาที่ผลิตมี 2 ชนิดคือ ชนิดไม่เคลือบ 3 ขนาด คือ ขนาด 4 นิ้ว, 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว และชนิดเคลือบสีต่าง ๆ เพื่อใช้สวมกระถางชนิดไม่เคลือบ ใช้สำหรับประดับตกแต่งห้องมี 3 ขนาด เช่นเดียวกัน คือ กระถางเคลือบสำหรับสวมกระถาง 4 นิ้ว กระถางเคลือบสำหรับสวมกระถาง 6 นิ้ว และกระถางเคลือบสำหรับสวมกระถาง 8 นิ้ว

ต้นทุนผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกนำหนักเบา ส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับปัจจัย ต่อไปนี้

- ◆ ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ผลิต ประกอบด้วย
 - ดินกำแพงเพชร ดินอ่างทอง ฟางข้าว และขี้เถ้า
- ◆ ต้นทุนเชื้อเพลิง ประกอบด้วย
 - ราคาเชื้อเพลิง
 - ขนาดเตาเผา (ขนาดเตาใหญ่ จะประหยัดกว่าเตาเล็ก)
 - อุณหภูมิเผา และเวลาที่ใช้เผา (เผาอุณหภูมิสูงจะใช้เชื้อเพลิงมากกว่าเผาอุณหภูมิต่ำ)
- ◆ ต้นทุนน้ำเคลือบ ประกอบด้วย
 - เคลือบอุณหภูมิ ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส (แร่ฟีนมา เป็น Flux)
 - เคลือบอุณหภูมิ ประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส (เคลือบฟริต มีตะกั่วและบอแรกซ์ เป็น Flux)
 - สีสำเร็จรูป (stain)
 - สีออกไซด์ (oxide)
- ◆ ค่าแรง ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร

ต้นทุนของกระถางเซรามิกนำหนักเบาที่ทดลองผลิตที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ คือ

ตารางที่ 19 แสดงต้นทุนกระถางเซรามิกนำหนักเบาคือ

ขนาดกระถาง	ต้นทุนผลิตภัณฑ์ต่อใบ, บาท			
	กฟ	กข	อฟ	อข
1. กระถาง 4 นิ้ว	2.05	1.99	2.47	2.36
2. กระถาง 6 นิ้ว	4.31	4.09	5.28	5.06
3. กระถาง 8 นิ้ว	11.04	10.59	12.67	12.22
4. กระถางเคลือบ 4 นิ้ว	12.32	12.07	25.27	25.01
5. กระถางเคลือบ 6 นิ้ว	24.02	23.69	41.79	41.46
6. กระถางเคลือบ 8 นิ้ว	42.09	41.55	66.33	65.79

(ต้นทุนวัตถุดิบ เชื้อเพลิง น้ำเกลือ ค่าแรงและค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 21 - 31)

ราคาขายผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบา

จากต้นทุนกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาแต่ละใบ สมควรตั้งราคาขายผลิตภัณฑ์ดังนี้

ตารางที่ 20 แสดงราคาขายผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบา

ขนาดกระถาง	ราคาขายผลิตภัณฑ์ต่อใบ, บาท	
	กฟ , กข	อฟ , อข
1. กระถาง 4 นิ้ว	4	4
2. กระถาง 6 นิ้ว	6	6
3. กระถาง 8 นิ้ว	15	15
4. กระถางเคลือบ 4 นิ้ว	20	30
5. กระถางเคลือบ 6 นิ้ว	40	50
6. กระถางเคลือบ 8 นิ้ว	90	95

การลดต้นทุนกระถาง

กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาที่ทดลองผลิตนี้ ต้นทุนจะแพงกว่าที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม การลดต้นทุนการผลิตสามารถลดลงได้ดังนี้

- ◆ ต้นทุนเนื้อดิน เนื้อดินที่ซื้อมาทดลองผลิต ซื้อมาในปริมาณน้อย ถ้าซื้อมาผลิตในปริมาณมาก ราคาจะถูกลง เช่น ดินอ่างทอง
- ◆ ต้นทุนเชื้อเพลิง
 - ขนาดเตาเผา ใช้เตาเผาขนาดใหญ่ขึ้นจะประหยัดเชื้อเพลิงได้มากกว่าเตาเผาขนาดเล็ก
 - การวางผลิตภัณฑ์เผาในเตา ผลิตภัณฑ์ชนิดไม่เคลือบ ในการทดลองผลิตนี้ วางเผาเดี่ยว (ไม่ซ้อนกัน) ถ้าวางซ้อนกันเผา เช่น ซ้อน 2 ใบ หรือซ้อน 3 ใบ จะเผาจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อเตาได้มากขึ้น
 - การวางผลิตภัณฑ์เผาแทรก ในการคิดต้นทุนผลิตภัณฑ์กระถางคิดจากจำนวนกระถางแต่ละขนาดที่เผาได้ในหนึ่งเตา แต่ในทางปฏิบัติจริงการเผากระถางขนาดใหญ่ จะมีที่ว่างระหว่างกระถางที่จะวางกระถางขนาดเล็กแทรกได้เป็นสิบหรือหลายสิบใบต่อเตา ทำให้เผาได้มากขึ้น ต้นทุนเชื้อเพลิงลดลง

♦ ต้นทุนน้ำเคลือบ

- เคลือบอุณหภูมิสูง ประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส (มีแร่ฟลักซ์เป็น Flux) ใช้เคลือบกระถางเนื้อดิน กฟ และกข มีราคาถูกประมาณ 9.80 บาท/กิโลกรัม
- เคลือบอุณหภูมิ ประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส (มีตะกั่วและบอแรกซ์เป็น Flux) ใช้กับกระถางเนื้อดิน อฟ และอข เป็นเคลือบฟริต มีราคาแพง ประมาณ 174 บาท/กิโลกรัม ถ้าเลือกใช้ฟริตที่ราคาถูกกว่าที่ใช้นี้ ราคาน้ำเคลือบจะถูกลง
- สีสำเร็จรูป (stain) มีราคาแพงกว่า สีออกไซด์ (oxide) การใช้สีออกไซด์แทนสีสำเร็จรูปได้ จะทำให้ราคาน้ำเคลือบลดลง

ตารางที่ 21 แสดงต้นทุนวัตถุดิบของกระถางแต่ละใบ

รายการ	น้ำหนัก		น้ำหนักวัตถุดิบ		ค่าวัตถุดิบ, บาท				ค่าวัตถุดิบของกระถาง, บาท			
	กรัม	ดิน ก,อ	ฟ,ข	ก	อ	ฟ	ข	กฟ	กข	อฟ	อข	อย
1. กระถาง ขนาด 4 นิ้ว	350	311.5	38.5	0.31	0.93	0.10	0.01	0.41	0.32	1.03	0.94	
2. กระถาง ขนาด 6 นิ้ว	800	712.0	88.0	0.71	2.14	0.22	0.02	0.93	0.73	2.36	2.16	
3. กระถาง ขนาด 8 นิ้ว	1,670	1,486.3	183.7	1.49	4.46	0.46	0.05	1.95	1.54	4.92	4.51	
4. กระถางเคลือบ ขนาด 4 นิ้ว	900	801.0	99.0	0.80	2.40	0.25	0.02	1.05	0.82	2.65	2.42	
5. กระถางเคลือบ ขนาด 6 นิ้ว	1,200	1068.0	132.0	1.07	3.20	0.33	0.03	1.40	1.10	3.53	3.23	
6. กระถางเคลือบ ขนาด 8 นิ้ว	2,000	1780.0	220.0	1.78	5.34	0.55	0.06	2.33	1.84	5.89	5.40	

ราคาวัตถุดิบ : ดินอ่างทอง

จำนวน 1 ตัน ราคา 3,000 บาท

ดินกำแพงเพชร

จำนวน 1 ตัน ราคา 1,000 บาท

ฟางข้าวดินอ่างทอง

จำนวน 80 กิโลกรัม ราคา 200 บาท

ซีเมนต์

จำนวน 20 กิโลกรัม ราคา 5 บาท

หมายเหตุ : ก = กำแพงเพชร อ = อ่างทอง ฟ = ฟางข้าว ข = ซีเมนต์

กฟ = ดินกำแพงเพชรผสมฟางข้าว 11 % กข = ดินกำแพงเพชรผสมซีเมนต์ 11 %

อฟ = ดินอ่างทองผสมฟางข้าว 11% อข = ดินอ่างทองผสมซีเมนต์ 11 %

ตารางที่ 22 แสดงต้นทุนเชื้อเพลิงของกระถางแต่ละใบ

รายการ	จำนวนกระถางแต่ละชนิดที่ เผาได้ใน 1 เตา, ใบ	ค่าเชื้อเพลิงเมื่อเผาที่อุณหภูมิ		
		800 องศาเซลเซียส กฟ, กข, อฟ, อข	900-1,000 องศาเซลเซียส อฟ, อข	1,230 องศาเซลเซียส กฟ, กข
1. กระถาง ขนาด 4 นิ้ว	130	-	1.22	1.49
2. กระถาง ขนาด 6 นิ้ว	65	-	2.44	2.99
3. กระถาง ขนาด 8 นิ้ว	24	-	6.60	8.09
4. กระถางเคลือบ ขนาด 4 นิ้ว	65	1.59	2.44	2.99
5. กระถางเคลือบ ขนาด 6 นิ้ว	24	4.32	6.60	8.09
6. กระถางเคลือบ ขนาด 8 นิ้ว	12	8.63	13.19	16.19

หมายเหตุ: - เตาเผาใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ขนาด 0.25 ลูกบาศก์เมตร (พื้น 2 แผ่นรองขนาด 35 X 40 เซนติเมตร)

- ราคาก๊าซ ปตท. 1 ถึง จำนวน 48 กิโลกรัม 690.741 บาท (รวม Vat 7 %)

- จำนวนก๊าซที่ใช้

- เตา 800 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซจำนวน 7.2 กิโลกรัม
- เตา 950-1,000 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซจำนวน 11.0 กิโลกรัม
- เตา 1,230 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซจำนวน 13.5 กิโลกรัม

- เตาเผากระถาง

- กระถางสวม เนื้อดิน กฟ กข เตาดิบ 800 องศาเซลเซียส เตาเคลือบ 1,230 องศาเซลเซียส
- กระถางสวม เนื้อดิน อฟ อข เตาดิบ 800 องศาเซลเซียส เตาเคลือบ 1,000 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 23 แสดงต้นทุนน้ำเคลือบสำหรับเนื้อดิน กฟ. และ กข อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

รายการ	สีเคลือบ	องค์ประกอบ (%)		ราคาวัตถุดิบ ตามองค์ ประกอบ, บาท	ราคาน้ำ เคลือบ, บาท / กิโลกรัม	หมายเหตุ ราคาวัตถุดิบที่ซื้อมาใช้, บาท / กิโลกรัม
สูตร เคลือบ	เคลือบ ใส W 31	แร่ฟันม้า	35.3	0.219	9.80	$5.8 + 7\% = 6.206$
		หินปูน	13.6	0.058		$4.0 + 7\% = 4.28$
		ควอร์ตซ์	28.5	0.091		$3.0 + 7\% = 3.21$
		ดินขาวระนอง	11.1	0.048		$4.0 + 7\% = 4.28$
		ซิงค์ออกไซด์	6.8	0.473		$65 + 7\% = 69.55$
		ทัลค์	4.7	0.091		$18 + 7\% = 19.26$
สูตร 1	สีดำ	แร่ฟันม้า	34	0.211	5.83	$5.8 + 7\% = 6.206$
		หินปูน	17	0.073		$4.0 + 7\% = 4.28$
		ดินขาวระนอง	8	0.034		$4.0 + 7\% = 4.28$
		ควอร์ตซ์	41	0.132		$3.0 + 7\% = 3.21$
		เติม Fe_2O_3	13	0.209		$15.0 + 7\% = 16.05$
สูตร 2	น้ำเงิน	เคลือบใส W31 เติม :CoO	3	4.815	141.89	$1,500 + 7\% = 1,605$
สูตร 3	ฟ้า	เคลือบใส W31 เติม:ฟ้า 220975	10	7.75	159.61	$725 + 7\% = 775.75$
สูตร 4	ครีม	เคลือบใส W31		0.98	9.80	
สูตร 5	เขียว	เคลือบใส W31 เติม:ฟ้า 220975	6	4.65	183.48	$725 + 7\% = 775.75$
		เติม:เหลือง 23533	6	6.10		$950 + 7\% = 1,016.5$
สูตร 6	เหลือง	เคลือบใส W31 เติม:เหลือง 23533	10	10.165	181.50	$950 + 7\% = 1,016.5$

ตารางที่ 24 แสดงต้นทุนน้ำเคลือบสำหรับเนื้อดิน อฟ. และ อข. อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส

รายการ	สีเคลือบ	องค์ประกอบ (%)		ราคาวัตถุดิบ ตามองค์ ประกอบ, บาท	ราคาน้ำ เคลือบ, บาท / กิโลกรัม	หมายเหตุ ราคาวัตถุดิบที่ซื้อมาใช้, บาท / กิโลกรัม
สูตรเคลือบ	เคลือบ ใส	ฟrit PN 5520	90	17.334	173.77	$180 + 7\% = 192.6$
		ดินระนอง	10	0.043		$4.0 + 7\% = 4.28$
สูตร 1	สีดำ	เติม : MnO_2	3	0.064	206.37	$20 + 7\% = 21.4$
		CoO	3	4.815		$1,500 + 7\% = 1,605$
		Fe_2O_3	2	0.032		$15 + 7\% = 16.05$
สูตร 2	น้ำเงิน	เติม : CoO	3	4.815	207.59	$1,500 + 7\% = 1,605$
		$ZrSiO_4$	10	0.588		$55 + 7\% = 58.85$
สูตร 3	ฟ้า	เติม : $ZrSiO_4$	20	1.177	158.24	$55 + 7\% = 58.85$
		CoO	0.3	0.482		$1,500 + 7\% = 1,605$
สูตร 4	ครีม	เติม : $ZrSiO_4$	15	0.883	173.44	$55 + 7\% = 58.85$
		เหลือง 23533	2	2.033		$950 + 7\% = 1,016.5$
สูตร 5	เขียว	เติม : $ZrSiO_4$	15	0.883	170.00	$55 + 7\% = 58.85$
		CuO	5	2.140		$400 + 7\% = 428$
สูตร 6	เหลือง	เติม : $ZrSiO_4$	15	0.885	227.42	$55 + 7\% = 58.85$
		เหลือง 23533	10	10.165		$950 + 7\% = 1,016.5$
สูตร 7	เขียวขี้ม้า	เติม : Cr_2O_3	2.5	0.722	175.17	$270 + 7\% = 288.9$
		Sb_2O_3	2.0	0.206		$300 + 7\% = 321$

ตารางที่ 25 แสดงต้นทุนน้ำเคลือบ สีดำ น้ำเงิน ฟา ครีม เทียว เหลือง ที่ใช้กับกระถางเคลือบ 4 นิ้ว กระถางเคลือบ 6 นิ้ว และกระถางเคลือบ 8 นิ้ว เนื้อดิน กฟ และกะก

รายการ	น้ำหนักเคลือบประมาณ, กรัม	เคลือบสีดำ			เคลือบสีน้ำเงิน			เคลือบสีฟ้า			เคลือบสีครีม			เคลือบสีเทียว			เคลือบสีเหลือง		
		เคลือบใส, บาท	เคลือบสีดำ, บาท	รวม, บาท	เคลือบใส, บาท	เคลือบสีน้ำเงิน, บาท	รวม, บาท	เคลือบใส, บาท	เคลือบสีฟ้า, บาท	รวม, บาท	เคลือบใส, บาท	-	รวม, บาท	เคลือบใส, บาท	เคลือบสีเทียว, บาท	รวม, บาท	เคลือบสีเหลือง, บาท	เคลือบสีเทา, บาท	รวม, บาท
1. กระถางเคลือบขนาด 4 นิ้ว	90	0.44	0.26	0.70	0.44	6.38	6.82	0.44	7.18	7.62	0.88	-	0.88	0.44	8.26	8.70	0.44	8.17	8.61
2. กระถางเคลือบขนาด 6 นิ้ว	130	0.64	0.38	1.02	0.64	9.22	9.86	0.64	10.37	11.01	1.27	-	1.27	0.64	11.93	12.57	0.64	11.80	12.44
3. กระถางเคลือบขนาด 8 นิ้ว	180	0.88	0.52	1.40	0.88	12.77	13.65	0.88	14.36	15.24	1.76	-	1.76	0.88	16.51	17.39	0.88	16.34	17.22

หมายเหตุ: - กระถางเคลือบภายในด้วยเคลือบใส เคลือบภายนอกด้วยเคลือบสีประมาณน้ำหนักเคลือบใส 50 % น้ำหนักเคลือบสี 50 %

- เคลือบสีครีมเคลือบด้วยเคลือบใส เพราะว่ามีเนื้อดินกัมแพงพชรเผาแล้วให้สีครีมหรือเหลืองอ่อน

- กระถางเคลือบ 4 นิ้ว ต้นทุนน้ำเคลือบใบละ 0.7-8.70 บาท เฉลี่ย 5.57 บาท

- กระถางเคลือบ 6 นิ้ว ต้นทุนน้ำเคลือบใบละ 1.02-12.57 บาท เฉลี่ย 8.03 บาท

- กระถางเคลือบ 8 นิ้ว ต้นทุนน้ำเคลือบใบละ 1.40-17.39 บาท เฉลี่ย 11.11 บาท

ตารางที่ 26 แสดงต้นทุนน้ำเกลือ ลิตร น้ำเงิน ฟา คริม เจียว เหลือง เขียวซีมา ที่ใช้กับกระถางเกลือ 4 นิ้ว
กระถางเกลือ 6 นิ้ว และกระถางเกลือ 8 นิ้ว เนอดิน อฟ และอช

รายการ	น้ำหนัก เกลือ ประมาณ, กรัม	เกลือสีดำ			เกลือสีน้ำตาลเงิน			เกลือสีฟ้า			เกลือสีครีม			เกลือสีเขียว			เกลือสีเหลือง			เกลือสีเขียวซีมา		
		แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	แกล '๒๕๕๕	
1. กระถางเกลือ ขนาด 4 นิ้ว	90	782	929	1711	782	934	1716	782	1494	782	780	1562	782	782	1547	782	1023	1805	782	788	1570	
2. กระถางเกลือ ขนาด 6 นิ้ว	130	1130	1341	2471	1130	1349	2479	1130	2159	1130	1127	2257	1130	1130	2235	1130	1478	2608	1130	1139	2269	
3. กระถางเกลือ ขนาด 8 นิ้ว	180	1564	1857	3421	1564	1868	3432	1564	2988	1564	1561	3125	1564	1564	3094	1564	2047	3611	1564	1576	3140	

หมายเหตุ: - กระถางเกลือภายในด้วยเกลือใส เกลือภายนอกด้วยเกลือสีประมาณน้ำหนักเกลือใส 50 % น้ำหนักเกลือสี 50 %
- กระถางเกลือ 4 นิ้ว ต้นทุนน้ำเกลือใบละ 14.94-18.05 บาท เฉลี่ย 16.29 บาท
- กระถางเกลือ 6 นิ้ว ต้นทุนน้ำเกลือใบละ 21.59-26.08 บาท เฉลี่ย 23.54 บาท
- กระถางเกลือ 8 นิ้ว ต้นทุนน้ำเกลือใบละ 29.88-36.11 บาท เฉลี่ย 32.59 บาท

ตารางที่ 27 แสดงต้นทุนผลิตภัณฑ์ของกระถางแต่ละใบ

รายการ	ค่าวัสดุดิบ, บาท				ค่าเชื้อเพลิง, บาท				ค่าน้ำเกลือ, บาท				ค่าแรง,ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร 10%				ต้นทุนผลิตภัณฑ์, บาท			
	กฟ	กข	ออฟ	อช	กฟ	กข	ออฟ	อช	กฟ	กข	ออฟ	อช	กฟ	กข	ออฟ	อช	กฟ	กข	ออฟ	อช
1. กระถาง 4 นิ้ว	0.41	0.32	1.03	0.94	1.49	1.49	1.22	1.22	-	-	-	-	0.19	0.18	0.22	0.22	2.05	1.99	2.47	2.36
2. กระถาง 6 นิ้ว	0.93	0.73	2.36	2.16	2.99	2.99	2.44	2.44	-	-	-	-	0.39	0.37	0.48	0.46	4.31	4.09	5.28	5.06
3. กระถาง 8 นิ้ว	1.95	1.54	4.92	4.51	8.09	8.09	6.60	6.60	-	-	-	-	1.00	0.96	1.15	1.11	11.04	10.59	12.67	12.22
4. กระถางเกลือ 4 นิ้ว	1.05	0.82	2.65	2.42	4.58	4.58	4.03	4.03	5.57	5.57	1629	1629	1.12	1.10	2.30	2.27	12.32	12.07	25.27	25.01
5. กระถางเกลือ 6 นิ้ว	1.40	1.10	3.53	3.23	12.41	12.41	10.92	10.92	8.03	8.03	2354	2354	2.18	2.15	3.80	3.77	24.02	23.69	41.79	41.46
6. กระถางเกลือ 8 นิ้ว	2.33	1.84	5.89	5.40	24.82	24.82	21.82	21.82	11.11	11.11	3259	3259	3.83	3.78	6.03	5.98	42.09	41.55	66.33	65.79

3.1.2 ต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม

ฐานคำนวณ น้ำหนักของเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมดิบ ขนาด 1 เซนติเมตรหนัก 50.4 กิโลกรัม บรรจุได้พอดี 1 เตา โดยบรรจุในหีบดินจำนวน 12 ใบ ใบละ 4.2 กิโลกรัม เมื่อเผาแล้วจะเหลือน้ำหนัก 42.0 กิโลกรัม

ตารางที่ 28 แสดงต้นทุนดินกำแพงเพชร ดินอ่างทอง ฟางข้าว และขี้เถ้า

รายการ	น้ำหนัก, กิโลกรัม	น้ำหนักวัตถุดิบ, กิโลกรัม		ค่าวัตถุดิบ, บาท			
		ดินกำแพงเพชร หรือ ดินอ่างทอง	ฟางข้าว หรือ ขี้เถ้า	ดิน กำแพงเพชร	ดิน อ่างทอง	ฟาง ข้าว	ขี้เถ้า
เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบา ทรงกลม	50.4	44.86	5.54	44.86	134.58	13.85	1.38

ตารางที่ 29 แสดงต้นทุนการผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม

รายการ	ราคาต้นทุนวัสดุปลูก, บาท			
	กฟ	กข	ออฟ	อข
1. ค่าวัตถุดิบ	58.71	46.24	148.43	135.96
2. ค่าเชื้อเพลิง	194.27	194.27	158.29	158.29
3. ค่าแรง ค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร 10%	25.30	24.05	30.67	29.42
รวม	278.28	264.56	337.39	323.67
ราคาต้นทุน / กิโลกรัม	6.63	6.30	8.03	7.71

ดังนั้นเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ควรจะขายได้กิโลกรัมละ 10 - 15 บาท

3.1.3 ต้นทุนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา

ฐานคำนวณ ปริมาณท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาดยาว 6 นิ้ว, $\varnothing 1 \frac{2}{8}$ นิ้ว ที่เผาได้ แต่ละ 480 ท่อน
หนักท่อนละ 174 กรัม ดังนั้น ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาที่เผา 1 เตา หนัก 83.52 กิโลกรัม

ตารางที่ 30 แสดงต้นทุนดินก้ำแพงเพชร ดินอ่างทอง ฟางข้าว และขี้เถ้า

รายการ	น้ำหนัก, กิโลกรัม	น้ำหนักวัตถุดิบ, กิโลกรัม		ค่าวัตถุดิบ, บาท			
		ดินก้ำแพงเพชร หรือ ดินอ่างทอง	ฟางข้าว หรือ ขี้เถ้า	ดิน ก้ำแพงเพชร	ดิน อ่างทอง	ฟางข้าว	ขี้เถ้า
ท่อนเซรามิกน้ำ หนักเบาขนาด 6 นิ้ว	83.52	74.33	9.19	74.33	222.99	22.98	2.30

ตารางที่ 31 แสดงต้นทุนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว

รายการ	ราคาต้นทุนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว, บาท			
	กฟ	กข	อฟ	อข
4. ค่าวัตถุดิบ	97.31	76.63	245.97	225.29
5. ค่าเชื้อเพลิง	194.27	194.27	158.29	158.29
6. ค่าแรง ค่าเสื่อมราคา เครื่องจักร 10%	29.16	27.09	40.43	38.36
รวม	320.74	297.99	444.69	421.91
ราคาต้นทุน / ท่อน	0.67	0.62	0.93	0.88

ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 6 นิ้ว ควรจะขายท่อนละ 5 บาท ซึ่งได้กำไรหลายร้อย
เปอร์เซ็นต์ ส่วนท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 3 นิ้ว ควรขายท่อนละ 3 บาท และท่อนเซรามิก
น้ำหนักเบาขนาด 9 นิ้ว ควรขายท่อนละ 8 บาท

3.2 สรุปผลการศึกษาวิจัย

3.2.1 ได้สูตรเนื้อดินกัมแพงเพชร / ดินอ่างทอง : ฟางข้าว / จี๊เลื้อย = 89 : 11 ซึ่งเป็นสูตรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับนำไปผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา

3.2.2 โครงการสามารถผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาไม่เคลือบขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ทั้งในระบบ pilot plant และระบบอุตสาหกรรม เพื่อให้โครงการย่อยที่ 2 นำไปทดลองปลูกกล้วยไม้ ไม้ดอกไม้ประดับ

กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาจะเบากว่ากระถางเซรามิกเนื้อดินล้วนประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์

3.2.3 ได้ผลิตกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีต่าง ๆ ได้แก่ สีดำ สีเขียว สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเหลือง สีขาว และสีเขียวจุดดำ สีน้ำเงินจุดดำ สีเหลืองจุดดำ สีแดงจุดดำ สีชมพูจุดดำ และสีส้มจุดดำ ขนาดใหญ่กว่า 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว สำหรับใช้สวมกระถางในข้อ 3.2.1 เพื่อการตกแต่งห้อง นอกจากนี้ยังมีประโยชน์ในการที่กระถางเคลือบสีสามารถกักน้ำค้างไว้ได้ทำให้ไม่ต้องรดน้ำทุกวัน เหมาะสำหรับผู้ที่ไม่มีเวลาที่จะรดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 78 - 79

กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีจะมีน้ำหนักเบากว่ากระถางเซรามิกเนื้อดินล้วนเคลือบสีประมาณ 5 - 10 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 78 กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาขนาด 4 นิ้ว ปลูกต้นอาฟริกกันไวโอเล็ต เป็นเวลานานกว่า 3 เดือน โดยกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีดำสวมอยู่ด้านนอก เติมน้ำในช่องว่างระหว่างกระถางทั้งสอง อาทิตย์ละ 1 ครั้ง



รูปที่ 79 การปลูกต้นออฟฟิศไวโอเล็ตในกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา 2 ใบนี้สามารถวางบนโต๊ะในห้องทำงานได้ เป็นการประดับโต๊ะให้สวยงาม น้ำไม่รั่วซึมออกมาที่โต๊ะ

3.2.4 ได้ผลิตท่อนเซรามิกน้ำหนักเบาชนิดผิวเป็นรอยขรุขระเหมือนท่อนไม้จริงและชนิดผิวเรียบให้โครงการย่อยที่ 2 ไปทดลองปลูกกล้วยไม้

3.2.5 สามารถผลิตเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 - 1.5 เซนติเมตรได้ในระบบอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถผลิตได้เร็วมาก เหมาะสำหรับการนำไปปลูกพรรณไม้ทดแทนวัสดุปลูกต่างประเทศ (Expanded clay)

3.2.6 ได้ออกแบบผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดต่าง ๆ เช่น กระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ให้เหมือนกับกระถางพลาสติก เพื่อเปรียบเทียบผลการใช้กับกระถางพลาสติก นอกจากนี้ยังออกแบบท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา และแบบแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจ

ผลิตภัณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำไปปลูกพรรณไม้ที่ต้องการความชื้นสูง และมีการถ่ายเทอากาศ (aeration) ดี

3.3 ข้อเสนอแนะ

3.3.1 เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ใช้เวลาในการศึกษาเพียง 1 ปี ทำให้ต้องเร่งรีบในการดำเนินการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ และขอบเขตการวิจัยที่เสนอไว้ ซึ่งการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ทั้ง เนื้อดิน แบบ และเคลือบนั้น ควรจะได้ใช้เวลาในการศึกษาวิจัย ระหว่าง 1 ปี 6 เดือน ถึง 2 ปี เพื่อให้ได้มีเวลาในการปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์

3.3.2 เนื้อดินเซรามิกน้ำหนักเบาสูตรที่วิจัยได้ในโครงการนี้ น่าจะนำไปทดลองผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดอื่นที่ต้องการน้ำหนักเบาและรูปทรง เช่น ผลิตภัณฑ์ทรงของเสียดังจากโรงงาน หรือกรองน้ำน้ำหนักเบา เป็นต้น ซึ่งจะช่วยกรองตะกอนได้ชั้นหนึ่ง และผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาสามารถนำมาขัดล้างด้วยน้ำธรรมดาแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้

เอกสารอ้างอิง

1. วรุณี ธีรมงคล และคณะ. โครงการศึกษาวิจัยการผลิตกระถางหญ้าแฝกเพื่อปลูกป่า ณ คอยตุง จังหวัดเชียงราย เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่ฯ นถองสิริราชสมบัติครบรอบ 50 ปี. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2544, 98 หน้า
2. Kimura, Hikari.(et.al) Manufacture of porous ceramics. JP Kokai 62,278,175 [87,278,175] In Chemical Abstracts Dec, 1988, no.12, abstract no.99994k.
3. W.R.Grace & Co. Porous ceramic beads. Rasto Brezny, Catonsville. Int.Cl.C04B 38/00. US Patent 5,322,821. 1993-08-23.
4. Wisconsin Alumni Research Foundation. Metal oxide Porous ceramic membranes with small pore sizes. Anderson, Marc A. and XU, Qunying. Int.Cl.B01D 71/02. EP 0425252 B1. 1990-10-23.

ภาคผนวก

แบบสรุปโครงการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรม (ฝ่าย 5)

สัญญาเลขที่ RDG 4550026 ชื่อโครงการ การพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาเพื่อใช้ในการปลูกกล้วยไม้และ
ไม้ดอกไม้ประดับ

หัวหน้าโครงการ นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์ **สถาบัน** กรมวิทยาศาสตร์บริการ

โทรศัพท์ 0-2201-7104

โทรสาร 0-2248-0106

E-mail : rung@mail.dss.go.th

ความสำคัญ / ความเป็นมา

หลังจากเกิดปัญหาวิกฤตเศรษฐกิจขึ้นในประเทศไทยเมื่อ 5 ปีก่อน ทำให้โรงงานต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมเซรามิกต้องประสบปัญหาเกี่ยวกับการเงิน และการขายสินค้าภายในประเทศ สินค้าเซรามิกของชำร่วย เช่น เบญจรงค์ เครื่องลายคราม ตุ๊กตา และเครื่องประดับตกแต่ง เป็นต้น รวมทั้งสินค้าในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ได้แก่ ลูกกรงเซรามิก กระเบื้อง และเครื่องสุขภัณฑ์ ฯลฯ ขายไม่ได้ดีเช่นเดิม ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกต้องปิดโรงงานลงถึงประมาณร้อยละ 40 และบางโรงต้องลดกำลังการผลิต และบางโรงได้ถูกควมรวมกิจการ เช่น โรงงานผลิตกระเบื้องโซสุโก้ ได้ถูกโรงงานคอตโคซึ่งอยู่ในเครือของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย ซื้อกิจการเพื่อลดคู่แข่งในทางการค้า อย่างไรก็ตามโรงงานที่มีพื้นฐานดีและมีการผลิตเพื่อการส่งออกก็ยังสามารถยืนหยัดอยู่ได้ รวมทั้งมีกำไรเพิ่มขึ้นจากอัตราค่าเงินบาทที่ลดลง ถึงแม้เศรษฐกิจของญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา ลูกค้านรายใหญ่ของเราจะถดถอยก็ตาม

ตารางที่ 1 มูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มเซรามิก

ประเภท		มูลค่า (ล้านบาท)				
		2542	2543	2544	2544 (มก.-พย.)	2545 (มก.-พย.)
1	กระเบื้องปูพื้นปิดผนังและโมเสก	1,802.10	2,077.20	2,339.30	2,120.60	2,211.40
2	เครื่องสุขภัณฑ์	2,896.70	3,446.40	3,647.20	3,341.10	2,404.10
3	ลูกถ้วยไฟฟ้า	352.8	639.4	491.8	464.7	387.4
4	ของชำร่วยและเครื่องประดับ	1,325.50	1,616.10	1,274.40	1,177.80	1,131.40
5	ถ้วยชามทำด้วยเซรามิก	5,057.50	6,059.50	6,445.90	5,893.10	6,550.60
6	ผลิตภัณฑ์เซรามิกอื่น ๆ	2,105.40	5,976.20	6,359.60	5,961.00	5,050.70
รวม		13,540.00	19,814.80	20,558.20	18,958.30	17,735.60

ที่มา : สำนักบริหารสารสนเทศการพาณิชย์ โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

หมายเหตุ : 2545 (มก.-พย.) เป็นตัวเลขเบื้องต้น

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่ามูลค่าการส่งออกสินค้ากลุ่มเซรามิก ซึ่งมีรายการใหญ่ 5 รายการ คือ กระเบื้องปูพื้นปิดผนังและโมเสก เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า ของชำร่วยและเครื่องประดับ ถ้วยชามทำด้วยเซรามิก เพิ่มขึ้นทุกปี แต่การส่งออกใน พ.ศ. 2545 เมื่อเทียบกับ พ.ศ. 2544 ลดลงในรายการของลูกถ้วยไฟฟ้าและของชำร่วยและเครื่องประดับ ถึงแม้จะเป็นเงินที่ไม่มากนัก แต่ก็เห็นเป็นเครื่องสังเกตได้ว่า ผู้ผลิตสินค้าเซรามิกในประเทศไทยจะต้องมีการปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบและประเภทเพิ่มมากขึ้น

การที่ประเทศจีนสามารถเข้าเป็นสมาชิกของ WTO ทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกของไทยต้องทำการบ้านอย่างหนักในการที่จะต้องแข่งขันกับจีนในการส่งสินค้าขายประเทศสหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น และ ยุโรป ขณะนี้โรงงานของเรามากจะเป็นผู้รับคำสั่งซื้อจากนายหน้า จากประเทศที่กล่าวมาข้างต้น โดยบริษัทนายหน้าจะออกรูปแบบเอง แล้วทดลองผลิตเมื่อได้ผลิตภัณฑ์ที่พอใจก็นำไปเสนอขายกับผู้นำเข้าในประเทศต่างๆ เมื่อได้คำสั่งซื้อจึงมาหาผู้ที่จะทำการผลิตให้ในประเทศแถบเอเชีย ได้แก่ ไทย จีน เวียดนาม อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ และมาเลเซีย ฯลฯ โรงงานใดผลิตได้คุณภาพและราคาถูกก็จะได้รับคำสั่งให้ผลิตขาย ขณะนี้ประเทศไทยมีเทคโนโลยีในการผลิตสินค้าคุณภาพ ถึงแม้จะมีราคาแพงกว่าประเทศจีนบ้าง บริษัทนายหน้าเหล่านี้ยังคงให้โรงงานในประเทศไทยเป็นผู้ผลิต แต่ถ้าจีนพัฒนาวิธีการผลิตให้เท่าเทียมกับเราในราคาที่ถูกลง เนื่องจากค่าแรงถูกกว่า และสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก บริษัทนายหน้าเหล่านี้จะย้ายฐานการผลิตไปประเทศจีนทันที

ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทยในระยะ 5 ปีข้างหน้า จะต้องมิวัสัยทัศน์ในการทำงาน และปรับปรุงกลยุทธ์ในการผลิต กระบวนการผลิต เน้นด้านคุณภาพสูง เช่น พอร์ซเลน โบนไชนา เป็นต้น ออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ รวมทั้งการสร้าง brand name เป็นของตนเอง ไม่เช่นนั้นแล้วการปิดโรงงานรอบที่ 2 ต้องตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

นอกจากนี้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ราคาไม่แพง กระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก สามารถผลิตได้ครั้งละเป็นจำนวนมาก รวมทั้งใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ในประเทศ น่าจะเป็นคำตอบที่ดีในการที่จะแข่งขันกับการค้าขายสินค้าเซรามิกในอนาคต

วรุณี ภิรมงคล และคณะ (2544) ได้วิจัยเนื้อดินชนิดใหม่ ซึ่งประกอบด้วยดินเหนียว 10 ส่วน และผงหญาแฝกแห้ง 1 ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปขึ้นรูปกระถาง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ได้กระถางหญาแฝกเผาที่มีรูพรุน น้ำหนักเบากว่ากระถางดินเผาธรรมดา เนื่องจากหญาแฝกได้สลายตัวไป และสามารถนำไปเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ที่ต้องการ aeration สูง ได้ผลดีกว่าปลูกในกระถางพลาสติก นอกจากนี้ยังได้วัสดุปลูกที่มีน้ำหนักเบา มีรูพรุนสามารถอุ้มน้ำไว้ได้ ใช้ทดแทนวัสดุปลูกซึ่งต้องนำเข้า

จากการศึกษาเอกสารสิทธิบัตรพบว่ามีวิธีการผลิตเกี่ยวกับวัสดุเซรามิกที่มีรูพรุนเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้เป็นสารกรองน้ำกรองอากาศ Doulton & Company, Limited จัดสิทธิบัตรผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีรูพรุนใช้สำหรับเป็นสารกรอง (filters) แต่ไม่ได้แจ้งว่าใช้วัตถุดิบอะไร Kimura และคณะ(พ.ศ. 2528) จัดสิทธิบัตรสารกรองซึ่งผลิตจากผงอะลูมินา (Al_2O_3) กับสารยึดเหนี่ยวอินทรีย์ (organic binder) ทำให้เป็นเม็ดขนาดเล็กด้วยวิธี Spray Dry เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส นำไปผสมกับ acrylic polymer ขึ้นรูปด้วยวิธีอัด (press) แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส เพื่อให้เม็ดเชื่อมติดกัน (Sinter) จะได้เซรามิกรูพรุนสม่ำเสมอ

Wisconsin Alumni Research Foundation จดสิทธิบัตร พ.ศ. 2535 การผลิตวัสดุเซรามิกจากโลหะออกไซด์สำหรับผลิตสาร Catalytic และสารดูดซับ (adsorbent) Titanium oxide membrane, Zirconium oxide membrane, Titanium membrane, และ Titanium Dioxide Pellets ฯลฯ ซึ่งมีกรรมวิธีการผลิตที่ยังยากซับซ้อน Rasto Brezny ได้จดสิทธิบัตร พ.ศ. 2537 เกี่ยวกับการผลิตลูกปัดที่มีรูพรุน (porous ceramic beads) โดยมีส่วนผสมของอะลูมินา, น้ำ, Darwan 821A และ Sodium borate หรือใช้ Aluminium titanate และ Zirconium titanate แทนอะลูมินา แล้วผสมกับ foam ซึ่งเป็น prepolymer เมื่อนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,600 องศาเซลเซียส พวก prepolymer จะหายไปทำให้ได้ porous ceramic

นอกจากนี้เซรามิกที่มีรูพรุนอาจได้จากการใช้ diatomite ซึ่งเกิดจากซากสัตว์ทะเลขนาดเล็ก (diatom) ซึ่งเป็นสารซิลิกา (SiO_2) ที่มีรูพรุนเล็ก ๆ ทั่วไปในโครงสร้าง (skeleton) ตายทับถมกันนานเป็นเวลานานหลายสิบล้านปี นำมาใช้เป็นสารกรองน้ำ

วิธีการผลิตอีกอย่างหนึ่งคือใช้สารเคมี เช่น กรด เต็มลงไปในส่วนผสมที่มีคาร์บอนेट จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นทำให้เกิดฟองอากาศ

สำหรับการผลิตอิฐเบาน้ำใส่ขี้เลื่อย (sawdust) ลงไปแล้วเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้รูพรุนจากการสลายตัวของขี้เลื่อย ซึ่งอิฐเบานี้ไม่มีการเคลือบ

เนื่องจากภาคกลางและภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศจะมีการทำนาและมีโรงเลื่อย ดังนั้นวัสดุเหลือทิ้ง ได้แก่ ฟางข้าว และ ขี้เลื่อยจะหาได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบา จะใช้ฟางข้าวและขี้เลื่อยแทนหญ้าแฝกซึ่งหาได้ยากกว่าวัสดุทั้ง 2 ชนิด ตามที่กล่าวมาข้างต้น

นอกจากนี้เพื่อให้ต้นทุนในการขนส่งลดลง จึงจะใช้ดินกำแพงเพชร ซึ่งมีสีขาวอมชมพู แต่เมื่อเผาแล้วจะมีสีขาว และดินอ่างทองซึ่งเผาแล้วจะมีสีแดง โดยที่จะใช้ดินกำแพงเพชรในการทำผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาชนิดเคลือบ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีสีขาวงามและชนิดไม่เคลือบ ส่วนดินอ่างทองจะใช้ในการศึกษาวิจัยทดลองผลิตผลิตภัณฑ์กระถางสีแดงใช้ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ เพื่อให้ผู้ใช้ซึ่งยังเคยชินอยู่กับการใช้กระถางดินเผาแดงไม่มีความรู้สึกต่อต้านในช่วงแรก

สำหรับเคลือบที่ใช้ในการเคลือบผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบานั้นจะทดลองผลิตเคลือบสีต่างๆ ให้เหมาะสมกับรูปแบบและประโยชน์การใช้สอย ได้แก่ สีดำ, สีน้ำเงินเข้ม, สีฟ้า, สีครีม และสีเขียว ฯลฯ

ส่วนเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลมที่มีรูพรุนนั้นจะทดลองผลิตขนาดต่างๆ เพื่อให้โครงการย่อยที่ 2 นำไปศึกษาทดลองปลูกกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับต่อไป พร้อมกับกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา เพื่อให้ได้ข้อมูลของการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ที่วิจัยได้

วัตถุประสงค์โครงการ

1. เพื่อให้ได้เทคโนโลยีผลิตกระถางหรือภาชนะเซรามิกน้ำหนักเบา เพื่อใช้ในปลูกไม้ดอกไม้ประดับ และการประดับตกแต่งอาคาร
2. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและการออกดอกของกล้วยไม้และไม้ดอกไม้ประดับในกระถางเซรามิกน้ำหนักเบาและเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม เปรียบเทียบกับกระถางพลาสติกและกระถางดินเผาแบบธรรมดา

ผลที่ได้รับ	บรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่....	โดยทำให้.....
1. ได้เนื้อดินกำแพงเพชร + ฟางข้าว กำแพงเพชร + จีเลื่อย อ่างทอง + ฟางข้าว และอ่างทอง + จีเลื่อย ในอัตราส่วนที่เหมาะสม	1	1. สามารถนำไปผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก น้ำหนักเบาได้หลายชนิด ได้แก่ กระถาง เซรามิกน้ำหนักเบา ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา และเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ฯลฯ
2. ได้กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาไม่เคลือบสี ขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว	1	2. เป็นกระถางเซรามิกน้ำหนักเบา ที่มีรูพรุน ทั้งกระถางทำให้ถ่ายเทอากาศ (aeration) ดี เหมาะสำหรับปลูกกล้วยไม้ และ ไม้ดอกไม้ ประดับที่ต้องการความชื้น และการถ่ายเท อากาศดี กระถางจะเบากว่ากระถางเซรามิก ธรรมดาประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์
3. ได้กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสี หลายสี ได้แก่ สีดำ สีน้ำเงิน สีฟ้า สีเขียว สีเหลือง สีแดง สีชมพู และสีส้ม ทั้งชนิด สีพื้น และเป็นจุดสวยงามมาก	1	3. ใช้กระถางใส่ต้นไม้ประดับตกแต่งห้อง หรืออาคารให้สวยงาม กระถางจะเบากว่า กระถางเซรามิกเคลือบสีชนิดธรรมดาทั่วไป ประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์
4. ได้ผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ในโลก คือ ท่อน เซรามิกน้ำหนักเบาและแผ่นเซรามิกน้ำหนัก เบารูปหัวใจ	1 และ 2	4. ใช้เป็นวัสดุปลูกแทนท่อนไม้ธรรมชาติ ซึ่ง จะผุพังภายในสองปี ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา และแผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจเหมาะ สมสำหรับใช้ปลูกกล้วยไม้หวายและกล้วยไม้ พื้นเมือง ซึ่งมีรากอากาศ สามารถเจริญเติบโต งอกราก งอกหน่อใหม่ ออกดอกได้ตามฤดูกาล โดยรดน้ำให้ชุ่มชื้น เช้าเย็น กล้วยไม้พื้นเมือง ทุกชนิดเจริญเติบโตได้ในกรุงเทพฯ ถ้าปลูก ได้ต้นไม้ใหญ่ และรดน้ำให้เพียงพอ

ผลที่ได้รับ	บรรลุลวัตถุประสงค์ข้อที่....	โดยทำให้.....
5. ได้เม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ขนาดระหว่าง 0.5 – 1.5 เซนติเมตร	1	5. ใช้เป็นวัสดุปลูกไม้ดอกไม้ประดับทดแทนวัสดุปลูกนำเข้าจากต่างประเทศ (Expanded clay) เนื่องจากมีรุกรุนและน้ำหนักเบา ต้นทุนการผลิตถูก เพราะใช้วัสดุในประเทศทั้งหมด
6. ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการปลูกกล้วยไม้ ไม้ดอกและไม้ประดับ ในผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาข้อ 1- 5	2	6. ใช้เป็นข้อมูลในการปลูกพรรณไม้ด้วยผลิตภัณฑ์เซรามิกน้ำหนักเบาว่า พรรณไม้ชนิดใดเหมาะสมสำหรับการปลูกในผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดอะไร รวมทั้งมีวิธีการเลี้ยงดูแลรักษาพรรณไม้แต่ละชนิดด้วย

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผู้ขายสินค้า 3 ราย ได้พบกับ คุณพะเวียง จงมีสุข เจ้าของและผู้จัดการห้างหุ้นส่วน ทองประเสริฐศิลป์ชัย เซรามิก จำกัด ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2546 ตกลงในรายละเอียดเกี่ยวกับการสั่งซื้อสินค้าเซรามิกน้ำหนักเบาต่อไป

การประชาสัมพันธ์

1. นำผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีไปแสดงในงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ณ เมืองทองธานี ระหว่างวันที่ 15 – 25 สิงหาคม 2545
2. นำผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาเคลือบสีไปแสดงในงานสมาคมไม้ประดับในประเทศไทย ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระหว่างวันที่ 16 – 19 ธันวาคม 2545
3. นำผลิตภัณฑ์กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาทุกชนิด ได้แก่ กระถางเซรามิกน้ำหนักเบาทั้งชนิดไม่เคลือบ และเคลือบสี ขนาด 4 นิ้ว 6 นิ้ว และ 8 นิ้ว ท่อนเซรามิกน้ำหนักเบา แผ่นเซรามิกน้ำหนักเบารูปหัวใจ และเม็ดเซรามิกน้ำหนักเบาทรงกลม ซึ่งปลูกกล้วยไม้ ไม้ดอกไม้ประดับไปแสดงในงานประชุมวิชาการและนิทรรศการในหัวข้อ “ความรู้เพื่อชีวี” 10 ปี สกว. ระหว่างวันที่ 19 – 23 กุมภาพันธ์ 2546 ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ มีผู้เยี่ยมชมผลงานจำนวนมาก ระหว่าง 500- 800 คนต่อวัน และทุกคนสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ดังกล่าว