



โครงการวิจัย

การทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี

โดย

นายโอภาส นุชนิยม

คณะศิลปวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม

ปีงบประมาณ ๒๕๕๘

หอสมุดกลาง สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

Barcode.....

เลขเรียกหนังสือ.....

หนังสืออ้างอิง ใช้เฉพาะในห้องสมุดเท่านั้น

บทคัดย่อ

โครงการวิจัย โครงการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)

หัวหน้าโครงการ นายโอภาส นุชนิยม

ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์เกียรติคุณเสริมศักดิ์ นาคบัว ,รองศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม

โครงการวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการทดลองน้ำยาเคลือบที่สามารถนำไปใช้ได้กับเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) ซึ่งมีอัตราส่วนที่สามารถทนไฟได้ถึง 1200 องศาเซลเซียส มีส่วนผสมดังนี้

ดินเหนียวนครชัยศรี 50 เปอร์เซ็นต์ ,ดินขาวระนอง 35 เปอร์เซ็นต์ ,ดินเชื้อ 15 เปอร์เซ็นต์

ผู้วิจัยได้มุ่งเป้าหมายของการวิจัยไปที่ลักษณะของน้ำยาเคลือบที่มีจุดหลอมของน้ำยาเคลือบในอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส,ลักษณะพื้นผิวของน้ำยาเคลือบที่มีความใสและมีความทึบ,สีส่น,การนำไปใช้ได้กับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา),ตลอดจนเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่าย เพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอน

ดังนั้นผู้วิจัยได้ทดลองพัฒนาส่วนผสมของน้ำยาเคลือบให้สามารถนำไปใช้ได้กับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) ด้วยวิธีการทดลองเติมวัตถุดิบแร่หินฟันม้า,แบเรียม คาร์บอเนต,แมกนีเซียม ออกไซด์,ทัลคัม,ซิงค์ ออกไซด์,แคลเซียม คาร์บอเนต,ดินเหนียวนครชัยศรี ,แร่ควอทซ์,ซิลิกา,เซอร์โคเนียม,เพอร์ริค ออกไซด์,คอปเปอร์ คาร์บอเนต,คอปเปอร์ออกไซด์,โคบอลต์ ออกไซด์,แมงกานีส ไดออกไซด์,เซอร์โคเนียม ซิลิเกต,นิเกิล

ด้วยวิธีการคำนวณแบบสูตรตารางสามเหลี่ยมและตารางสี่เหลี่ยม จากการทดลองได้ผลเป็นที่ต้องการ คือ ได้สูตรน้ำยาเคลือบที่มีความใสและสูตรน้ำยาเคลือบที่มีความทึบ

สูตรน้ำยาเคลือบใสสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4) มีอัตราส่วนผสมดังนี้

- | | | |
|----------------------|----|---|
| - หินฟันม้า | 70 | % |
| - แมกนีเซียมออกไซด์ | 10 | % |
| - ดินเหนียวนครชัยศรี | 20 | % |

สูตรน้ำยาเคลือบทึบสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11

- | | | |
|----------------------|----|---|
| - หินฟันม้า | 40 | % |
| - แบเรียม คาร์บอเนต | 10 | % |
| - ซิงค์ ออกไซด์ | 10 | % |
| - ดินเหนียวนครชัยศรี | 40 | % |

สูตรน้ำยาเคลือบทั้ง 2 สูตรนี้สามารถนำไปใช้กับสารให้สีและได้สีส่นเพิ่มอีกหลายสูตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการช่วยเหลือจากองค์กรและบุคลากรหลายส่วน ที่เล็งเห็นคุณค่าและความสำคัญของการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้สนับสนุนดังนี้

- สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ ที่จัดสรรงบประมาณสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้
- คณะกรรมการทุกท่านที่ร่วมพิจารณาสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้
- อาจารย์ที่ปรึกษาศาสตราจารย์เกียรติคุณเสริมศักดิ์ นาคบัว
- อาจารย์ที่ปรึกษารองศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม
- คณะบดีคณะศิลปวิจิตรและคณาจารย์ทุกท่านในคณะศิลปวิจิตร

คุณรัตนา เกื้อกุล,อาจารย์เกษกานต์ ชูประดิษฐ์ ,ดวงมณี พรหมพิงค์ ที่ช่วยจัดการเรื่องเอกสารทั้งหมด เจ้าหน้าที่คณะศิลปวิจิตรทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ นักศึกษาจากสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาที่มีส่วนร่วมทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรีครั้งนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่	
1. บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์การวิจัย.....	2
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	2
กรอบการวิจัย.....	2
ขอบเขตการวิจัย.....	3
ระเบียบวิธีการวิจัย.....	3
ประโยชน์ของการวิจัย.....	3
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ข้อมูลเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
— ประวัติความเป็นมาของน้ำยาเคลือบ	4
— การจำแนกชนิดของเคลือบ.....	6
— วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำยาเคลือบ.....	7
— ทฤษฎีการหาค่าอัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ.....	16
— การเผา.....	19
ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
— งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
— สูตรแบบทฤษฎีแบบเส้นตรง.....	23
— สูตรแบบทฤษฎี 3 เหลี่ยมด้านเท่า	25
— สูตรแบบทฤษฎี 4 เหลี่ยมด้านเท่า	44

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
สูตรน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)	62
สีน้ำเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)	62
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย.....	78
ข้อเสนอแนะ.....	81
บรรณานุกรม.....	82
ภาคผนวก.....	84
ภาคผนวก ก ภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมสูตรน้ำยาเคลือบ.....	85
ภาคผนวก ข ภาพอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย.....	88
ภาคผนวก ค ขั้นตอนการปฏิบัติงานซังสารเคมี.....	90
ประวัติผู้วิจัย.....	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ตารางการจำแนกสารเคมีแต่ละกลุ่ม.....	7
2. ตารางแสดงคุณสมบัติของวัตถุอันตรายแต่ละชนิด.....	7
3. ตารางเส้นตรง.....	16
4. ตารางแสดงผลรวมสูตรทฤษฎีเส้นตรง.....	16
5. ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า.....	17
6. ตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า.....	18
7. ตารางสูตรเคลือบแบบเส้นตรง.....	23
8. ตารางผลการทดลองสูตรเคลือบแบบเส้นตรง.....	24
9. สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1).....	26
10. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1)เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	27
11. ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 2).....	29
12. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	30
13. ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 3).....	32
14. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	33
15. ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 4).....	35
16. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	36
17. ผลตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 5).....	38
18. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	39
19. ตาราง สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 6).....	41
20. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	42
21. ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 1).....	45
22. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	46
23. ตาราง สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 2).....	48
24. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	49
25. ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 3).....	51
26. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	52
27. ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 4).....	54
28. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	55

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
29. ตาราง สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 5).....	57
30. ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส	58
31. ตารางสูตรที่ดีที่สุดของแต่ละผลการทดลอง.....	60
32. ตารางทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์.....	63
33. ตารางผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3	68
34. ตารางผลการทดลองเคลือบทึบเติมสารให้สี.....	71
35. ผลการทดลองเคลือบทึบเติมสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11...	76



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. ลูกบัตสีฟ้าที่ทำขึ้นในประเทศอียิปต์	4
2. เคลือบเขียวไขกา.....	5
3. ผลงานเคลือบสีฟ้าของผู้วิจัย.....	5
4. แร่หินฟันม้า.....	8
5. เซอร์โคเนียม ซิลิเกต.....	8
6. แบเรียมคาร์บอเนต.....	9
7. ซิงค์ออกไซด์.....	9
8. หินปูน.....	10
9. ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา).....	10
10. ควอตซ์.....	11
11. แมกนีเซียมออกไซด์.....	11
12. นิกเกิล.....	12
13. เหล็ก.....	12
14. แมงกานีส.....	13
15. โครเมียม.....	13
16. คอปเปอร์.....	14
17. โคบอลต์.....	14
18. เซอร์โคเนียม.....	15
19. ไทเทเนียม.....	15
20. เตาไฟฟ้า.....	19
21. เตาแก๊ส.....	19
22. ขี้เถ้าไม้เบญจพรรณผสมกับดินขาวลำปางตามทฤษฎีเส้นตรง.....	20
23. ขี้เถ้าไม้เบญจพรรณ หินฟันม้าและดินขาวลำปางทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า...	21
24. ไม้เบญจพรรณ,หินฟันม้า,ดินขาวลำปาง,แคลเซียม ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า...	21
25. ผลการทดลองทฤษฎีเส้นตรงแร่หินฟันม้ากับดินนครชัยศรี.....	24
26. ผลการทดลองเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1)แร่หินฟันม้า,แบเรียม และ ดินเหนียวนครชัยศรี.....	27

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
27. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1) 1	28
28. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1) 2	28
29. ผลการทดลองเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 2)แร่หินฟันม้า,ซิงค์ ออกไซด์และ ดินเหนียวนครชัยศรี.....	30
30. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่2) 1.....	31
31. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่2) 2.....	31
32. ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 3)แร่หินฟันม้า,แคลเซียม คาร์บอเนตและ ดินเหนียวนครชัยศรี.....	33
33. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 1.....	34
34. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 2.....	34
35. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 3.....	34
36. ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 4)แร่หินฟันม้า,แมกนีเซียม ออกไซด์และ ดินเหนียวนครชัยศรี.....	36
37. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 4) 1.....	37
38. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่4) 2.....	37
39. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่4) 3.....	37
40. ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 5)แร่หินฟันม้า,ทัลค์และดินเหนียวนครชัยศรี	39
41. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่5) 1.....	40
42. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่5) 2.....	40
43. ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 6)แร่หินฟันม้า,เซอร์โคเนียมซิลิเกตและ ดินเหนียวนครชัยศรี.....	42
44. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่6) 1.....	43
45. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่6) 2.....	43
46. ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1)แร่หินฟันม้า,แบเรียม คาร์บอเนต,ซิงค์ ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี.....	46

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
47. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 1.....	47
48. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 2.....	47
49. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 3.....	47
50. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 4.....	47
51. ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2)แร้นหินพื้นม้า,แบเรียม คาร์บอเนต,แมกนีเซียม ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี.....	49
52. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่2) 1.....	50
53. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่2) 2.....	50
54. ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3)แร้นหินพื้นม้า,ซิงค์ออกไซด์ ,ทัลค์และดินเหนียวนครชัยศรี.....	52
55. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่3) 1.....	53
56. ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4)แร้นหินพื้นม้า,ซิงค์ออกไซด์ ,เซอร์โคเนียมซิลิเกตและดินเหนียวนครชัยศรี.....	55
57. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่4) 1.....	56
58. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่4) 2.....	56
59. ผลทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5)แร้นหินพื้นม้า ,เซอร์โคเนียมซิลิเกต,ดินเหนียวนครชัยศรี.....	58
60. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่5) 1.....	59
61. รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่5) 2.....	59
62. เคลือบใสสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3.....	62
63. ผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3	62
64. เคลือบทึบสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11.....	70
65. ผลการทดลองเคลือบทึบเติมสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11	70
66. ผลจากการทดลองเคลือบชิ้นงาน.....	77

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เครื่องเคลือบดินเผา คือภาชนะเครื่องปั้นดินเผาที่ผ่านกระบวนการชุบเคลือบแล้วนำไปเผาในอุณหภูมิสูงจนน้ำยาเคลือบหลอมกลายเป็นแก้วบางๆฉาบลงบนผิวภาชนะนั้นๆ ซึ่งมีประวัติศาสตร์อันยาวนานเริ่มต้นจากการค้นพบโดยบังเอิญของชนชาติอียิปต์ต่อมาได้มีวิวัฒนาการเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน เหตุผลหลักของการทำเครื่องเคลือบดินเผา เพื่อต้องการความสวยงามตลอดจนการใช้สอยที่สะดวกมากขึ้น ส่วนสำคัญของการทำเครื่องเคลือบดินเผาประกอบด้วย ดินที่มีคุณสมบัติที่ดี น้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้น ความร้อนของไฟที่ต้องเผาจนน้ำยาเคลือบหลอมละลาย ซึ่ง หลังจากที่ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา) อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม มาปรับปรุงและเพิ่มคุณสมบัติของเนื้อดินให้เหมาะสมกับการนำใช้งาน จนได้สูตรเนื้อดินปั้นที่ดีและเหมาะสมกับการปั้นงานแล้วนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการต่อยอดการดำเนินการขั้นต่อไป โดยการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี เพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความสวยงามในชิ้นงาน

อีกทั้งน้ำยาเคลือบสำเร็จรูปก็มีขายในรูปแบบบริษัทแต่ราคาค่อนข้างสูงและบางครั้งก็ไม่สามารถนำมาใช้กับเนื้อดินปั้นนครชัยศรีได้ เพราะสัมป ระสิทธิภาพหดตัวและขยายตัวแตกต่างกัน จึงเกิดปัญหา เช่น เคลือบหลังเผามีรอยร้าว เคลือบไม่เกาะชิ้นงาน เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสังเกตว่า จะสามารถทำน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นนครชัยศรีและราคาต้นทุนถูกกว่าได้อย่างไร

อนึ่งทางสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาได้กำหนดให้มีหลักสูตรการเรียนรู้เรื่องเคลือบ โดยบรรจุอยู่ในรายวิชาเทคนิคในการสร้างสรรค์งานเครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งนักศึกษาต้องเรียนรู้การคำนวณ เรียนรู้ส่วนผสม เรียนรู้คุณสมบัติของสารเคมี เพื่อนำไปใช้ในการเรียนของส่วนรายวิชาอื่นที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งการเรียนรู้โดยใช้ส่วนผสมที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นก็เป็นสิ่งหนึ่งที่สามารถสร้างเอกลักษณ์เฉพาะตัวให้กับชิ้นงานได้

ดังนั้นน้ำยาเคลือบจึงมีความสำคัญมากต่อกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษาในรายสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา และในการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบดังนี้

1. แร่หินฟันม้า
2. แบเรียม คาร์บอเนต
3. แมกนีเซียม ออกไซด์
4. ทัลคัม
5. ซิงค์ ออกไซด์
6. แคลเซียม คาร์บอเนต
7. ดินนครชัยศรี
8. แร่ควอตซ์,ซิลิกา
9. เซอร์โคเนียม ซิลิเกต
10. ออกไซด์ ให้สี

จากข้อความข้างต้นนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะต่อยอดต่อจากโครงการเดิม(โครงการพัฒนาส่วนผสมเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินนครชัยศรี(ท่านา) จังหวัดนครปฐม เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส)โดยการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรีให้เหมาะสมกับการปั้นและสามารถนำไปใช้ในด้านกรเรียนการสอนของสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาให้มีประสิทธิภาพและเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายต่อไป

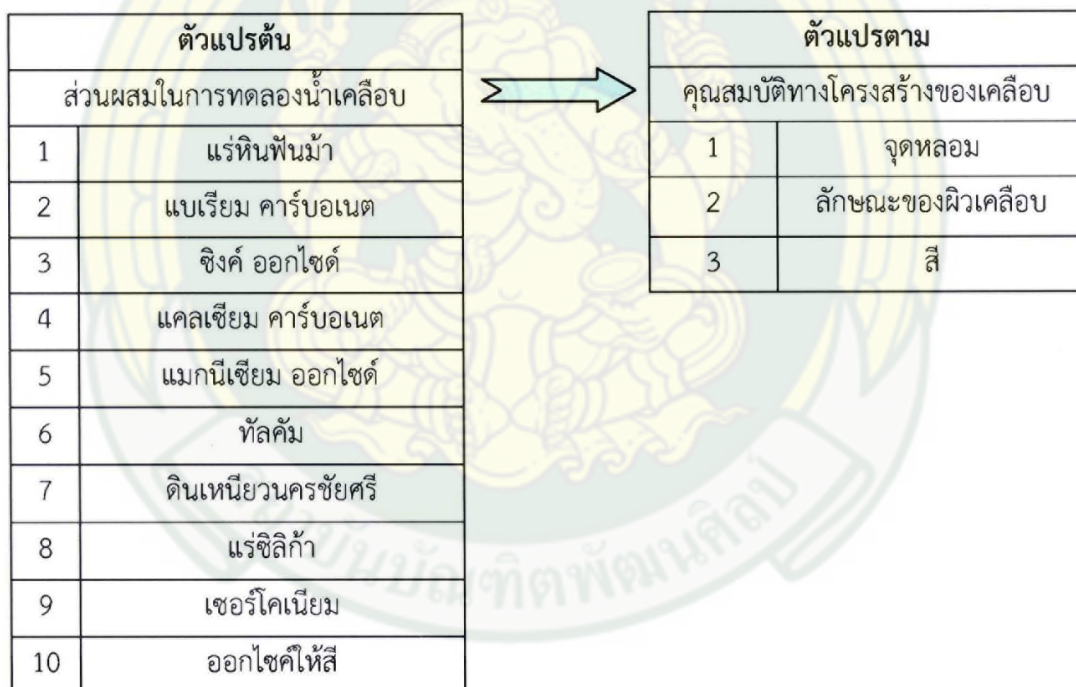
วัตถุประสงค์การวิจัย

- ศึกษาอัตราส่วนผสมของการทดลองนํ้ายาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- นํ้ายาเคลือบ คือ ส่วนผสมของสารเคมีที่นำมาใช้ในกาชุบเคลือบงานปั้น ซึ่งมีความ เหมาะกับการนำไปใช้กับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี
- สูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) คือ สูตรเนื้อดินที่ผู้วิจัยได้ทำการผสมขึ้นใหม่ให้เหมาะกับการปั้นงานซึ่งประกอบด้วย
ดินเหนียวนครชัยศรี 50 % ,ดินขาวระนอง 35 % ,ดินเชื้อ 15 %
- ออกไซด์ให้สี คือ สารเคมีที่ใช้ผสมลงในนํ้ายาเคลือบ เมื่อนำไปเผาจะให้สีสัน

กรอบการวิจัย



ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาส่วนผสมของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นนครชัยศรี ใช้วัตถุดิบ ได้แก่ หินฟันม้า, แบริยม คาร์บอนเนต, ซิงค์ ออกไซด์, แคลเซียม คาร์บอนเนต, แมกนีเซียม ออกไซด์, ทัลคัม, ดินเหนียวนครชัยศรี, ซิลิกา, เซอร์โคเนียม นำไปทดสอบหาจุดหลอมตัวกลายเป็นน้ำเคลือบหาตำแหน่งสูตรที่ดีที่สุด โดยใช้หลักการคำนวณแบบสูตรเส้นตรง, ตาราง 3 เหลี่ยมด้านเท่า, ตาราง 4 เหลี่ยมด้านเท่า เผาด้วยเตาไฟฟ้า เมื่อได้สูตรที่ดีที่สุดแล้วนำไปเติมสารให้สี เพื่อเพิ่มสีของเคลือบที่หลากหลายได้แก่ คอปเปอร์ ออกไซด์, โคบอลต์ ออกไซด์, เฟอร์ริก ออกไซด์, คอปเปอร์คาร์บอนเนต, แมงกานีส ออกไซด์, โทเทเนียม ออกไซด์ เป็นต้น

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากงานวิจัยของผู้วิจัยท่านอื่นที่เคยทำเกี่ยวกับการวิจัยส่วนผสมน้ำยาเคลือบ
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลตำราเรียนที่เกี่ยวกับเคลือบและข้อมูลทางอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้ในการแยกสารเคมีที่เหมาะสมในการนำไปผสมเป็นสูตรพร้อมวิเคราะห์ข้อมูลคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิด
3. คำนวณโดยใช้สูตร
 - สูตรเส้นตรง คือ การใช้สารเคมี 2 ชนิดผสมกันในอัตราส่วน 100 %
 - สูตร 3 เหลี่ยมด้านเท่า คือ การใช้สารมี 3 ชนิดผสมกันในอัตราส่วน 100 %
 - สูตร 4 เหลี่ยมด้านเท่า คือ การใช้สารมี 4 ชนิดผสมกันในอัตราส่วน 100 %
4. นำวัตถุดิบมาผสมตามสัดส่วนที่ได้จากการคำนวณแล้วนำส่วนผสมแต่ละสูตรมาชุบกับชิ้นงานเนื้อดินปั้นนครชัยศรี นำไปเผาในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส
5. นำผลการทดลองแต่ละสูตรมาสังเกตจดบันทึก พร้อมเลือกสูตรที่ผ่านการทดสอบเติมสารให้สี แล้วนำไปเผาในเตาไฟฟ้าเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เพื่อให้เกิดสีสันของเคลือบที่หลากหลาย ก่อนนำไปใช้ในชิ้นงานจริง
6. สรุปผลการวิจัยเป็นเอกสารการวิจัยพร้อมตัวอย่างชิ้นงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำน้ำยาเคลือบไปใช้กับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ในการเรียนการสอน
2. ได้สีสันทนของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี
3. สามารถใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพและสร้างเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว
4. สามารถใช้วัตถุดิบที่ผสมขึ้นใหม่เพื่อใช้เป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการพัฒนาอัตราส่วนผสมของการทดลองน้ำยาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ให้เหมาะสมมากที่สุด จึงได้ทำการสืบค้น ข้อมูลเอกสารคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด เอกสารทางวิชาการ เอกสารอ้างอิง ทฤษฎี การคำนวณน้ำยาเคลือบ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดหมวดหมู่ข้อมูลดังนี้

2.1 ข้อมูลเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- ❖ ประวัติความเป็นมาของน้ำยาเคลือบ
- ❖ การจำแนกชนิดของเคลือบ
- ❖ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำยาเคลือบ
- ❖ ทฤษฎีการหาอัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ
- ❖ การเผา

2.2 ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ❖ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลเอกสารและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

- ❖ ประวัติความเป็นมาของน้ำยาเคลือบ

พบว่าเคลือบเกิดขึ้นครั้งแรกเมื่อประมาณ 12,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ได้แก่ เคลือบลูกปัด ที่ทำขึ้นในประเทศอียิปต์ ซึ่งชาวอียิปต์ได้พบการเกิดแก้วโดยบังเอิญ เมื่อทรายและหินทรายที่มีเกลือบนอนอยู่ด้วยถูกหลอมละลายด้วยไฟ เมื่อ 3,000 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ชาวอียิปต์ก็ได้ใช้เคลือบกับเครื่องปั้นดินเผาของเขาเคลือบพวกนี้ได้แก่ พวกเคลือบต่างที่ผสมทองแดงซึ่งก็มีประสิทธิภาพดีในการปกคลุมผิวและตกแต่ง



ภาพที่ 1: ลูกปัดสีฟ้าที่ทำขึ้นในประเทศอียิปต์

ข้อมูลภาพ : <http://portal.welovesshopping.com/product/W18490657>

จากนั้นเคลือบก็มีวิวัฒนาการเรื่อยมา โดยเริ่มจากศูนย์กลางที่ตะวันออกกลางเข้าสู่ยุโรปและเอเชีย จนทำให้เกิดความหลากหลาย

ประเทศไทยยุคสมัยสุโขทัยเป็นยุคที่มีความเจริญรุ่งเรืองที่สุดสามารถผลิตเครื่องเคลือบดินเผาที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตนได้ ซึ่งประกอบด้วยขี้เถ้าไม้และดินหนานาเท่านั้น ซึ่งต่อมาเรียกว่าเครื่องเคลือบดินเผาสังคโลก (Celadon) หรือ เคลือบเขียวไข่กา



ภาพที่ 2 : เคลือบเขียวไข่กา

ข้อมูลจาก : <http://2g.pantip.com/cafe/blueplanet/topic/E13060941/E13060941.html>



ภาพที่ 3 : ผลงานเคลือบขี้เถ้าของผู้วิจัย

ด้วยเหตุนี้เพื่อให้ง่ายต่อ จึงทำให้นักเคมีชาวเยอรมัน ชื่อ นายเซเกอร์ (Sager) คิดค้นสูตรการคำนวณส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ โดยแบ่งสารเคมีเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มต่าง กลุ่มกลาง กลุ่มกรด ซึ่งง่ายต่อการเตรียมส่วนผสมของเคลือบ จึงเรียกกันว่า “สูตรของเซเกอร์” (Seger Formula)

❖ การจำแนกชนิดของเคลือบ

การแบ่งชนิดของเคลือบเพื่อให้การเรียกชื่อของเคลือบได้ง่ายขึ้นจึงทำการแบ่งเคลือบตามลักษณะ
ดังนี้

- อุณหภูมิที่สุกตัวของเคลือบ
 - วัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบ
 - ลักษณะที่ปรากฏหลังเผา
1. การแบ่งเคลือบตามอุณหภูมิที่สุกตัวของเคลือบ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด
 - 1.1. เคลือบไฟต่ำ เคลือบที่สุกตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1150° c
 - 1.2. เคลือบไฟกลาง เคลือบที่สุกตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 1150 °C-1250° c
 - 1.3. เคลือบไฟสูง เคลือบที่สุกตัวที่อุณหภูมิตั้งแต่ 12 50° c ขึ้นไป
 2. การแบ่งเคลือบตามวัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบ
 - 2.1 เคลือบหินฟันม้า (Feldspar Glaze)
 - 2.2 เคลือบหินปูน (Lime Glaze)
 - 2.3 เคลือบทัลคัม (Talc Glaze)
 - 2.4 เคลือบสังกะสี (Zinc Glaze)
 - 2.5 เคลือบตะกั่ว (Lead Glaze)
 - 2.6 เคลือบลิเทียม (Lithium Glaze)
 - 2.7 เคลือบแบเรียม (Barium glaze)
 - 2.8 เคลือบดีบุก (Tin glaze)
 - 2.9 เคลือบบอแรกซ์ (Borax glaze)
 - 2.10 เคลือบชี้เถ้า (Woodash glaze)
 3. การแบ่งเคลือบตามลักษณะที่ปรากฏหลังเผา
 - 3.1 เคลือบใส (Transparent Glaze)
 - 3.2 เคลือบทึบ (Opaque Glaze)
 - 3.3 เคลือบมัน (Bright Glaze)
 - 3.4 เคลือบด้าน (Matt Glaze)
 - 3.5 เคลือบร้าว (Crack Glaze)
 - 3.6 เคลือบสี (Colored Glaze)
 - 3.7 เคลือบผลึก (Cryatalline Glaze)

นอกจากนี้เคลือบยังเรียกตามลักษณะผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เคลือบเอิร์ทเทินแวร์ ,เคลือบสโตนแวร์ ,
เคลือบปอร์ซเลน ,เคลือบไบนโซน่า ,เคลือบสุขภัณฑ์

❖ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำยาเคลือบ

วัตถุดิบที่ใช้ในเคลือบมีหลายชนิดบางชนิดให้ทั้งตัวต่าง,กลาง,กรด บางชนิดให้กลางกับกรด บางชนิดให้ตัวเองตัวเดียว วิธีการสังเกตให้ดูที่ชื่อสูตรทางเคมี เพื่อความเข้าใจง่ายขึ้นในการทำเคลือบจะแบ่งสารเคมีออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

กลุ่มต่าง (basic oxide)	กลุ่มกลาง (amphoteric oxide)	กลุ่มกรด (acidic oxide)
R_2O และ RO	R_2O_3	RO_2
แร่หินฟันม้า $KNaO$ Al_2O_3 $6SiO_2$ แบเรียมคาร์บอเนต $BaCO_3$ ซิงค์ออกไซด์ ZnO แคลเซียม คาร์บอเนต $CaCO_3$ แมกนีเซียม ออกไซด์ MgO ทัลค์ $3MgO$ $4SiO_2$ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต $ZrO_2 \cdot SiO_2$	ดินเหนียวปั้นนครชัยศรี(ท่านา)	ควอตซ์ SiO_2 ซิลิกา SiO_2

ตารางที่ 1 : ตารางการจำแนกสารเคมีแต่ละกลุ่ม

การทำหน้าที่ของวัตถุดิบในแต่ละกลุ่มที่มีผลต่อการเลือกนำไปใช้ในการเตรียมผสมทำน้ำเคลือบ

กลุ่มต่าง	กลุ่มกลาง	กลุ่มกรด
ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยหลอม	ทำหน้าที่ควบคุมความหนืด	ทำหน้าที่กลายเป็นแก้ว
-เป็นตัวช่วยหลอม -ช่วยเพิ่มการไหลตัวของเคลือบ -มีผลต่อการเกิดสี -เพิ่มความมันวาว -เพิ่มความแข็งแรงของเคลือบ -ทนต่อการขีดขีด -ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ	- ควบคุมการไหลตัวของเคลือบ - ควบคุมการเกิดผลึกขนาดใหญ่ - ทำเคลือบด้าน - เคลือบแข็งแรงขึ้น - ทนต่อการกัดกร่อน - ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัว - มีผลต่อการเกิดสี	- เพิ่มจุดหลอมตัว - ลดการไหลตัว - เคลือบแข็งแรงขึ้น - ทนต่อการกัดกร่อน - ลดสัมประสิทธิ์การขยายตัว

ตารางที่ 2 : ตารางแสดงคุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิด

ผู้วิจัยเลือกวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นนครชัยศรี ได้แก่ หินฟันม้า, แบริยม คาร์บอนเนต, ซิงค์ ออกไซด์, แคลเซียม คาร์บอนเนต, แมกนีเซียม ออกไซด์, ทัลคัม, ดินเหนียวนครชัยศรี, ซิลิกา, เซอร์โคเนียม โดยกำหนดสูตรทุกสูตรต้องมีส่วนผสมของดินเหนียวนครชัยศรี (ทำนา) เผาด้วยเตาไฟฟ้า เมื่อได้สูตรที่ดีที่สุดแล้วนำไปเติมสารให้สี เพื่อเพิ่มสีของเคลือบที่หลากหลาย ได้แก่ คอปเปอร์ออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์, เพอร์ริคออกไซด์, คอปเปอร์คาร์บอนเนต, แมงกานีสออกไซด์, โทเทเนียม ออกไซด์ เป็นต้น



ภาพที่ 4 : แรหินฟันม้า

เฟลด์สปาร์ (feldspar) หรือแรหินฟันม้า

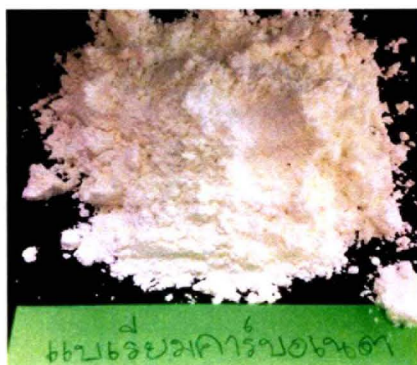
เป็นวัตถุดิบมีจุดหลอมตัวที่ 1,180-1,200 องศาเซลเซียส ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการหลอมละลายที่ดี เฟลด์สปาร์เป็นแร่ประกอบหินที่มีมากที่สุด พบได้ทั่วไปในหินอัคนี หินแปร หินตะกอน เนื่องจากแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์มีปริมาณมากและมีแร่อื่น ๆ ที่มีเหล็กเป็นมลทินปะปนเกิดร่วมอยู่ด้วยน้อยมาก ทำให้สามารถแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ออกจากแร่อื่น ๆ ให้สะอาดได้ง่าย สารเคมีที่ให้ เฟลด์สปาร์ คือ โซดาเฟลด์สปาร์, โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์, เนฟเฟอร์ลีนโซดาไนต์



ภาพที่ 5 : เซอร์โคเนียม ซิลิเกต

เซอร์โคเนียม ซิลิเกต (Zirconium Silicate)

สารประกอบของเซอร์โคเนียม ที่ใช้ในทางเซรามิกส์จะอยู่ในรูปของเซอร์โคเนียม ซิลิเกต (Zirconium Silicate) และเซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (Zirconium Dioxide) โดยใช้เป็นวัตถุดิบเพิ่มความทนไฟในเนื้อเซรามิกส์ และใช้เป็นสารที่ให้สีขาว รวมทั้งทำให้เกิดทึบแสงในน้ำเคลือบ



ภาพที่ 6 : แบเรียมคาร์บอเนต

แบเรียมคาร์บอเนต (Barium carbonate)

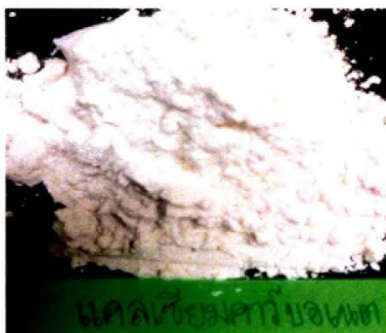
เป็นวัตถุดิบมีจุดหลอมตัว ที่ 1,923 องศาเซลเซียสและเป็นวัตถุดิบที่จัดอยู่ในกลุ่มต่างที่ไม่ละลายน้ำ (Alkaline earth) เช่นเดียวกับ หินปูน (Lime Stone) และมีความทนไฟสูง แบเรียมคาร์บอเนตเตรียมได้จากแร่แบไรท์ (Barite) ช่างปั้นใช้แบเรียมผสมทั้งในเนื้อดินและน้ำเคลือบ เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาบางอย่างที่เกิดขึ้นในเนื้อดิน และเพื่อทำให้เคลือบมีความสวยงาม การใช้แบเรียมคาร์บอเนตในน้ำเคลือบ แบเรียมคาร์บอเนตเป็นวัตถุดิบที่จัดอยู่ในกลุ่มต่างที่ไม่ละลายน้ำ ทำหน้าที่เป็นตัวช่วยในการหลอมละลายที่ดีในเคลือบไฟสูง และทำให้เคลือบมีผิวด้าน นุ่ม และเรียบสม่ำเสมอ ถ้าใช้ในเคลือบไฟต่ำ จะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟในเคลือบ ซึ่งจะทำให้เคลือบมีผิวแห้ง และด้าน นอกจากนี้ แบเรียมคาร์บอเนตยังช่วยให้เคลือบมีสีสันสดใส โดยเฉพาะเมื่อเผาในอุณหภูมิสูงแบเรียมคาร์บอเนต นิยมนำมาใช้ทำเคลือบ ด้าน (Matt glazes) หรือกึ่งด้านกึ่งมัน (Semi Matt glazes) ที่เรียกว่า เคลือบแบเรียมแมท



ภาพที่ 7 : ซิงค์ออกไซด์

ซิงค์ออกไซด์ (Zinc oxide)

เป็นวัตถุดิบมีจุดหลอมตัวที่ 1,800 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่ค่อนข้างหนักมีสีขาวปนน้ำเงินนิยมใช้กันมากเพราะราคาถูกทนการกัดกร่อนและใช้ผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้มีความหนาแน่นน้อยกว่าทองแดงเล็กน้อยสังกะสีบริสุทธิ์มีความแข็งแรงต่ำมาก ถ้าเผาอุณหภูมิต่ำมาก สังกะสีมักจะเปราะ สังกะสี เป็นโลหะที่มีจุดหลอมตัวต่ำ



ภาพที่ 8 : หินปูน

หินปูน, แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate)

เป็นวัตถุดิบที่หลอมละลายสูง 2500 °C มีคุณสมบัติเป็นตัวหลอมละลายในเคลือบอุณหภูมิสูง 1250-1300 °C โดยมากจะใช้คู่กับเฟลด์สปาร์ ช่วยทำให้น้ำยาเคลือบมีความแข็งแรงขึ้น หินปูนเกิดจากการสะสมตัวของเศษเปลือกแข็งที่สิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น ปะการัง สาหร่าย หอย สัตว์และพืชน้ำ



ภาพที่ 9 : ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา)

ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา)

ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา) จังหวัดนครปฐม แหล่งดินเขตอำเภอ นครชัยศรีและบริเวณใกล้เคียง ลักษณะและคุณสมบัติของดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลเข้มดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนปนดินเหนียว ลักษณะและจะพบมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสปะปนอยู่ ดินมีลักษณะเป็นสีทึบแสงเนื้อดินมีทั้งสีแดงอิฐ สีน้ำตาลเข้มหลังเผาถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีน้ำเคลือบจะใช้เคลือบที่เผาในอุณหภูมิต่ำ



ภาพที่ 10 : ควอตซ์

หินเขียวหนุมาน หรือ หินควอตซ์ (Quartz)

สารประกอบของซิลิกาที่เกิดขึ้นในธรรมชาติมีความบริสุทธิ์มากกว่าวัตถุดิบชนิดอื่นมีชื่ออีกอย่างหนึ่งเรียกตามภาษาเซรามิกซ์ ว่า Flint นำผสมในน้ำเคลือบทำให้เคลือบเป็นมันและทนต่อการตกกร่อนได้ดี แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ทนไฟสูง



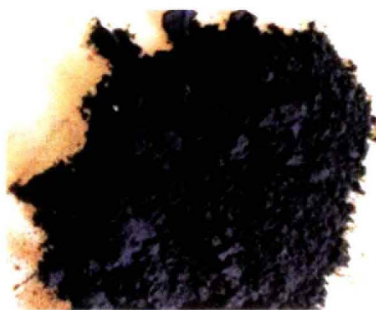
ภาพที่ 11 : แมกนีเซียมออกไซด์

แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium), ทัลคัม (Talcum)

เป็นวัตถุดิบที่มีจุดหลอมสูงมาก แต่จัดอยู่ในกลุ่มต่างจึงเหมาะกับเคลือบที่มีอุณหภูมิสูง 1250 c ขึ้นไป ถ้าใส่มากเกินไปจะเคลือบเป็นก้างดาน วัตถุดิบที่ให้แมกนีเซียม ได้แก่ ทัลคัม ,โดโลไมต์ ,แมกนีเซียมคาร์บอเนต

วัตถุดิบในส่วนข้างบนทั้งหมดเป็นวัตถุดิบที่ผู้วิจัยได้เลือกเพื่อมาใช้ในการทำการทดลองสูตรเคลือบที่มีความเหมาะสมหรือสามารถใช้ร่วมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรีได้หรือไม่ วัตถุดิบจะอยู่ในรูปแบบของผงแป้งสีขาว

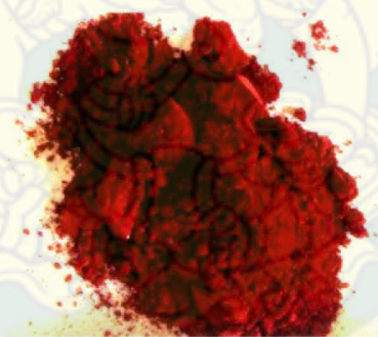
ส่วนสารให้สีที่ผู้วิจัยเลือกนำมาใช้จะมีลักษณะเป็นผงเหมือนกันแต่จะแตกต่างกันตรงที่จะเป็นผงสีต่างๆตามสารให้สีนั้นๆ



ภาพที่ 12 : นิกเกิล

นิกเกิล (Nickel)

นิกเกิลออกไซด์สีเขียวอมเทา (NiO) มีความบริสุทธิ์สูงกว่เป็นวัตถุดิบให้สีในการเตรียมเคลือบสีที่เกิดจากนิกเกิลมีหลากหลายมาก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเคลือบและบรรยากาศในการเผา โดยทั่วไปนิกเกิลให้สีฟ้า สีฟ้าอมเขียว สีเทา สีน้ำตาล และสีเหลืองอ่อน เมื่อนำนิกเกิลมาหลอมรวมกับฟritจะทำให้ได้สีสดและสีคงตัวมากขึ้น ปริมาณการใช้นิกเกิล 1-5 % ในเคลือบที่มีโพแทชในเคลือบที่มีโซดาสูงให้สีน้ำตาล ในเคลือบลิเทียมให้สีเหลือง ในเคลือบที่มีซิงค์สูงจะให้สีฟ้า ในเคลือบแบบเรียบและเคลือบหินปูนให้สีน้ำตาล นิกเกิลออกไซด์ได้ผลไม่แน่นอน ถ้าเผาเกินอุณหภูมิ 1200 C



ภาพที่ 13 : เหล็ก

เหล็ก (Iron)

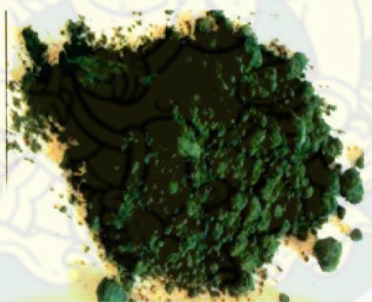
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3 , Hematite) มีหลายคุณภาพ บางชนิดมีคุณภาพต่ำและเม็ดหยาบ สีตามธรรมชาติจะมีสีน้ำตาลแดงและสีดำ เหล็กดำ (FeO , Ferrous oxide) ใช้เตรียมเป็นเม็ดเพื่อทำปฏิกิริยาให้เกิดจุดดำในเคลือบ แร่เหล็กสีน้ำตาลตามธรรมชาติ (Fe_3O_4) เป็นแร่เหล็กแดงและเหล็กดำผสมกัน เฟอร์ริกออกไซด์ 2 % เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชันจะให้สีเขียวเซลาดอน (Celadon) ถ้าใช้ในปริมาณ 10-15% จะให้สีน้ำตาลอมดำ สีดำ และสีสนิมเหล็กแดง (Iron Red) ในเคลือบอุณหภูมิสูง



ภาพที่ 14 : แมงกานีส

แมงกานีส (Manganese)

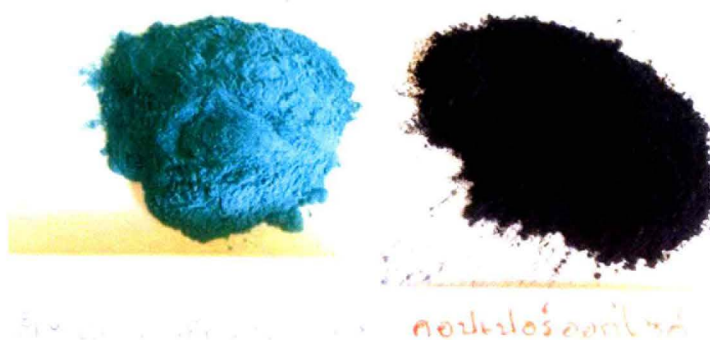
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ได้มาจากแร่ไพโรลูไซต์ (Pyrolusite) ซึ่งมีสีดำอมน้ำเงินเข้มปกติแมงกานีสให้น้ำตาลในน้ำเคลือบ แต่ในเคลือบที่มีโพแทสเซียมจะให้สีม่วง แมงกานีสมีหลายคุณภาพให้เลือกใช้ ซึ่งโดยทั่วไปมีแมงกานีสอยู่ประมาณ 45-65% แมงกานีสที่คุณภาพไม่ดีเมื่อผสมในเคลือบจะเกิดตำหนิเป็นฟองเดือดบนผิวเคลือบหลังการเผา แมงกานีสชนิดเป็นเม็ดทราย (Granular Manganese) ใช้ทำปฏิกิริยาให้เกิดเป็นจุดดำในเคลือบหรือเนื้อดิน แต่ถ้านำเคลือบไปเผาในอุณหภูมิสูงเกิน 1080 °C จุดดำจะละลายหายไปบนน้ำเคลือบ แมงกานีสมีสมบัติเป็นตัวหลอมละลาย (Flux) ดังนั้นในเคลือบที่เติมแมงกานีสเป็นสารให้สีจะหลอมละลายในอุณหภูมิต่ำลงและไหลตัวมาก



ภาพที่ 15 : โครเมียม

โครเมียม (Chromium)

โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) เป็นผงสีเขียวไม่ละลายในน้ำและละลายในเคลือบได้น้อยที่สุด โครมิกออกไซด์เป็นสีที่มีความเข้มข้นของสีมาก ปกติจะใช้ในเคลือบเพียง 1-2% โครมิกออกไซด์ให้สีเขียวหลังการเผา แต่ในเคลือบที่มีซิงค์โครมิกจะรวมตัวกับซิงค์โครเมต ทำให้สีเขียวกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนในเคลือบ อุณหภูมิต่ำที่มีตะกั่วสูง และมีซิลิกาเพียงเล็กน้อยโครมิกจะให้เคลือบสีส้มแดงที่มีลักษณะแตกตัวเป็นผลึก โครมิกออกไซด์ให้สีเขียวทั้งในบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชันแต่ในบรรยากาศรีดักชันสีเขียวจะสดใสมากกว่า



ภาพที่ 16 : คอปเปอร์

คอปเปอร์ (Copper, ทองแดง)

คอปเปอร์หรือทองแดงเป็นโลหะชนิดแรกที่มีมนุษย์รู้จักนำมาใช้ทำเป็นเครื่องมือในยุคโลหะสนิม ทองแดงหรือคอปเปอร์ออกไซด์เป็นวัตถุดิบให้สีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่สมัยอียิปต์ก่อน คริสต์ศักราช 3,000 ปี คอปเปอร์ออกไซด์ถูกนำมาใช้ในเคลือบยุคแรกๆ เพื่อทำให้เป็นเคลือบสีฟ้า (Turquoise) และใช้ในการผลิตแก้วสีฟ้าปกติคอปเปอร์ให้สีเขียวในบรรยากาศเผาออกซิเดชัน แต่ใน บรรยากาศรีดักชันคอปเปอร์ให้สีแดง เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเคลือบที่มีบอแรกซ์จะให้สีฟ้า (Turquoise) ในการเผาออกซิเดชัน



ภาพที่ 17 : โคบอลต์

โคบอลต์ (Cobalt)

โคบอลต์ออกไซด์ (Co_2O_3 , CoO , Co_3O_4) เป็นวัตถุดิบให้สีฟ้าหรือสีน้ำเงินในเซรามิกและแก้ว เป็นสารให้สีที่มีความรุนแรงมากที่สุด ใช้ในปริมาณเล็กน้อย 0.2-0.5 % ได้สีฟ้า 1-2% ให้สีน้ำเงิน โดยที่สี ไม่เปลี่ยนแปลงในการเผาทั้งบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน แต่ในบรรยากาศรีดักชันสีน้ำเงินจะเข้ม และสดใสมากขึ้น ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไป 4 % ให้สีน้ำเงินอมดำและเพิ่มความทนไฟของเคลือบอาจทำให้ เคลือบด้านได้ โคบอลต์เมื่อใช้ร่วมกับแมกนีเซียม (MgO) ซิลิกา (SiO_2) และโบรอน (B_2O_3) ในปริมาณที่ เหมาะสมจะได้เคลือบสีชมพู สีม่วง และสีแดงเข้ม สีสะเทินสีม่วงอ่อนจึงเตรียมจากวัตถุดิบในกลุ่มนี้

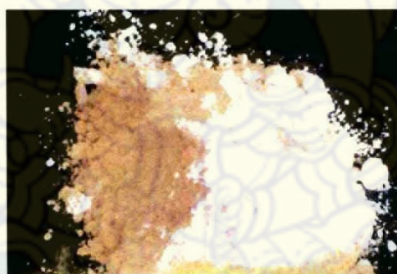


ภาพที่ 18 : เซอร์โคเนียม

เซอร์โคเนียม (Zirconium)

เซอร์โคเนียมซิติเกตเป็นวัตถุดิบทนไฟสูง มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 2550 °C มีความแข็งแรงมากกว่าควอตซ์ นิยมใช้เซอร์โคเนียมในการเตรียมเคลือบสีขาวที่เผาในอุณหภูมิสูง และเนื้อดิน เซอร์โคเนียมที่มีความบริสุทธิ์สำหรับผลิตภัณฑ์นิวเซรามิก นอกจากนี้ยังใช้ทาแผ่นรองเตาเผาได้เมื่อผสมกับดินขาวเกาลิน 10%

เซอร์โคเนียมนิยมใช้เป็นสารที่ให้สีขาวทึบแสงในเคลือบ (Opacifier) ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการเตรียมเคลือบสารสีขาวที่เผาจากอุณหภูมิ 1020-1400 °C (Cone 04-14) โดยใช้ปริมาณ 4-5 % ในเคลือบอุณหภูมิต่ำและ 10-15% ในเคลือบอุณหภูมิสูง แต่ในเคลือบบางชนิดที่ใช้เซอร์โคเนียมออกไซด์บริสุทธิ์จะใช้ในปริมาณเพียง 3%



ภาพที่ 19 : ไทเทเนียม

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide, TiO_2)

ไทเทเนียมไดออกไซด์เมื่อผ่านความร้อนจะได้แก้ว จึงจัดอยู่ในกลุ่มวัตถุดิบที่เป็นกรด เช่นเดียวกับซิลิกา ถูกนำมาใช้เคลือบเพื่อเป็นสารที่ให้สีทึบแสง และเกิดผลึกจุดเล็กๆ ลำพังไทเทเนียมเพียงอย่างเดียว 5-10% ในเคลือบจะให้สีครีมด้านหรือสีเหลืองซีด เมื่อเผาในบรรยากาศสันดาปสมบูรณ์แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกับออกไซด์ให้สีชนิดอื่นจะได้เคลือบแตกตัวเป็นจุดๆ เป็นสีต่าง ๆ มีผิวเคลือบ (Texture) น่าสนใจ จึงนิยมใช้ในเคลือบจุด เคลือบผลึกและเคลือบด้าน

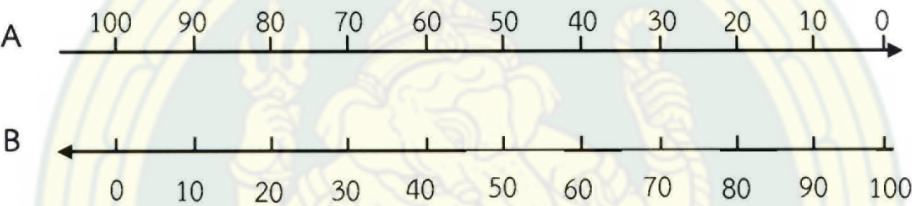
❖ ทฤษฎีการหาค่าอัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบ

ทฤษฎีการหาค่าอัตราส่วนผสมของน้ำยาเคลือบที่ใช้กันทั่วไปจะมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ ทฤษฎีแบบเส้นตรง,ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า,ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่าและการคำนวณแบบแซคเกอร์ ส่วนแบบที่ 4 การคำนวณแบบแซคเกอร์มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากกว่าผู้วิจัยจึงไม่นำมาใช้ในการวิจัย แต่ผู้วิจัยเลือกใช้เพียง 3 แบบ ที่ใช้ในการหาส่วนผสมของน้ำยาเคลือบเหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) ได้แก่

- ทฤษฎีแบบเส้นตรง (Line blend) หรือ ทฤษฎีแบบสวนทาง
- ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend)
- ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า (Qurdaxial blend)

ทฤษฎีทั้ง 3 เป็นทฤษฎีที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้การหาค่าส่วนผสมของเนื้อดินและเคลือบเป็นไปได้ง่ายขึ้น ซึ่งทฤษฎีแต่ละทฤษฎีจะมีจุดต่างกันขึ้นอยู่กับจำนวนส่วนผสมที่ใช้ในสูตรนั้น เช่น

ทฤษฎีแบบเส้นตรง (Line blend) หรือ ทฤษฎีแบบสวนทาง



ตารางที่ 3 : ตารางเส้นตรง (Line blend)

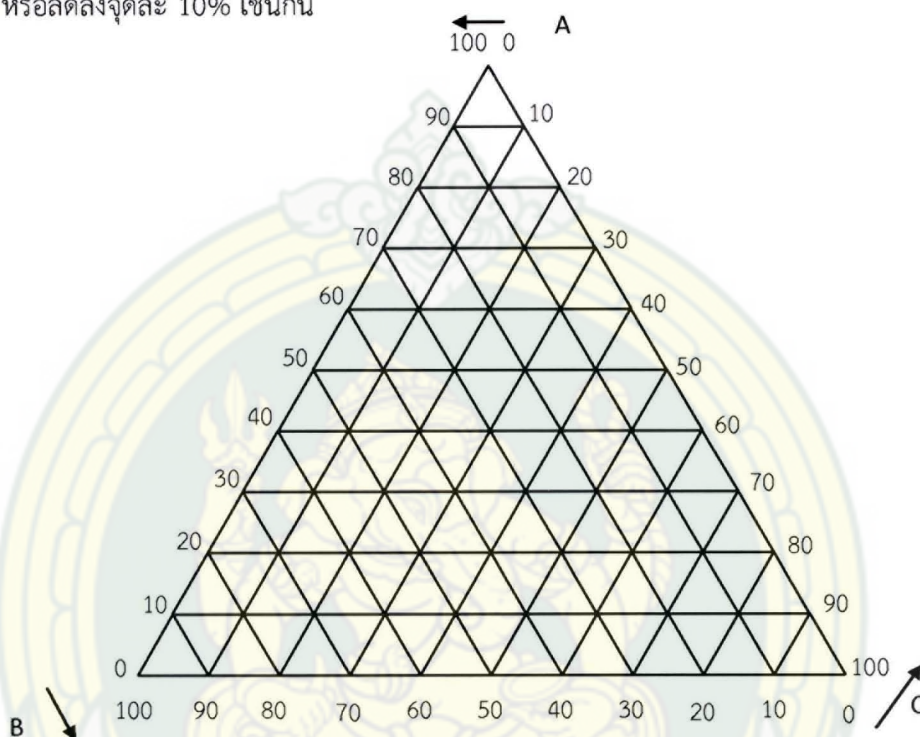
เป็นวิธีการหาสัดส่วนของวัตถุดิบแบบง่ายๆ โดยมีวัตถุดิบตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปผสมกันและกำหนดให้ค่าหรือ ปริมาณของวัตถุดิบที่อยู่บนแนวเส้นตรงนั้นมีค่าตั้งแต่ 0-100 และการกำหนดจุดที่อยู่บนแนวเส้นตรงนั้นขึ้นอยู่กับผู้ทดลองว่าต้องการค่าความละเอียดมากหรือน้อย เช่น อาจเพิ่มหรือลดจุดละ 10 % รวมทั้งสิ้นจำนวน 11 จุด การอ่านค่าใช้วิธีจับคู่ A และ B เรียงไปเป็นจุดๆ เช่น จุดที่ 1 A= 100 B= 0 หรือ จุดที่ 4 A = 70 B =30 เป็นต้น

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A100 B 0	A 90 B 10	A 80 B 20	A 70 B 30	A 60 B 40	A 50 B 50	A 40 B 60	A 30 B 70	A 20 B 80	A 10 B 90	A 0 B 100

ตารางที่ 4 : ตารางแสดงผลรวมสูตรทฤษฎีเส้นตรง

ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend)

การหาอัตราส่วนผสมของเคลือบพื้นฐาน โดยเป็นวิธีการหาอัตราส่วนผสมของเคลือบโดยใช้วัตถุดิบตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป โดยการอ่านค่าอัตราส่วนผสมที่อยู่ในตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า ด้วยการกำหนดค่าที่อยู่บนด้านของสามเหลี่ยมแต่ละด้านให้เป็นค่าของวัตถุดิบแต่ละตัวโดยให้ค่าตั้งแต่ 0 - 100 และเมื่อรวมค่าของวัตถุดิบของแต่ละตัวเข้าด้วยกันจะมีค่าเท่ากับ 100พอดี การกำหนดจุดที่อยู่แต่ละด้านของสามเหลี่ยมให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือน้อยลงจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ทดลองว่าต้องการค่าความละเอียดมากหรือน้อย เช่น อาจเพิ่มหรือลดลงจุดละ 10% เช่นกัน



ตารางที่ 5 : ตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triaxial blend)

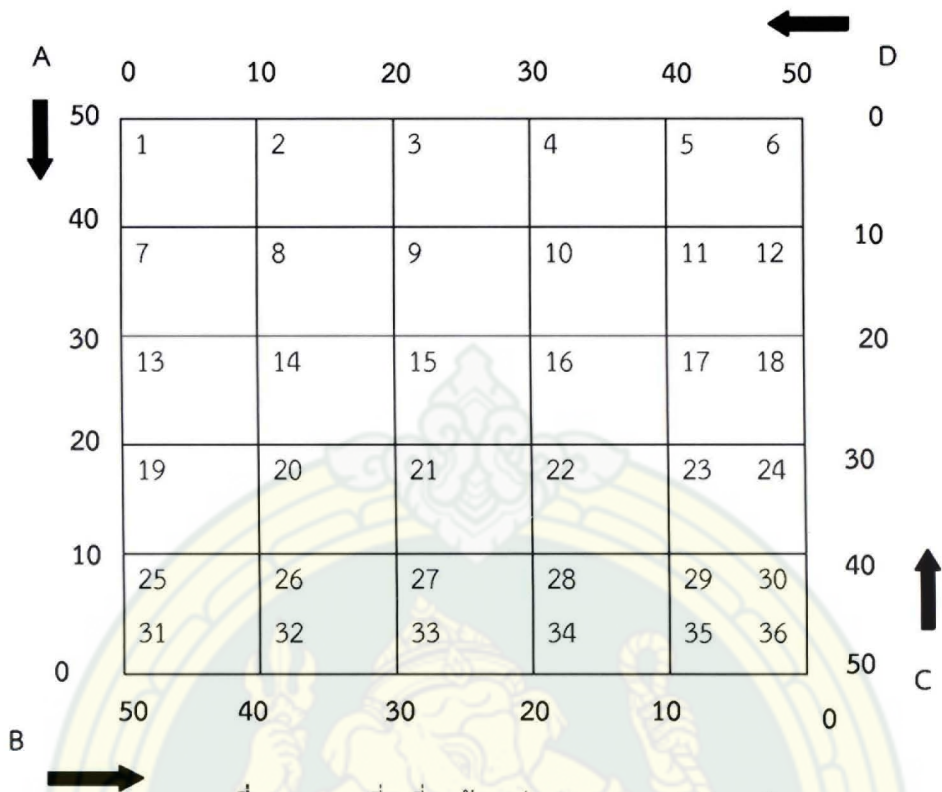
วิธีการอ่านค่าในตาราง ให้ลากเส้นจากจุดที่ต้องการอ่าน โดยเมื่อต้องการอ่านค่าของวัตถุให้ลากเส้นจากจุดนั้นให้ขนานกับมุมของวัตถุดิบนั้นไปตัดกับด้านที่บอกค่าของวัตถุดิบนั้นยกตัวอย่างจุดที่ประกอบไปด้วยวัตถุดิบ ดังนี้

ค่าของวัตถุดิบ A คือเส้นที่ลากจากจุด 5 ขนานกับมุม A ไปตัดด้าน A-B จะได้ค่า A=60

ค่าของวัตถุดิบ B คือเส้นที่ลากจากจุด 5 ขนานกับมุม B ไปตัดด้าน B-C จะได้ค่า B=20

ค่าของวัตถุดิบ C คือเส้นที่ลากจากจุด 5 ขนานกับมุม C ไปตัดด้าน C-A จะได้ค่า C=20

ทฤษฎีสีเหลี่ยมด้านเท่า (Qurdaxial blend)



ตารางที่ 6 : ตารางสีเหลี่ยมด้านเท่า (Qurdaxial blend)

การทำอัตราส่วนผสมของเคลือบพื้นฐานโดยใช้ทฤษฎีสีเหลี่ยมด้านเท่า (Qurdaxial blend) เป็นวิธีการทำอัตราส่วนผสมของเคลือบโดยใช้วัตถุดิบตั้งแต่ 4 ตัวขึ้นไปซึ่งได้จากการอ่านค่าอัตราส่วนผสมที่อยู่ในตารางสีเหลี่ยมด้านเท่าเป็นตัวกำหนดค่าของวัตถุดิบแต่ละตัวมีค่าตั้งแต่ 0-50 และเมื่อรวมค่าวัตถุดิบแต่ละตัวเข้าด้วยกันก็จะมีค่าเท่ากับ 100พอดี

วิธีการอ่านค่าของวัตถุดิบ จากจุดที่ต้องการอ่านให้ลากเส้นไปตัดกับด้านของสีเหลี่ยมที่ต้องการจะทราบค่าของวัตถุดิบที่ผสม ณ จุดนั้น เช่น จุดที่ 20

- ค่าของวัตถุดิบ A คือเส้นที่ลากจากจุด 20 ไปตัดที่ด้าน A-B =20
 - ค่าของวัตถุดิบ B คือเส้นที่ลากจากจุด 20 ไปตัดที่ด้าน B-C =40
 - ค่าของวัตถุดิบ C คือเส้นที่ลากจากจุด 20 ไปตัดที่ด้าน C-D =30
 - ค่าของวัตถุดิบ D คือเส้นที่ลากจากจุด 20 ไปตัดที่ด้าน D-A =10
- 100

การกำหนดจุดและค่าความละเอียดนั้นขึ้นอยู่กับผู้ทดลองว่าต้องการค่าความละเอียดมากน้อยเพียงใดและถ้าต้องการใช้วัตถุดิบมากกว่า 4 ตัว ให้ใช้วิธีการกำหนดเป็นอัตราส่วนของวัตถุดิบในแต่ละด้านของสีเหลี่ยมในลักษณะเช่นเดียวกับตัวอย่างในทฤษฎีแนวเส้นตรง

❖ การเผา

เตาเผา (Kiln) เป็นเครื่องมือที่จำเป็นและสำคัญมากในการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ทำหน้าที่ให้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนสถานภาพผลิตภัณฑ์ทั้งด้านเคมีและฟิสิกส์ เตาเผาที่ใช้กันในอยู่ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้เกิดเหมาะสมกับความต้องการ มีประสิทธิภาพสูง ประหยัดเชื้อเพลิง ควบคุมสะดวกปลอดภัย มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันไป (ทวี พรหมพฤกษ์. 2525 : 11)

โดยทั่วไปเตาเผาที่นิยมใช้ในปัจจุบันมี 2 ชนิด คือ เตาไฟฟ้าและเตาแก๊ส ที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยทดลองครั้งนี้

2.1 เตาไฟฟ้า เป็นเตาที่มีความสะดวกในการเผาได้ผลแน่นอนและควบคุมอุณหภูมิได้ดี เป็นเตาที่เผาได้สะอาดที่สุดเผาได้ตั้งแต่อุณหภูมิต่ำไปจนถึงอุณหภูมิสูง เร่งอุณหภูมิให้เข้าเร็วได้ตามต้องการ เนื่องจากมีสวิตช์อยู่หลายตัวสับเปลี่ยนกัน ในการเผาไม่มี เปลวไฟ ไม่มีควัน เราเรียกสภาวะการเผาแบบนี้ว่า การเผาสันดาปสมบูรณ์ (Oxidation)



ภาพที่ 20 : เตาไฟฟ้า

2.2 เตาแก๊ส เป็นเตาที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาเพราะมีความสะดวกต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง ปลอดภัย เผาได้ในอุณหภูมิสูงและเป็นเตาที่ค่อนข้างสะอาด เตาแก๊สสามารถเผาได้ทั้งบรรยากาศแบบออกซิเดชัน(Oxidation) และแบบรีดักชัน (Reduction)



ภาพที่ 21 : เตาแก๊ส

2.2 ข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารข้อมูลงานของผู้วิจัยที่เคยทำมาแล้วและได้พบว่าผลงานของผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม มีความน่าสนใจมากไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการทดสอบ ทฤษฎีปฏิบัติ การคำนวณส่วนผสมตลอดจนขั้นตอนการเผาทดลอง ทำให้ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการทำการวิจัยครั้งนี้

❖ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทความในสูจิบัตรนิทรรศการผลงานคณาจารย์ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา ครั้งที่ ๔

เรื่อง การพัฒนาเคลือบซีเถ้าที่ใช้กับการเผาเตามังกรจังหวัดราชบุรี โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภกา ปาลเปรม ไว้ว่า

การพัฒนาเคลือบซีเถ้าที่ใช้กับการเผาเตามังกร จังหวัดราชบุรี เป็นการพัฒนาเคลือบให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในออกแบบและสร้างสรรค์ผลงานเครื่องเคลือบดินเผาที่มีความแตกต่างจากเคลือบเดิมที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ โอ่ง โห และกระถาง ผู้วิจัยจึงยึดหลักเดิมของการทำเคลือบซีเถ้าที่ราชบุรี โดยใช้ซีเถ้าที่ได้จากการเผาเตาเป็นวัตถุดิบหลักในการพัฒนา ผสมกับวัตถุดิบอื่น ได้แก่ ดินขาวลำปาง และหินฟันม้า ทดลองกับเนื้อดินปั้นราชบุรีและอุณหภูมิที่เคลือบสุกตัว คือ 1200 °C และ 1230 °C บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน โดยใช้ทฤษฎีพื้นฐานในการหาสูตรส่วนผสม ได้แก่ ทฤษฎีเส้นตรง ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น

ทฤษฎีเส้นตรง เป็นทฤษฎีที่ใช้วัตถุดิบตั้งแต่สองตัวขึ้นไปผสมกันในทฤษฎีนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบเพียงสองตัวผสมกัน คือ ซีเถ้าไม้เบญจพรรณผสมกับดินขาวลำปาง

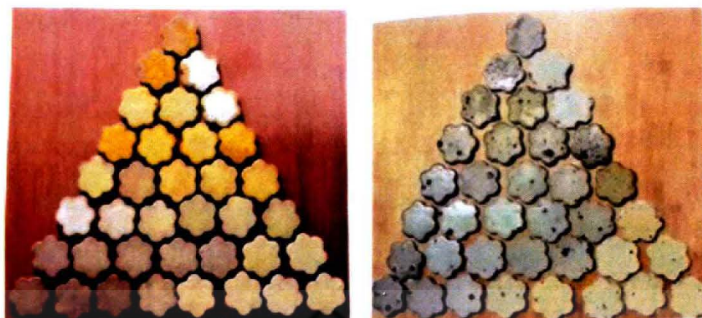


ดินขาวลำปาง

ภาพที่ 22 : ซีเถ้าไม้เบญจพรรณผสมกับดินขาวลำปางตามทฤษฎีเส้นตรง

ผลการทดลองใช้ซีเถ้าไม้เบญจพรรณผสมกับดินขาวลำปางตามทฤษฎีเส้นตรง และเผาที่อุณหภูมิ 1200 °C บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน พบว่า จุดที่เคลือบสุกตัวและสามารถนำไปใช้งานได้ คือ จุดที่มีอัตราส่วนระหว่างซีเถ้าไม้เบญจพรรณร้อยละ 40-60 และดินขาวลำปางร้อยละ 40-60 ทั้งสองระดับอุณหภูมิและมีความแตกต่างของสีในแต่ละบรรยากาศ

ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นทฤษฎีที่ใช้วัตถุดิบตั้งแต่สามตัวขึ้นไป ในทฤษฎีนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบเพียงสามตัวผสมกัน คือ ไม้เบญจพรรณ หินฟันม้าชนิดโพแทสและดินขาวลำปาง



อุณหภูมิ 1,200°C บรรยากาศออกซิเดชัน

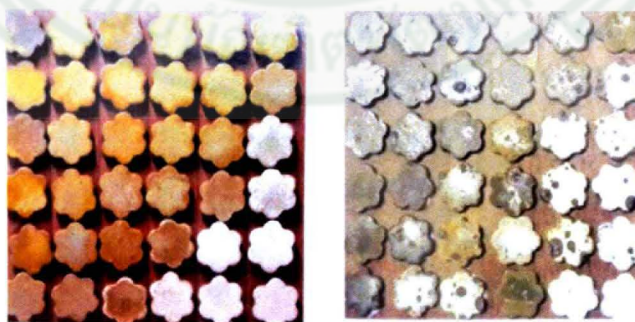
อุณหภูมิ 1,200°C บรรยากาศรีดิวซ์

ภาพที่ 23 : ซี้เก่าไม้เบญจพรรณ หินฟันม้าและดินขาวลำปางทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่า

ผลการทดลองที่อุณหภูมิ 1,200 C บรรยากาศออกซิเดชัน พบว่าจุดที่ 1 และจุดที่ 2 เคลือบตั้งตัว และมีแนวโน้มไหลตัวค่อนข้างมาก จุดที่ 7-20 ลักษณะผิวเรียบกึ่งด้านกึ่งมัน มีรอยร้าวและมีสีขาว สีฟางไปจนถึงสีเหลือง จุดที่ 22-25 เริ่มเห็นสีของเนื้อดินกลางๆ จุดที่ 29-30 เริ่มเห็นสีของเนื้อดินได้ชัดมากขึ้น ส่วนจุดที่เหลือคือ จุดที่ 3-6,19-21,26-28,31-36 เคลือบยังไม่สุกตัว

ผลการทดลองเคลือบที่ระดับอุณหภูมิ 1,200 C บรรยากาศรีดักชัน พบว่าเคลือบส่วนใหญ่ ไม่ค่อยสุกตัวจุดที่ 7-14, 16-19,22-23 ผิวเคลือบเรียบกึ่งด้านกึ่งมันไปจนถึงผิวมัน มีรอยร้าว และมีจุดเล็กผุดขึ้นที่ผิวเคลือบมาก เคลือบมีสีขาว-เทา และสีเขียว-เทา ส่วนจุดที่เหลือ คือ จุดที่ 3-6,15,19-21,24-28,30-36 เคลือบตัวยังไม่สุก

ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า เป็นทฤษฎีที่ใช้วัตถุดิบตั้งแต่สี่ตัวขึ้นไป ในทฤษฎีนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบสี่ตัวผสมกัน คือ ไม้เบญจพรรณ หินฟันม้าชนิดโพแทส ดินขาวลำปางและแคลเซียมคาร์บอเนต



อุณหภูมิ 1,200°C บรรยากาศออกซิเดชัน

อุณหภูมิ 1,200°C บรรยากาศรีดิวซ์

ภาพที่ 24 : ไม้เบญจพรรณ,หินฟันม้า,ดินขาวลำปาง,แคลเซียม ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า

ผลการทดลองที่ระดับอุณหภูมิ อุณหภูมิ 1,200 C บรรยากาศออกซิเดชัน พบว่า จุดที่ 1-17,19-22 ลักษณะของเคลือบมีความต้านไปจนถึงกึ่งด้านกึ่งมัน มีรอยรานและมีสีน้ำตาลออกไปจนถึงสีเหลืองอ่อน ส่วนจุดที่เหลือ คือ จุดที่ 18,23-36 เคลือบยังไม่สุก

ผลการทดลองเคลือบที่ระดับอุณหภูมิ 1200 C บรรยากาศรีดักชัน พบว่าเคลือบส่วนใหญ่ยังไม่ค่อยสุกตัวจุดที่ 1-5 ,7-9 และ 13-14 ผิวเคลือบเรียบกึ่งด้านกึ่งมันมีรอยรานและมีจุดเล็กผุดขึ้นที่ผิวเคลือบมาก เคลือบมีสีเขียวเทาและสีเขียว-น้ำตาล ส่วนจุดที่เหลือคือจุดที่ 6,10-12 และ 15-36 เคลือบยังไม่สุกตัว

จากผลการทดลองเคลือบทั้งสามทฤษฎี พบว่าในทุกทฤษฎีจะมีสูตรเคลือบที่นำมาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ได้หลายสูตรและมีลักษณะของผิวเคลือบให้เลือกได้หลากหลาย ตั้งแต่ผิวด้าน ผิวกึ่งด้านกึ่งมัน ผิวมันวาวและผิวใส ซึ่งทุกสูตรจะมีรอยราน เคลือบที่ผิวระดับอุณหภูมิ 1,200 C การสุกตัวของเคลือบน้อยกว่าการเผาที่ระดับอุณหภูมิ 1,230 C ดังนั้นเคลือบที่เผาระดับอุณหภูมิ 1,200 C จึงมีผิวค่อนข้างต้านไปจนถึงกึ่งด้านกึ่งมันและมีรอยราน ส่วนเคลือบที่เผาระหว่างอุณหภูมิ 1,230 C มีการสุกตัวของเคลือบมากขึ้น จึงมีทั้งผิวด้าน ผิวกึ่งมัน ผิวมันวาว ผิวใส และรอยราน

การเผาเคลือบในบรรยากาศออกซิเดชันส่วนใหญ่เคลือบจะมีตั้งแต่สีขาว สีครีม สีเหลืองอ่อน และสีน้ำตาล-เหลือง ซึ่งมีผลมาจากธาตุหลักที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นราชบุรี ที่เผาในบรรยากาศออกซิเดชันจะมีสีเหลืองไปจนถึงสีน้ำตาล ส่วนเคลือบที่เผาแบบรีดักชัน สีเคลือบส่วนใหญ่จะมีตั้งแต่สีขาว-เทา สีเขียว-เทา และสีน้ำตาล-เทา ซึ่งมีผลมาจากธาตุหลักที่ผสมอยู่ในเนื้อดินปั้นราชบุรีเช่นกัน และเมื่อเผาบรรยากาศแบบรีดักชันธาตุหลักจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์กลายเป็นสีเขียว

จากบทความข้างต้นเป็นแนวทางในการทำวิจัยเคลือบของผู้วิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกที่จะใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่าย โดยใช้ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา)เป็นตัวแปรต้นและเป็นตัวแปรสำคัญของการทดลองวิจัยเคลือบในครั้งนี้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

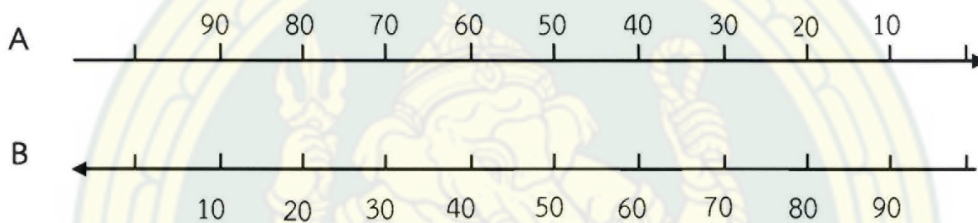
ในการทำการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจากบทที่ 2 ทั้งในเรื่องเอกสารเนื้อหาคุณสมบัติวัตถุดิบ, ขั้นตอนปฏิบัติ, ทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณหาค่าเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง ดังนี้

- ทดลองใช้สูตรแบบทฤษฎีแบบเส้นตรง
- ทดลองใช้สูตรแบบทฤษฎี 3 เหลี่ยมด้านเท่า
- ทดลองใช้สูตรแบบทฤษฎี 4 เหลี่ยมด้านเท่า

➤ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้สูตรแบบเส้นตรง โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาส่วนผสมการทดลองน้ำยาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี (ท่านา) ดังนี้

- แร่หินฟันม้า
- ดินนครชัยศรี

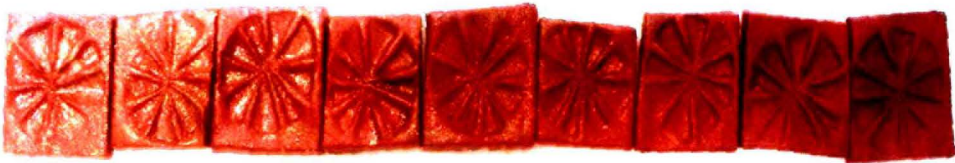
สูตรแบบทฤษฎีแบบเส้นตรง



สูตรเคลือบแบบทฤษฎีแบบเส้นตรง		
สูตรที่	แร่หินฟันม้า	ดินนครชัยศรี
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50
6	40	60
7	30	70
8	20	80
9	10	90

ตารางที่ 7 : สูตรเคลือบแบบเส้นตรง

ผลการทดสอบสูตรเคลือบแบบเส้นตรง เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 25 : ผลการทดลองทฤษฎีเส้นตรงแรห็นพ่นม้กับดินนคร์ชยศร์

ผลการทดลองเคลือบแบบทฤษฎีแบบเส้นตรง	
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบเงาชุ่ม
2	เคลือบเงาชุ่มเริ่มมีฟอง
3	เคลือบเริ่มมีฟองเริ่มด้าน
4	เคลือบเริ่มด้านสีน้ำตาล
5	เคลือบเริ่มมีฟองเริ่มด้านสีน้ำตาล
6	เคลือบด้านน้ำตาลเข้ม
7	เคลือบด้านน้ำตาลเข้ม
8	เคลือบด้านน้ำตาลเข้ม
9	เคลือบด้านน้ำตาลเข้มมาก

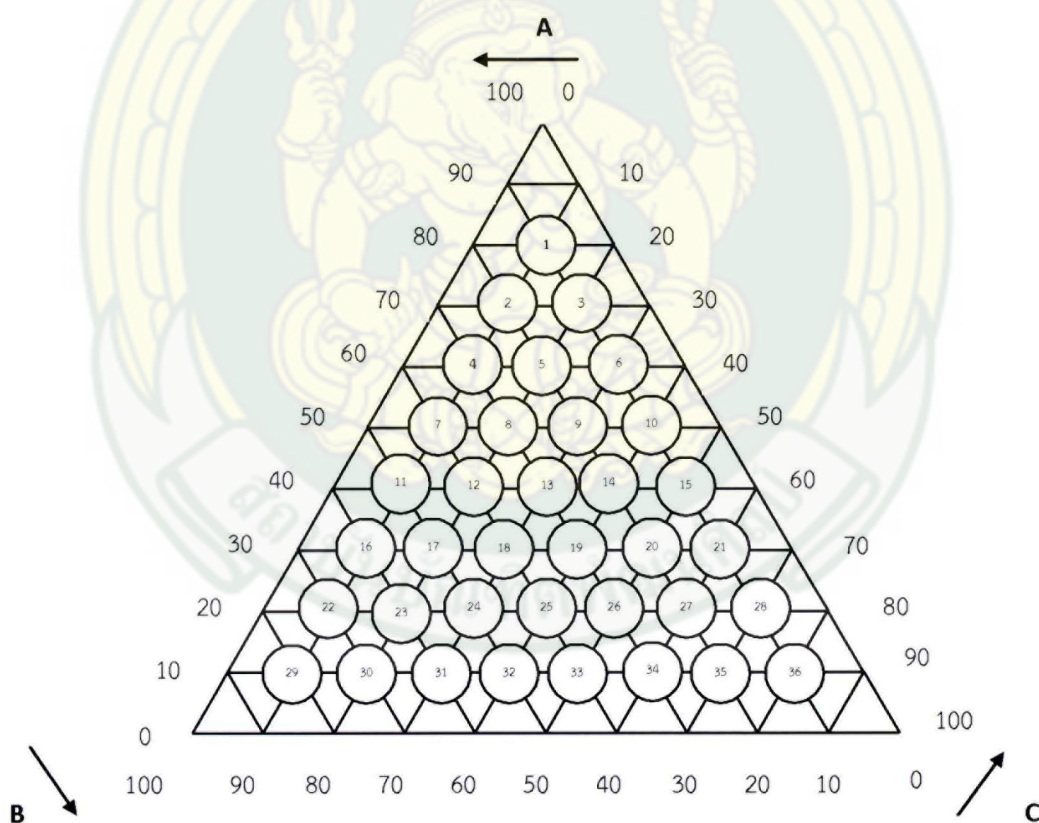
ตารางที่ 8 : ผลทดลองสูตรเคลือบแบบเส้นตรง

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองกรหลอมตัวเบื้องต้นจากวัตถุดิบเพียง 2 ตัว เพื่อต้องการดูผลหลังการเผา ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่าเคลือบโดยใช้วัตถุดิบเพียง 2 ตัว คือแรห็นพ่นม้กับดินนคร์ชยศร์ยังไม่เหมาะสมกับการนำมาใช้ในชิ้นงาน เพราะเคลือบไม่มีความมันแต่กลับกลายเป็นทางด้านมากกว่า ผู้วิจัยจึงไม่นำมาทดลองต่อ

➤ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาส่วนผสม การทดลองน้ำยาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี (ท่านา) ดังนี้

- แร่หินฟันม้า
- แบเรียม คาร์บอเนต
- แมงกนีเซียม ออกไซด์
- ทัลคัม
- ซิงค์ ออกไซด์
- แคลเซียม คาร์บอเนต
- ดินนครชัยศรี
- เซอร์โคเนียม ซิลิเกต

สูตรตาราง 3 เหลี่ยมด้านเท่า



ผู้วิจัยได้กำหนดการอ่านค่าจำนวนตามลูกศรที่ชี้ในสูตรแต่ละสูตร โดยกำหนดหมายเลขสูตรใน วงกลมตั้งแต่ 1-36 สูตร ทุกการทดลองในสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตรที่	หินพื้นม้า	แบเรียมคาร์บอเนต	ดินเหนียวนครชัยศรี	สูตรที่	หินพื้นม้า	แบเรียมคาร์บอเนต	ดินเหนียวนครชัยศรี
	(A)	(B)	(C)		(A)	(B)	(C)
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 9 : สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,แบเรียมคาร์บอเนตและดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุลหอยตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับปรุงสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1)เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



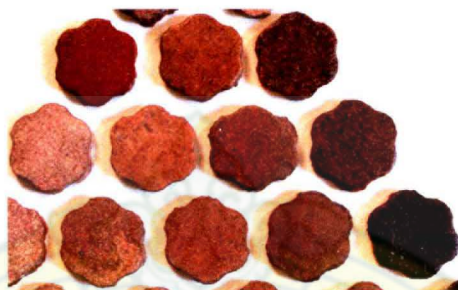
ภาพที่ 26 : ผลการทดลองเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1)แร่หินฟันม้า,แบเรียม และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1)เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบมีสีขาวขุ่นเป็นฟองเล็กๆ	19	เคลือบด้านน้ำตาล
2	เคลือบมีสีขาวขุ่นเป็นฟองเม็ดใหญ่	20	เคลือบด้านน้ำตาล
3	เคลือบด้านมีสีขาวขุ่นเป็นฟองเล็กๆ	21	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ
4	เคลือบด้านมีสีครีมขุ่นเป็นฟองเล็กๆ	22	เคลือบด้านขาว
5	เคลือบด้านมีสีครีมขุ่นแกมน้ำตาล	23	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล
6	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ	24	เคลือบด้านน้ำตาลขาวจุดน้ำตาล
7	เคลือบขุ่นจุดน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ	25	เคลือบด้านน้ำตาล
8	เคลือบขาวขุ่นจุดน้ำตาลมีฟองเล็กๆ	26	เคลือบด้านน้ำตาล
9	เคลือบขุ่นจุดน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ	27	เคลือบด้านน้ำตาล
10	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ	28	เคลือบด้านน้ำตาลเข้ม
11	เคลือบด้านน้ำตาลขาวมีฟองเล็ก	29	เคลือบด้านขาว
12	เคลือบด้านน้ำตาลขาวมีฟองเล็ก	30	เคลือบด้านน้ำตาลขาวจุดน้ำตาล
13	เคลือบด้านน้ำตาลมีฟองเล็ก	31	เคลือบด้านน้ำตาลขาวจุดน้ำตาล
14	เคลือบด้านน้ำตาล	32	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล
15	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลเป็นฟองเล็กๆ	33	เคลือบด้านน้ำตาลขาวจุดน้ำตาล
16	เคลือบด้านขาว	34	เคลือบด้านน้ำตาล
17	เคลือบด้านน้ำตาลขาวมีฟอง	35	เคลือบด้านน้ำตาล
18	เคลือบด้านน้ำตาลขาวมีฟอง	36	เคลือบด้านน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 10 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 1)เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตร ตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1) ผลการทดลอง สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1) เฝ้าที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ผู้วิจัยพบว่าสูตรเคลือบแต่ละสูตรไม่ผ่านการทดลองครั้งนี้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ เคลือบมีฟอง และเป็นเคลือบด้าน

เคลือบที่มีฟอง คือ สูตรที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,21,24,28,36



ภาพที่ 27 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1) 1

เคลือบด้าน คือ สูตรที่ 16,20,22,23,25,26,27,29,30,31,32,33,34,35



ภาพที่ 28 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่1) 2

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตร ที่	หินฟันท้า (A)	ซิงค์ออกไซด์ (B)	ดินเหนียว นครชัยศรี (C)	สูตร ที่	หินฟันท้า (A)	ซิงค์ออกไซด์ (B)	ดินเหนียว นครชัยศรี (C)
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 11 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 2)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) โดยกำหนดใช้แร่หินฟันท้า,ซิงค์ ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุลหาลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 29 : ผลการทดลองเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 2)แร่หินฟันม้า,ซิงค์ ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	19	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมันมีฟองเล็กๆ
2	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	20	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมัน
3	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	21	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมันมีราน
4	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	22	เคลือบขาวด้าน
5	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	23	เคลือบขาวด้าน
6	เคลือบขาวมันมีฟองเล็กๆ	24	เคลือบขาวด้าน
7	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ	25	เคลือบขาวเหลืองด้านมีฟอง
8	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ	26	เคลือบขาวเหลืองด้าน
9	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	27	เคลือบขาวเหลืองด้านมีฟองเล็กๆ
10	เคลือบขาวเหลืองมันมีฟองเล็กๆ	28	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมันมีราน
11	เคลือบขาวด้าน	29	เคลือบขาวด้าน
12	เคลือบขาวด้าน	30	เคลือบขาวด้าน
13	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมันมีฟองเล็กๆ	31	เคลือบขาวด้าน
14	เคลือบขาวเหลืองมัน	32	เคลือบขาวด้าน
15	เคลือบขาวเหลืองมันมีฟองเล็กๆ	33	เคลือบขาวเหลืองด้านมีราน
16	เคลือบขาวด้าน	34	เคลือบขาวเหลืองด้านมีราน
17	เคลือบขาวด้าน	35	เคลือบขาวเหลืองด้านมีราน
18	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ	36	เคลือบขาวเหลืองกึ่งมันมีราน

ตารางที่ 12 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) ผลการทดลอง สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ผู้วิจัยพบว่าผลการทดลองในกลุ่มนี้มีสูตรเคลือบมี 1 สูตรที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ คือ สูตรที่ 4 ประกอบด้วย หินฟันม้า 60 ซิงค์ออกไซด์ 30 ดินเหนียวนครชัยศรี 10 เพราะมีการหลอมตัวดี มีสี ขาวขุ่นแต่มีจุดเล็กๆ ค่อนข้างมากอาจเกิดจากดินตัวทดลอง ส่วนสูตรอื่นๆ มีทั้งด้าน แตราน และมีฟอง

เคลือบด้าน ได้แก่ สูตรที่ 7,8,9,11,12,13,14,16,17,22,23,24,25,26,29,30,31,32,33,34,35



ภาพที่ 30 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่2) 1
เคลือบแตราน ได้แก่ สูตรที่ 18,20,21,27,28,36



ภาพที่ 31 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่2) 2

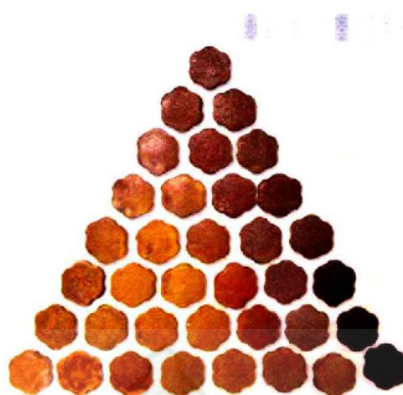
สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตร ที่	หินฟันท้า (A)	แคลเซียม คาร์บอเนต (B)	ดินเหนียว นครชัยศรี (C)	สูตร ที่	หินฟันท้า (A)	แคลเซียม คาร์บอเนต (B)	ดินเหนียว นครชัยศรี (C)
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 13 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 3)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) โดยกำหนดใช้แร่หินฟันท้า,แคลเซียมคาร์บอเนตและดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุลหอยตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 32 : ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 3)แร่หินฟันม้า,แคลเซียม คาร์บอนเตและดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตร	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตร	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบเป็นฟองเล็กๆสีน้ำตาลเข้มกึ่งเงา	19	เคลือบด้านสีน้ำตาลแดงมีฟองเล็กๆ
2	เคลือบเป็นฟองเล็กๆสีน้ำตาลกึ่งเงา	20	เคลือบด้านสีน้ำตาล
3	เคลือบเป็นฟองใหญ่จำนวนมากสีน้ำตาล	21	เคลือบด้านสีน้ำตาลเข้มมีฟองเล็กๆ
4	เคลือบสีน้ำตาลกำลังจะหลอม	22	เคลือบหลอมตัว กึ่งมันกึ่งด้าน
5	เคลือบเป็นฟองเล็กๆน้อยลงสีน้ำตาล	23	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน
6	เคลือบเป็นฟองเล็กๆสีน้ำตาล	24	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน สีแถมเหลือง
7	เคลือบเริ่มหลอมตัวสีแถมเหลือง	25	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน สีแถมเหลือง
8	เคลือบหลอมตัวสีแถมเหลืองจุดน้ำตาล	26	เคลือบด้านสีน้ำตาลแดงมีฟองเล็กๆ
9	เคลือบด้านสีน้ำตาล	27	เคลือบด้านสีน้ำตาล
10	เคลือบด้านสีน้ำตาลมีฟองเล็กๆ	28	เคลือบด้านสีน้ำตาลเข้มมีฟองเล็กๆ
11	เคลือบเริ่มหลอมตัวสีแถมเหลือง	29	เคลือบด้านไม่หลอมตัวสีแถมเหลือง
12	เคลือบหลอมตัวดีขึ้นสีแถมเหลืองกึ่งด้าน	30	เคลือบด้านไม่หลอมตัวสีแถมเหลือง
13	เคลือบสีน้ำตาลแถมเหลืองกึ่งด้าน	31	เคลือบด้านตัวสีน้ำตาลแถมเหลือง
14	เคลือบสีน้ำตาลด้านจุดดำ	32	เคลือบกึ่งด้าน สีแถมเหลือง
15	เคลือบด้านสีน้ำตาลมีฟองเล็กๆ	33	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้าน สีแถมเหลือง
16	เคลือบหลอมตัวดีขึ้นสีแถมเหลืองกึ่งมัน	34	เคลือบด้านสีน้ำตาล
17	เคลือบด้านสีแถมเหลืองมีฟองเล็กๆ	35	เคลือบด้านสีน้ำตาล
18	เคลือบสีแถมเหลืองกึ่งมันมีรานเล็กๆ	36	เคลือบด้านสีน้ำตาลเข้ม

ตารางที่ 14 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) ผลการทดลอง เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ ออกซิเดชันผู้วิจัยพบว่าเคลือบมีลักษณะด้านและกึ่งด้านกึ่งมัน ได้แก่

สูตรที่ 1,2,3,5,6,9,10,14,15,20,21,26,27,28,29,30,31,34,35,36 ลักษณะเคลือบด้านและกึ่งด้านสีออกไปทางน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้ม เคลือบมีพองเล็กๆ



ภาพที่ 33 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 1

สูตรที่ 4,7,11,12,13,16,17,18,19,22,23,24,25,32,33 ลักษณะเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน สีค่อนข้างไปทางเหลืองบางสูตรมีการหลอมตัว เช่น สูตรที่ 16



ภาพที่ 34 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 2

ผู้วิจัยพบว่าสูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้เป็นเคลือบกึ่งด้านกึ่งมัน คือสูตรที่ 8 ประกอบด้วย แร่หินฟันม้า 50 แคลเซียมคาร์บอเนต 30 ดินเหนียวนครชัยศรี 20



ภาพที่ 35 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่3) 3

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตร ที่	หินฟันม้า	แมกนีเซียม ออกไซด์	ดินเหนียว นครชัยศรี	สูตร ที่	หินฟันม้า	แมกนีเซียม ออกไซด์	ดินเหนียว นครชัยศรี
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 15: ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 4)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) โดยกำหนดใช้แร่หินฟันม้า,แมกนีเซียม ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุลหอยตัวของ น้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เภาพีอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 36 : ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 4)แร่หินฟันม้า,แมกนีเซียม ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เภาพีอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบใสกึ่งขุ่น	19	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
2	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้าน	20	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
3	เคลือบใส	21	เคลือบสีขุ่นกึ่งมัน
4	ขาวขุ่นกึ่งด้านเคลือบเริ่มแยกตัว	22	เคลือบขาวเริ่มแยกตัวใหญ่ขึ้น
5	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้าน	23	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
6	เคลือบใสกึ่งขุ่นสีน้ำตาลเหลือง	24	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
7	เคลือบเริ่มแยกตัวเล็ก	25	เคลือบสีน้ำตาลเหลืองเริ่มแยกตัวใหญ่ขึ้น
8	ขาวขุ่นกึ่งด้านเคลือบเริ่มแยกตัว	26	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
9	เคลือบสีขุ่นกึ่งด้าน	27	เคลือบสีขุ่นกึ่งมัน
10	เคลือบใสกึ่งขุ่นสีน้ำตาลเหลือง	28	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
11	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก	29	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก
12	เคลือบเริ่มแยกตัวเล็ก	30	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็กๆ
13	เคลือบเริ่มแยกตัวเล็กสีขุ่น	31	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็กๆ
14	เคลือบสีขุ่นกึ่งด้าน	32	เคลือบสีน้ำตาลเหลืองเริ่มแยกตัวเล็ก
15	เคลือบสีขุ่นกึ่งมัน	33	เคลือบสีน้ำตาลเหลืองเริ่มแยกตัวเล็ก
16	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก	34	เคลือบสีน้ำตาลเหลืองเริ่มแยกตัวเล็ก
17	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวเล็ก	35	เคลือบสีน้ำตาลกึ่งด้าน
18	เคลือบสีขาวเริ่มแยกตัวใหญ่ขึ้น	36	เคลือบสีน้ำตาลกึ่งมัน

ตารางที่ 16 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เภาพีอุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) ผลการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่นผลการทดลองสูตรนี้เป็นสูตรที่ผู้วิจัยสนใจมาก เพราะหลายสูตรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลงานสร้างสรรค์ทางเครื่องเคลือบดินเผาได้ ลักษณะเคลือบแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มเคลือบเงา คือ สูตรที่ 1,3,6,10,15,21,28 ลักษณะเคลือบจะเงามีการหลอมตัวเป็นเคลือบที่สุกตัว โดยเฉพาะสูตรที่ 1,3 เป็นเคลือบใสมองเห็นผิวเนื้อดินชัดเจน



ภาพที่ 37 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 4) 1

กลุ่มเคลือบหตุตัว คือ สูตรที่ 2,4,5,7,8,9,11,12,13,14,16,17,18,19,20,22 จนถึงด้าน เคลือบหตุตัวจับเป็นก้อนเล็ก เกิดจากในสูตรมีแมกนีเซียมออกไซด์ในปริมาณที่มาก สีของเคลือบเริ่มจากขาวขุ่นจนถึงน้ำตาล



ภาพที่ 38 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่4) 2

ผู้วิจัยพบว่า สูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการทำเคลือบใสคือ สูตรที่ 3 ที่ประกอบด้วย หินฟันม้า 70 แมกนีเซียมออกไซด์ 10 ดินเหนียวนครชัยศรี 20



ภาพที่ 39 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่4) 3

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตร ที่	หินฟันม้า	ทลค์	ดินเหนียว นครชัยศรี	สูตร ที่	หินฟันม้า	ทลค์	ดินเหนียว นครชัยศรี
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 17 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 5)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) โดยกำหนดใช้แร่หินฟันม้า,ทลค์และดินเหนียว นครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 40 : ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 5)แร่หินพื้นน้ำ,ทัลค์และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	19	เคลือบด้านน้ำตาลราน
2	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	20	เคลือบด้านน้ำตาลราน
3	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	21	เคลือบด้านน้ำตาลราน
4	เคลือบด้านน้ำตาลขาว	22	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล
5	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	23	เคลือบด้านขาวน้ำตาลจุดน้ำตาล
6	เคลือบน้ำตาลกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	24	เคลือบด้านน้ำตาลราน
7	เคลือบกึ่งด้านขาวราน	25	เคลือบด้านน้ำตาลราน
8	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	26	เคลือบด้านน้ำตาลราน
9	เคลือบน้ำตาลกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	27	เคลือบด้านน้ำตาลราน
10	เคลือบน้ำตาลกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	28	เคลือบด้านน้ำตาลราน
11	เคลือบด้านน้ำตาลราน	29	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล
12	เคลือบกึ่งด้านขาวราน	30	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล
13	เคลือบกึ่งด้านน้ำตาลราน	31	เคลือบด้านน้ำตาลราน
14	เคลือบน้ำตาลกึ่งมันกึ่งด้าน	32	เคลือบด้านน้ำตาลราน
15	เคลือบน้ำตาลกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	33	เคลือบด้านน้ำตาลราน
16	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาล	34	เคลือบด้านน้ำตาลราน
17	เคลือบด้านขาวจุดน้ำตาลราน	35	เคลือบด้านน้ำตาลราน
18	เคลือบด้านจุดน้ำตาลราน	36	เคลือบด้านน้ำตาลราน

ตารางที่ 18 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 5)ผลการทดลองสูตรตาราง3(5เผาที่อุณหภูมิ1200องศาเซลเซียส
 บรรยายการออกซิเดชั่น ผู้วิจัยสรุปว่า ผลการทดลองครั้งนี้ทุกสูตรไม่ผ่านเกณฑ์การตัดสินใจของผู้วิจัย คือ
 ทุกสูตรมีลักษณะด้าน แตกรานและมีฟอง



ภาพที่ 41 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่5) 1



ภาพที่ 42 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่5) 2

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6)

สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม							
สูตร ที่	หินพื้น ม้า	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	ดินเหนียว นครชัยศรี	สูตร ที่	หินพื้นม้า	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	ดินเหนียว นครชัยศรี
1	80	10	10	19	30	30	40
2	70	20	10	20	30	20	50
3	70	10	20	21	30	10	60
4	60	30	10	22	20	70	10
5	60	20	20	23	20	60	20
6	60	10	30	24	20	50	30
7	50	40	10	25	20	40	40
8	50	30	20	26	20	30	50
9	50	20	30	27	20	20	60
10	50	10	40	28	20	10	70
11	40	50	10	29	10	80	10
12	40	40	20	30	10	70	20
13	40	30	30	31	10	60	30
14	40	20	40	32	10	50	40
15	40	10	50	33	10	40	50
16	30	60	10	34	10	30	60
17	30	50	20	35	10	20	70
18	30	40	30	36	10	10	80

ตารางที่ 19 :ตาราง สูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่ 6)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,เซอร์โคเนียมซิลิเกตและดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของ น้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 43 : ผลการเคลือบ 3 เหลี่ยม(ที่ 6)แร่หินฟันม้า,เซอร์โคเนียมซิลิเกตและดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบใสมีรานเล็กๆ	19	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
2	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	20	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
3	เคลือบสีขุ่นใสมีรานเล็กๆ	21	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
4	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	22	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
5	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	23	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
6	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองใหญ่	24	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
7	เคลือบสีขุ่นใสมีรานเล็กๆ	25	เคลือบน้ำตาลขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
8	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	26	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
9	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	27	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
10	เคลือบขุ่นกึ่งมันมีฟองเล็กๆ	28	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
11	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	29	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
12	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	30	เคลือบขาวขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
13	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	31	เคลือบขาวขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
14	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	32	เคลือบขาวขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
15	เคลือบขุ่นกึ่งมันมีฟองเล็กๆ	33	เคลือบขาวขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
16	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	34	เคลือบน้ำตาลขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
17	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	35	เคลือบน้ำตาลขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
18	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ	36	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ

ตารางที่ 20 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) ผลจากการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่6) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยได้สังเกตสูตรที่สามารถนำมาพัฒนาได้เพียงไม่กี่สูตร นอกนั้นเป็นเคลือบด้านทั้งหมด สูตรที่สามารถนำมาพัฒนาได้ คือ สูตรที่ 1 ,2,3,7,15 ที่มีลักษณะการหลอมดีแต่มีรอบรานเล็กๆในเคลือบ เคลือบจะใสเห็นผิวดิน



ภาพที่ 44 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่6) 1

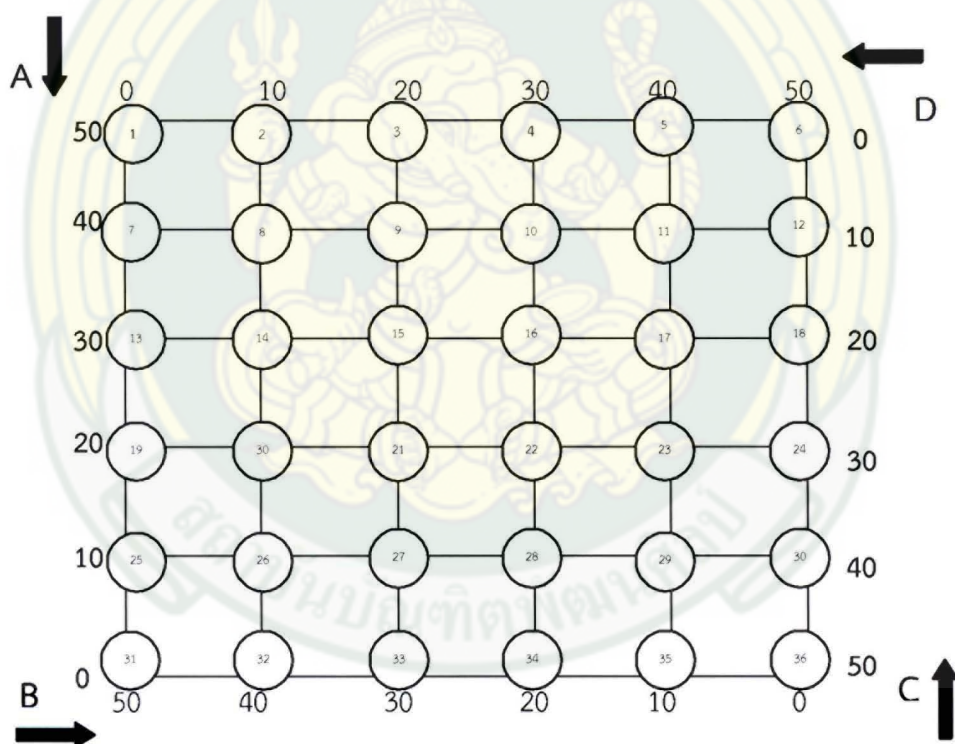


ภาพที่ 45 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 3 เหลี่ยม(ที่6) 2

➤ ผู้วิจัยได้ทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาส่วนผสม การทดลองน้ำยาเคลือบและสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี (ท่านา) ดังนี้

- แร่หินฟันม้า
- แบเรียม คาร์บอเนต
- แมกนีเซียม ออกไซด์
- ทัลคัม
- ซิงค์ ออกไซด์
- แคลเซียม คาร์บอเนต
- ดินนครชัยศรี
- แร่ควอทซ์, ซิลิกา
- เซอร์โคเนียม

สูตรตาราง 4 เหลี่ยม



ผู้วิจัยได้กำหนดการอ่านค่าจำนวนตามลูกศรที่ชี้ในสูตรแต่ละสูตรโดยกำหนดหมายเลขสูตรใน วงกลมตั้งแต่ 1-36 สูตร ทุกการทดลองในสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1)

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม									
สูตร	หิน พื้นม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	ซิงค์ ออกไซด์ (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)	สูตร	หิน พื้นม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	ซิงค์ ออกไซด์ (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)
1	50	50	0	0	19	20	50	30	0
2	50	40	0	10	20	20	40	30	10
3	50	30	0	20	21	20	30	30	20
4	50	20	0	30	22	20	20	30	30
5	50	10	0	40	23	20	10	30	40
6	50	0	0	50	24	20	0	30	50
7	40	50	10	0	25	10	50	40	0
8	40	40	10	10	26	10	40	40	10
9	40	30	10	20	27	10	30	40	20
10	40	20	10	30	28	10	20	40	30
11	40	10	10	40	29	10	10	40	40
12	40	0	10	50	30	10	0	40	50
13	30	50	20	0	31	0	50	50	0
14	30	40	20	10	32	0	40	50	10
15	30	30	20	20	33	0	30	50	20
16	30	20	20	30	34	0	20	50	30
17	30	10	20	40	35	0	10	50	40
18	30	0	20	50	36	0	0	50	50

ตารางที่ 21 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 1)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,แบเรียมคาร์บอเนต,ซิงค์ ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับปรุงสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 46 : ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1)แร่หินฟันม้า,แบเรียม คาร์บอเนต,ซิงค์ ออกไซด์ และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวขุ่นเห็นเนื้อดินน้ำตาล	19	เคลือบด้านขาวขุ่น
2	เคลือบขาวขุ่นเห็นเนื้อดินน้ำตาล	20	เคลือบด้านขาวขุ่นออกน้ำตาลเหลือง
3	เคลือบขุ่นเห็นเนื้อดินน้ำตาล	21	เคลือบด้าน
4	เคลือบขุ่นเห็นเนื้อดินน้ำตาล	22	เคลือบด้านแกมเหลือง
5	เคลือบขุ่นเห็นเนื้อดินน้ำตาลมีฟอง	23	เคลือบขุ่นกึ่งด้านมีเนื้อดินน้ำตาล
6	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลมีฟองมาก	24	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลขาวมีฟองมาก
7	เคลือบด้านขาวขุ่น	25	เคลือบด้านขาวขุ่น
8	เคลือบขุ่นด้าน	26	เคลือบด้านขาวขุ่น
9	เคลือบขุ่นด้านเกือบเป็นฟอง	27	เคลือบด้านแกมเหลือง
10	เคลือบขุ่นด้าน	28	เคลือบด้านมีเนื้อดินน้ำตาล
11	เคลือบกึ่งด้านกึ่งมันแกมเหลือง	29	เคลือบด้านมีเนื้อดินน้ำตาล
12	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลขาวมีฟองมาก	30	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลขาวเหลืองมีฟองเล็กๆ
13	เคลือบขาวขุ่นด้าน	31	เคลือบด้านขาวขุ่น
14	เคลือบขาวขุ่นกึ่งด้าน	32	เคลือบด้านขาวขุ่นออกเหลือง
15	เคลือบขุ่นด้าน	33	เคลือบด้านขาวขุ่นออกเหลือง
16	เคลือบขุ่นด้านมีเนื้อดินน้ำตาล	34	เคลือบด้านขุ่นออกเหลือง
17	เคลือบกึ่งด้านกึ่งมันแกมเหลือง	35	เคลือบด้านขุ่นออกเหลือง
18	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลขาวมีฟองมาก	36	เคลือบขุ่นสีน้ำตาลขาวเหลืองมีฟองเล็กๆ

ตารางที่ 22 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) ผลจากการทดลองในสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เผาในบรรยากาศออกซิเดชั่น ได้ผลคือ

สูตรที่ 1-6 เคลือบดินลักษณะสีน้ำตาล มีฟอง สูตรที่ 7-10 ,13-16,19-22,25-29 เคลือบด้าน ลักษณะสีไล่ระดับตั้งแต่ขาวไปเหลืองถึงส้ม



ภาพที่ 47 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 1
สูตรที่ 11 ,17 เคลือบเริ่มมีการหลอมตัวดีขึ้น เคลือบกึ่งด้านมันทึบแสง สีออกไปทางเหลือง



ภาพที่ 48 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 2
สูตรที่ 12 ,18,24,30 เคลือบมีการแยกตัวมีฟอง เคลือบกึ่งด้าน สีขาวครีม31-36 เคลือบด้าน ไล่ระดับขาวไปจนถึงเหลือง



ภาพที่ 49 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 3
ผู้วิจัยพบว่า สูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการทดลองสี มี 1 สูตร คือ สูตรที่ 11 ซึ่งประกอบด้วยแร่หินฟันม้า 40 แบเรียมคาร์บอเนต 10 ซิงค์ออกไซด์ 10 ดินเหนียวนครชัยศรี 40



ภาพที่ 50 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่1) 4

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2)

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม									
สูตร	หินพื้น ม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	แมกนีเซียม ออกไซด์ (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)	สูตร	หินพื้น ม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	แมกนีเซียม ออกไซด์ (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)
1	50	50	0	0	19	20	50	30	0
2	50	40	0	10	20	20	40	30	10
3	50	30	0	20	21	20	30	30	20
4	50	20	0	30	22	20	20	30	30
5	50	10	0	40	23	20	10	30	40
6	50	0	0	50	24	20	0	30	50
7	40	50	10	0	25	10	50	40	0
8	40	40	10	10	26	10	40	40	10
9	40	30	10	20	27	10	30	40	20
10	40	20	10	30	28	10	20	40	30
11	40	10	10	40	29	10	10	40	40
12	40	0	10	50	30	10	0	40	50
13	30	50	20	0	31	0	50	50	0
14	30	40	20	10	32	0	40	50	10
15	30	30	20	20	33	0	30	50	20
16	30	20	20	30	34	0	20	50	30
17	30	10	20	40	35	0	10	50	40
18	30	0	20	50	36	0	0	50	50

ตารางที่ 23 :ตาราง สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 2)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,แบเรียมคาร์บอเนต,แมกนีเซียม ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 51 : ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2)แรหินพื้นม้า,แบเรียม คาร์บอเนต,แมกนีเซียม ออกไซด์และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวด้านมีฟอง	19	เคลือบขาวด้าน
2	เคลือบขาวด้านมีฟอง	20	เคลือบขาวด้าน
3	เคลือบด้านน้ำตาล	21	เคลือบด้านน้ำตาลมีราน
4	เคลือบด้านน้ำตาลมีฟอง	22	เคลือบด้านน้ำตาลมีจุดน้ำตาล
5	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลมีฟอง	23	เคลือบกึ่งมันน้ำตาล
6	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลมีฟอง	24	เคลือบกึ่งมันน้ำตาล
7	เคลือบขาวด้านมีราน	25	เคลือบขาวด้านมีราน
8	เคลือบขาวด้านมีราน	26	เคลือบขาวด้านมีราน
9	เคลือบน้ำตาลด้านมีราน	27	เคลือบขาวด้านมีราน
10	เคลือบน้ำตาลด้านมีจุดน้ำตาล	28	เคลือบกึ่งมันกึ่งด้านน้ำตาล
11	เคลือบกึ่งมันน้ำตาลมีฟอง	29	เคลือบด้านน้ำตาลมีราน
12	เคลือบมันน้ำตาล	30	เคลือบด้านน้ำตาลมีรานใหญ่
13	เคลือบขาวด้านมีราน	31	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีรานใหญ่
14	เคลือบน้ำตาลด้าน	32	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีราน
15	เคลือบน้ำตาลด้าน	33	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีราน
16	เคลือบน้ำตาลด้าน	34	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีราน
17	เคลือบกึ่งมันน้ำตาล	35	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีราน
18	เคลือบกึ่งมันน้ำตาล	36	เคลือบด้านขาวน้ำตาลมีราน

ตารางที่ 24 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) ผลการทดลองเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน ผู้วิจัยพบว่า ผลการทดลองสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) มีหลายสูตรที่สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผลงานสร้างสรรค์ได้ เพราะมีความแตกต่างค่อนข้างมาก ซึ่งพบว่า

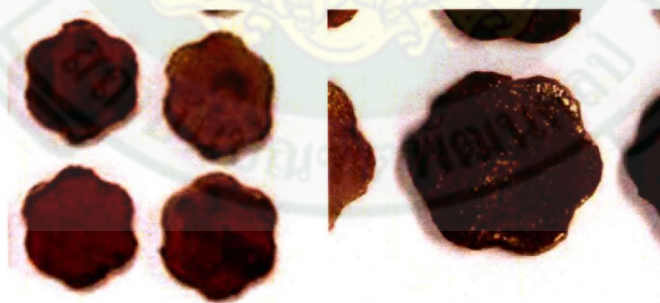
สูตรที่ 1-6 ลักษณะเคลือบด้านมีฟองเล็กๆ สีเริ่มออกขาวขุ่นจนถึงสีน้ำตาลเข้ม สูตรที่ 7-11 เคลือบด้านมีเม็ดน้ำตาลทั้งบริเวณ มีฟองเล็กๆสีออกขาวขุ่นจนถึงน้ำตาล

สูตรที่ 12 เคลือบมัน สีใสแกมเขียว การหลอมตัว สูตรที่ 13-16,19-22,26-28,32-34 เคลือบด้าน สีขาวขุ่น เทา น้ำตาล น้ำตาลแดงในเคลือบจะมีจุดสีน้ำตาลเล็กๆกระจายตัวทั่วบริเวณบางส่วนเริ่มรานมีรอยแยก



ภาพที่ 52 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่2) 1

สูตรที่ 17,18,23,24 เคลือบมีลักษณะเริ่มหลอมตัวดีขึ้น ลักษณะกึ่งด้านกึ่งมันเคลือบสีน้ำตาลสูตรที่ 25,29,30,31,35,36 เป็นเคลือบด้าน สีการแยกตัวของเคลือบลักษณะเหมือนดินแตกสีออกไปทางขาวขุ่นและน้ำตาลเข้ม



ภาพที่ 53 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่2) 2

ผู้วิจัยพบว่าสูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการทดลองสี ได้แก่ สูตรที่ 12 ประกอบด้วย หิน ฟันม้า 40 แบเรียคาร์บอเนต 0 แมกนีเซียม ออกไซด์ 10 ดินเหนียวนครชัยศรี 50

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3)

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม									
สูตร	หินพื้นม้า	ซิงค์ ออกไซด์	ทัลค์	ดินเหนียว นครชัยศรี	สูตร	หินพื้นม้า	ซิงค์ ออกไซด์	ทัลค์	ดินเหนียว นครชัยศรี
ร	(A)	(B)	(C)	(D)	ร	(A)	(B)	(C)	(D)
1	50	50	0	0	19	20	50	30	0
2	50	40	0	10	20	20	40	30	10
3	50	30	0	20	21	20	30	30	20
4	50	20	0	30	22	20	20	30	30
5	50	10	0	40	23	20	10	30	40
6	50	0	0	50	24	20	0	30	50
7	40	50	10	0	25	10	50	40	0
8	40	40	10	10	26	10	40	40	10
9	40	30	10	20	27	10	30	40	20
10	40	20	10	30	28	10	20	40	30
11	40	10	10	40	29	10	10	40	40
12	40	0	10	50	30	10	0	40	50
13	30	50	20	0	31	0	50	50	0
14	30	40	20	10	32	0	40	50	10
15	30	30	20	20	33	0	30	50	20
16	30	20	20	30	34	0	20	50	30
17	30	10	20	40	35	0	10	50	40
18	30	0	20	50	36	0	0	50	50

ตารางที่ 25 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 3)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่3) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,ซิงค์ ออกไซด์,ทัลค์ และดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุลหุลอมตัวของ น้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

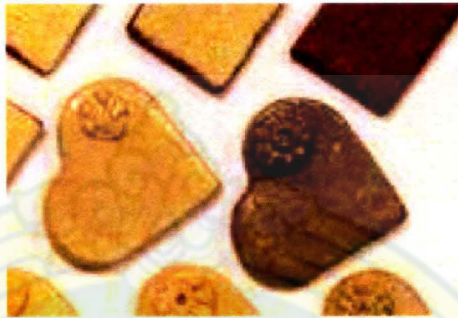


ภาพที่ 54 : ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) แร่หินฟันม้า, ซิงค์ ออกไซด์, ทัลค์ และดินเหนียว นครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวด้าน	19	เคลือบขาวด้าน
2	เคลือบขาวด้านมีราน	20	เคลือบขาวด้าน
3	เคลือบขาวด้านมีราน	21	เคลือบขาวด้านมีฟอง
4	เคลือบขาวกึ่งด้านมีราน	22	เคลือบขาวกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
5	เคลือบขาวกึ่งมันมีฟอง	23	เคลือบขาวกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
6	เคลือบด้านสีน้ำตาล	24	เคลือบขุ่นกึ่งด้านมีฟองเล็กๆ
7	เคลือบขาวด้าน	25	เคลือบขาวด้าน
8	เคลือบขาวด้านมีราน	26	เคลือบขาวด้าน
9	เคลือบขาวด้านมีราน	27	เคลือบขาวด้าน
10	เคลือบขาวกึ่งด้านมีราน	28	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ
11	เคลือบขาวขุ่นกึ่งมัน	29	เคลือบขาวด้านมีราน
12	เคลือบใส	30	เคลือบด้าน
13	เคลือบขาวด้าน	31	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ
14	เคลือบขาวด้านมีราน	32	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ
15	เคลือบขาวด้านมีราน	33	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ
16	เคลือบขาวกึ่งด้านมีราน	34	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ
17	เคลือบขาวด้านมีฟองเล็กๆ	35	เคลือบขุ่นด้านมีฟองเล็กๆ
18	เคลือบน้ำตาลด้านมีฟองเล็กๆ	36	เคลือบน้ำตาลด้านมีฟองเล็กๆ

ตารางที่ 26 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยวิเคราะห์แล้วลักษณะเคลือบคล้ายกับผลการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) คือ สูตรเคลือบที่สามารถนำมาพัฒนาใช้ได้มีเพียงไม่กี่สูตร ได้แก่ สูตรที่ 11 มีลักษณะเงา มีความทึบแสง สีขาว สูตรที่ 12 มีลักษณะเงาใส มองเห็นผิวดิน มีการหลอมตัวดี นอกนั้นจะเป็นเคลือบด้านทั้งหมด



ภาพที่ 55 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่3) 1



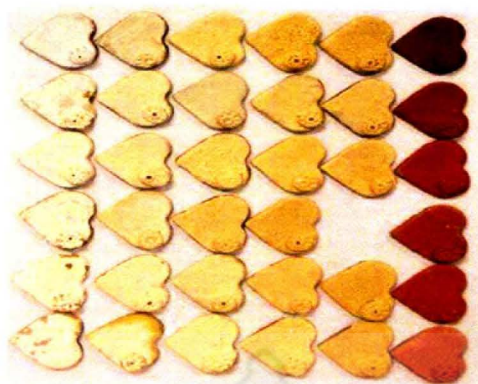
สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4)

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม									
สูตร	หินพื้น ม้า (A)	ซิงค์ ออกไซด์ (B)	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)	สูตร	หินพื้น ม้า (A)	ซิงค์ ออกไซด์ (B)	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)
1	50	50	0	0	19	20	50	30	0
2	50	40	0	10	20	20	40	30	10
3	50	30	0	20	21	20	30	30	20
4	50	20	0	30	22	20	20	30	30
5	50	10	0	40	23	20	10	30	40
6	50	0	0	50	24	20	0	30	50
7	40	50	10	0	25	10	50	40	0
8	40	40	10	10	26	10	40	40	10
9	40	30	10	20	27	10	30	40	20
10	40	20	10	30	28	10	20	40	30
11	40	10	10	40	29	10	10	40	40
12	40	0	10	50	30	10	0	40	50
13	30	50	20	0	31	0	50	50	0
14	30	40	20	10	32	0	40	50	10
15	30	30	20	20	33	0	30	50	20
16	30	20	20	30	34	0	20	50	30
17	30	10	20	40	35	0	10	50	40
18	30	0	20	50	36	0	0	50	50

ตารางที่ 27 : ตารางสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 4)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า, ซิงค์ ออกไซด์, เซอร์โคเนียมซิลิเกตและดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับปรุงสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) เมาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 56 : ผลการทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) แรหินฟันม้า, ซิงค์ ออกไซด์, เซอร์โคเนียมซิลิเกต และดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) เมาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวด้านมีฟอง	19	เคลือบขาวด้าน
2	เคลือบขาวด้านมีฟอง	20	เคลือบขาวด้าน
3	เคลือบขาวด้านมีฟองจุดเล็กๆ	21	เคลือบขาวด้านมีราน
4	เคลือบขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองจุดใหญ่ๆ	22	เคลือบขาวขุ่นด้านมีรานมาก
5	เคลือบขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟองจุดใหญ่ๆ	23	เคลือบขาวขุ่นด้านมีรานมาก
6	เคลือบน้ำตาลด้านมีฟองเล็กๆ	24	เคลือบน้ำตาลด้านมีรานเล็กๆ
7	เคลือบขาวด้านมีราน	25	เคลือบขาวด้าน
8	เคลือบขาวด้านมีฟอง	26	เคลือบขาวด้าน
9	เคลือบขาวขุ่นด้านมีฟอง	27	เคลือบขาวขุ่นด้าน
10	เคลือบขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีฟอง	28	เคลือบขาวขุ่นด้านมีราน
11	เคลือบขุ่นกึ่งมันกึ่งด้านมีรานจุดๆ	29	เคลือบขาวขุ่นด้านมีรานมาก
12	เคลือบน้ำตาลด้านมีฟองเล็กๆ	30	เคลือบน้ำตาลด้านมีรานเล็กๆ
13	เคลือบขาวด้าน	31	เคลือบขาวด้าน
14	เคลือบขาวด้านมีฟอง	32	เคลือบขาวด้าน
15	เคลือบขาวด้านมีราน	33	เคลือบขาวขุ่นด้าน
16	เคลือบขาวด้านมีราน	34	เคลือบขาวขุ่นด้านมีราน
17	เคลือบขาวกึ่งมันกึ่งด้านมีราน	35	เคลือบขาวขุ่นด้านมีรานมาก
18	เคลือบน้ำตาลด้านมีฟองเล็กๆ	36	เคลือบน้ำตาลด้านมีรานเล็กๆ

ตารางที่ 28 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) เมาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่4) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัย เห็นว่าสูตร ตาราง 4 เหลี่ยม (ที่4) นี้ไม่มีสูตรใดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเลยเพราะเคลือบมีลักษณะด้านมาก และหดตัวจนราน บางสูตรยังไม่สุกตัว



ภาพที่ 57 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่4) 1



ภาพที่ 58 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่4) 2

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5)

สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม									
สูตร	หินพื้น ม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	เซอร์โคเนีย ม ซิลิเกต (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)	สูตร	หินพื้น ม้า (A)	แบเรียม คาร์บอเนต (B)	เซอร์โคเนีย ม ซิลิเกต (C)	ดินเหนียว นครชัยศรี (D)
1	50	50	0	0	19	20	50	30	0
2	50	40	0	10	20	20	40	30	10
3	50	30	0	20	21	20	30	30	20
4	50	20	0	30	22	20	20	30	30
5	50	10	0	40	23	20	10	30	40
6	50	0	0	50	24	20	0	30	50
7	40	50	10	0	25	10	50	40	0
8	40	40	10	10	26	10	40	40	10
9	40	30	10	20	27	10	30	40	20
10	40	20	10	30	28	10	20	40	30
11	40	10	10	40	29	10	10	40	40
12	40	0	10	50	30	10	0	40	50
13	30	50	20	0	31	0	50	50	0
14	30	40	20	10	32	0	40	50	10
15	30	30	20	20	33	0	30	50	20
16	30	20	20	30	34	0	20	50	30
17	30	10	20	40	35	0	10	50	40
18	30	0	20	50	36	0	0	50	50

ตารางที่ 29 :ตาราง สูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่ 5)

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองใช้สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) โดยกำหนดใช้แร่หินพื้นม้า,เซอร์โคเนียซิลิเกตและดินเหนียวนครชัยศรี ได้สูตรดังตารางข้างต้นทั้งหมด 36 สูตรเพื่อเตรียมนำไปทดสอบเผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ทั้งนี้การทดสอบเพื่อต้องการจุดหลอมตัวของน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับเนื้อดินนครชัยศรี ก่อนนำไปพัฒนาปรับคุณสมบัติเพิ่มเติม

ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 59 : ผลทดลองเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5)แร่หินฟันม้า,เซอร์โคเนียมซิลิเกต,ดินเหนียวนครชัยศรี

ลักษณะเคลือบของสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส			
สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา	สูตรที่	ลักษณะเคลือบหลังเผา
1	เคลือบขาวขุ่นด้าน	19	เคลือบขาวด้าน
2	เคลือบขาวขุ่นด้าน	20	เคลือบขาวขุ่นด้าน
3	เคลือบน้ำตาลขุ่นด้าน	21	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
4	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งมัน	22	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
5	เคลือบน้ำตาลขุ่นกึ่งมันมีฟอง	23	เคลือบน้ำตาลขุ่นด้าน
6	เคลือบน้ำตาลแดงกึ่งมัน	24	เคลือบน้ำตาลแดงด้านมีรานเล็กๆ
7	เคลือบขาวขุ่นด้าน	25	เคลือบขาวด้าน
8	เคลือบขาวขุ่นด้าน	26	เคลือบขาวขุ่นด้าน
9	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล	27	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
10	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล	28	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
11	เคลือบน้ำตาลด้าน	29	เคลือบด้านน้ำตาล
12	เคลือบน้ำตาลแดงกึ่งมันมีฟอง	30	เคลือบน้ำตาลแดงด้านมีรานใหญ่
13	เคลือบขาวด้าน	31	เคลือบขาวด้าน
14	เคลือบขาวขุ่นด้าน	32	เคลือบขาวขุ่นด้าน
15	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล	33	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
16	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล	34	เคลือบขาวขุ่นด้านจุดน้ำตาล
17	เคลือบด้านน้ำตาล	35	เคลือบด้านน้ำตาล
18	เคลือบน้ำตาลแดงกึ่งมัน	36	เคลือบขาวน้ำตาลแดงด้านมีรานเล็กๆ

ตารางที่ 30 : ผลการทดสอบสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

สรุปสูตร ตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น
ผู้วิจัยเห็นว่าสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) นี้ไม่มีสูตรใดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเลยเพราะเคลือบมีลักษณะ
ด้านมากและหดตัวจนร่น บางสูตรไม่สุกตัว



ภาพที่ 60 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่5) 1



ภาพที่ 61 : รายละเอียดผลการทดลองสูตรเคลือบตาราง 4 เหลี่ยม(ที่5) 2

ผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ดีที่สุดของผลการทดลองนำมาทดลองอีกครั้งเพื่อผลที่แน่นอน

ตาราง	สูตรที่	อัตราส่วนผสม	รูป
ตาราง 3 เหลี่ยม (2)	สูตรที่ 4	หินฟันม้า 60 % ซิงค์ ออกไซด์ 30 % ดินเหนียวนครชัยศรี 10 %	
ตาราง 3 เหลี่ยม (3)	สูตรที่ 8	หินฟันม้า 50 % แคลเซียมคาร์บอเนต 30 % ดินเหนียวนครชัยศรี 20 %	
ตาราง 3 เหลี่ยม (4)	สูตรที่ 3	หินฟันม้า 70 % แมกนีเซียมออกไซด์ 10% ดินเหนียวนครชัยศรี 20 %	
ตาราง 3 เหลี่ยม (6)	สูตรที่ 1	หินฟันม้า 70 % เซอร์โคเนียม ซิลิเกต 10 % ดินเหนียวนครชัยศรี 20 %	
ตาราง 4 เหลี่ยม (1)	สูตรที่ 11	หินฟันม้า 40 % แบเรียม คาร์บอเนต 10 % ซิงค์ ออกไซด์ 10 % ดินเหนียวนครชัยศรี 40 %	
ตาราง 4 เหลี่ยม (3)	สูตรที่ 11	หินฟันม้า 40 % ซิงค์ ออกไซด์ 10 % ทัลค์ 10 % ดินเหนียวนครชัยศรี 40 %	

ตารางที่ 31 : ตารางสูตรที่ดีที่สุดของแต่ละผลการทดลอง

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเคลือบซ้ำ ผู้วิจัยได้เลือกสูตรที่ดีที่สุด

2 สูตร คือสูตรตาราง

3 เหลี่ยม (4) สูตรที่ 3 และสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11 เพื่อนำไปทำการทดลองเต็มสารให้ต่อไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยและพัฒนาอัตราส่วนผสมของการทดลองน้ำยาเคลือบกับสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ที่เหมาะสม ผู้วิจัยใช้สูตรการคำนวณแบบเส้นตรง, แบบตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า, แบบตารางสี่เหลี่ยมด้านเท่า เพื่อต้องการน้ำยาเคลือบกับสารให้สีที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา) ตามที่ผู้วิจัยต้องการ ได้แก่

- สูตรน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)
- สีน้ำเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)

ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ในการนำมาเป็นส่วนผสมในการทดลองครั้งนี้ได้แก่

- แร่หินฟันม้า
- แบเรียม คาร์บอเนต
- แมกนีเซียม ออกไซด์
- ทัลคัม
- ซิงค์ ออกไซด์
- แคลเซียม คาร์บอเนต
- ดินเหนียวนครชัยศรี
- แร่ควอทซ์,ซิลิกา
- เซอร์โคเนียม
- ออกไซด์ ให้สี
 - เฟอริก ออกไซด์
 - คอปเปอร์ คาร์บอเนต
 - คอปเปอร์ออกไซด์
 - โคบอลต์ ออกไซด์
 - แมงกานีส ไดออกไซด์
 - เซอร์โคเนียม ซิลิเกต
 - นิกเกิล

ซึ่ง สูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ประกอบด้วยวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น ดังนี้

- | | | |
|----------------------|----|-------------|
| ○ ดินเหนียวนครชัยศรี | 50 | เปอร์เซ็นต์ |
| ○ ดินขาวระนอง | 35 | เปอร์เซ็นต์ |
| ○ ดินเชื้อ | 15 | เปอร์เซ็นต์ |

➤ สูตรน้ำยาเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)

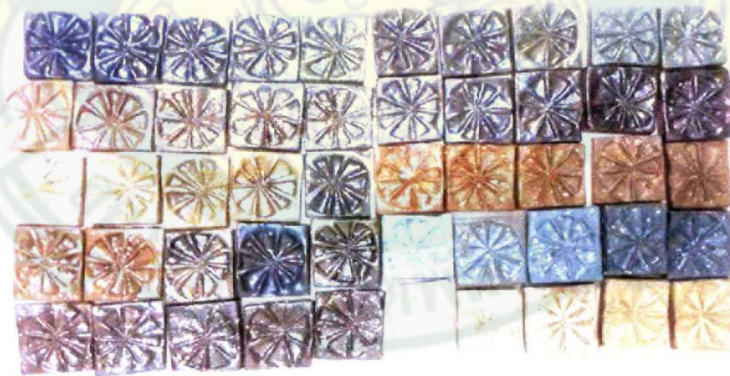
ผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3 เผาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

- หินฟันม้า 70 %
- แมกนีเซียมออกไซด์ 10 %
- ดินเหนียวนครชัยศรี 20 %



ภาพที่ 62 : เคลือบใสสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3

➤ สีน้ำเคลือบที่เหมาะสมกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)



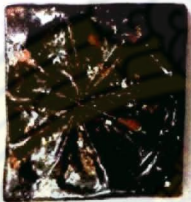
ภาพที่ 63 : ผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3

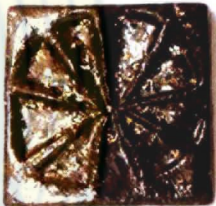
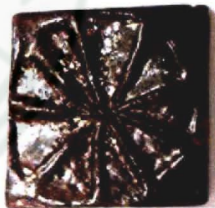
ผู้วิจัยได้นำสูตรเคลือบใสสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3 มาเติมสารให้สีเพื่อให้เกิดสีสันที่หลากหลาย โดยใช้วิธีการสร้างตารางแล้วกำหนดสารให้สีแต่ละชนิดเติมเข้าไปในสูตรเคลือบใสด้วยวิธีการเทียบสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์ดังตาราง

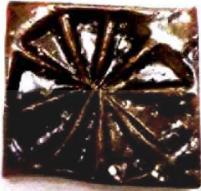
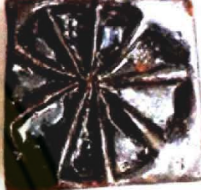
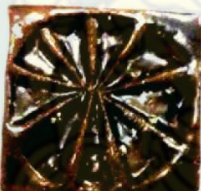
ผลการทดลองเคลือบสีเดิมสีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์															
สูตรที่	เฟอร์รีค ออกไซด์	คอปเปอร์ คาร์บอเนต	คอปเปอร์ออกไซด์	โคบอลต์ ออกไซด์	แมงกานีส ไดออกไซด์	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	นิกเกิล	สูตรที่	เฟอร์รีค ออกไซด์	คอปเปอร์ คาร์บอเนต	คอปเปอร์ออกไซด์	โคบอลต์ ออกไซด์	แมงกานีส ไดออกไซด์	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	นิกเกิล
1	4							26							2
2	6							27							4
3	8							28							6
4	10							29							8
5	12							30							10
6		2				14		31	4					12	
7		4				12		32	6					10	
8		6				10		33	8					8	
9		8				8		34	10					6	
10		10				6		35	12					4	
11			2					36	4	12				12	
12			4					37	6	10				10	
13			6					38	8	8				8	
14			8					39	10	6				6	
15			10					40	12	4				4	
16				0.2		14		41		12		1			
17				0.4		12		42		10		0.8			
18				0.6		10		43		8		0.6			
19				0.8		8		44		6		0.4			
20				1		6		45		4		0.2			
21					4	12		46		12		0.2		4	
22					6	10		47		10		0.4		6	
23					8	8		48		8		0.6		8	
24					10	6		49		6		0.8		10	
25					12	4		50		4		1		12	

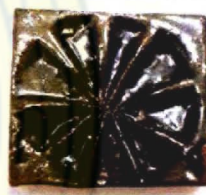
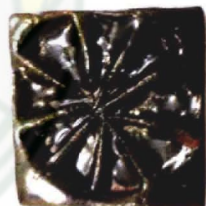
ตารางที่ 32 : ตารางทดลองเคลือบสีเดิมสีเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3

ผลการทดลองเคลือบใสเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3					
สูตร	ลักษณะเคลือบ	ตัวอย่าง	สูตร	ลักษณะเคลือบ	ตัวอย่าง
1	น้ำตาลเข้มเงา		26	น้ำตาลเหลืองด้าน	
2	น้ำตาลเข้มเงา		27	น้ำตาลเหลืองด้าน	
3	น้ำตาลเข้มเงา		28	น้ำตาลเหลืองด้าน	
4	น้ำตาลเข้มเงา		29	น้ำตาลเหลืองด้าน	
5	น้ำตาลเข้มเงา		30	น้ำตาลเหลืองด้าน	

6	ขาวครีม		31	น้ำตาลเหลือง	
7	ขาวครีม		32	น้ำตาลเหลือง	
8	ขาวครีม		33	น้ำตาลเหลือง	
9	ขาวเหลืองครีม		34	น้ำตาลเหลืองเข้ม	
10	ขาวเหลืองครีม		35	น้ำตาลเหลืองเข้ม	
11	น้ำตาลใส		36	น้ำตาลเข้ม	

12	น้ำตาลใส		37	น้ำตาลเข้ม	
13	น้ำตาลใส		38	น้ำตาลเข้ม	
14	น้ำตาลเข้มแถมดำ		39	น้ำตาลเข้ม	
15	น้ำตาลเข้มใส		40	น้ำตาลเข้ม	
16	ฟ้าขาวทึบ		41	เขียวเข้ม	
17	ฟ้า		42	เขียวเข้ม	

18	ฟ้าอ่อนทึบ		43	เขียวเข้ม	
19	ฟ้า		44	เขียวขี้ม้าเข้ม เหลือง	
20	ฟ้าเข้ม		45	เขียวขี้ม้าเข้มแกม เหลือง	
21	น้ำตาลเหลือง อ่อนมีจุด		46	เขียวขี้ม้าเข้มแกม เหลือง	
22	น้ำตาลเหลือง อ่อนมีจุด		47	เขียวขี้ม้าเข้มแกม เหลือง	
23	น้ำตาลแกมเขียว		48	เขียวขี้ม้าเข้มแกม เหลืองอ่อน	

24	น้ำตาลแกมเขียว		49	เขียวขี้น้ำแกม เหลืองอ่อน	
25	น้ำตาลแกมเขียว เข้ม		50	เขียวขี้น้ำแกม เหลืองอ่อน	

ตารางที่ 33 : ตารางผลการทดลองเคลือบสีเติมสารให้สีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4)สูตรที่ 3

สรุปผลการทดลองน้ำยาเคลือบสีสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4) สูตรที่ 3 เติมสารให้สีเฟอร์ริก ออกไซด์ ,คอปเปอร์ คาร์บอเนต, คอปเปอร์ออกไซด์ ,โคบอลต์ ออกไซด์ ,แมงกานีส ไดออกไซด์,เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ,นิกเกิล จะเห็นได้ว่าสีของเคลือบแต่ละชนิดมีความเงามันและจะมีสีขึ้นตามแต่ลักษณะของสารให้สีแต่ละชนิด เช่น

สูตรที่ 1-5 จะให้น้ำตาลไล่ระดับตั้งแต่น้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้มขึ้นอยู่กับปริมาณของสารให้สี สูตรในกลุ่มนี้ผู้วิจัยใช้สารเฟอร์ริก ออกไซด์จึงทำให้สีของเคลือบเป็นสีน้ำตาล

สูตรที่ 6-10 สีของเคลือบจะเป็นสีโทนอ่อนเพราะผู้วิจัยเลือกใช้สารให้สีคอปเปอร์ คาร์บอเนตกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ซึ่งปกติแล้วคอปเปอร์ คาร์บอเนตจะเป็นสารให้สีเขียวแกมเหลืองส่วนเซอร์โคเนียม ซิลิเกตจะเป็นสารให้สีขาวครีมเมื่อทั้งสองตัวมาผสมกันจึงทำให้เคลือบกลุ่มนี้จะเป็นสีขาวครีมเนื่องจากปริมาณของ เซอร์โคเนียม ซิลิเกตมีมากกว่าคอปเปอร์ คาร์บอเนต

สูตรที่ 11-15 จะได้สีของเคลือบไปทางสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้มผู้วิจัยวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากการผสมสีกันระหว่างเนื้อดินกับคอปเปอร์ ออกไซด์ ซึ่งปกติแล้วเนื้อดินปั้นจะให้สีน้ำตาลแดงส่วนคอปเปอร์ ออกไซด์จะให้สีเขียวเมื่อผสมกันจึงทำให้เคลือบกลายเป็นสีน้ำตาล

สูตรที่ 16-20 จะได้สีฟ้าอ่อนไล่ระดับจนถึงฟ้าเข้มเพราะในสูตรเคลือบมีสารให้สี โคบอลต์ ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารให้สีน้ำเงินเมื่อเจอกับเซอร์โคเนียม ซิลิเกตที่ให้สีขาวจึงทำให้เคลือบเป็นสีฟ้าอ่อนจนถึงเข้ม

สูตรที่ 21-25 สีกลุ่มนี้มีลักษณะพิเศษ คือจะมีจุดสีน้ำตาลกระจายทั่วบริเวณเกิดจากสารให้สี แมงกานีส เพราะแมงกานีสจะให้สีน้ำตาลเหลืองผสมกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ซึ่งให้สีขาวจึงทำให้ได้สีเคลือบที่เป็นสีน้ำตาลเหลืองมีจุดและสีอ่อน

สูตรที่ 26-30 สูตรนี้สีจะออกไปทางแกมเหลืองแต่เคลือบจะมีลักษณะด้านขึ้นเพราะนิเกิลไปเพิ่มจุด สุกตัวของเคลือบ

สูตรที่ 31-35 สีของเคลือบจะเป็นสีน้ำตาลเหลืองครีมเป็นสีน้ำตาลของเฟอร์ริก ออกไซด์ผสมกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต

สูตรที่ 36-40 เป็นกลุ่มสีน้ำตาลเข้มเพราะเป็น เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ผสมกับเฟอร์ริก ออกไซด์ผสมกับ คอปเปอร์ คาร์บอนเนต

สูตรที่ 41-45 สีเคลือบกลุ่มนี้จะเป็นสีโทนเขียวจะถึงเขียวเข้มเพราะสารให้สีระหว่าง คอปเปอร์ คาร์บอนเนตที่ให้สีเขียวผสมกับโคบอลต์ ออกไซด์ที่ให้สีน้ำเงิน

สูตรที่ 46-50 กลุ่มนี้สีจะเป็นสีเขียวขี้ม้าทึบ เพราะเกิดจากการผสมกันระหว่าง คอปเปอร์ คาร์บอนเนต ที่ให้สีเขียวผสมกับ โคบอลต์ ออกไซด์ ที่ให้สีน้ำเงินแล้วผสมกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ที่ให้สีขาวจนทำให้เคลือบ ทึบแสง

จากการทดลองสูตรเคลือบสี ผู้วิจัยได้ทดลองเพียง 50 สูตร เพื่อต้องการทดสอบว่าสีนั้นสามารถออก ได้ตามที่ต้องการหรือไม่ ผลการทดลองเป็นที่พอใจและสามารถทำสีอื่นต่างๆได้อีกจำนวนมาก

ผลการทดลองเคลือบที่บดเต็มสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11 เลาที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส

- หินพันม้า 40 %
- แบเรียม คาร์บอเนต 10 %
- ซิงค์ ออกไซด์ 10 %
- ดินเหนียวนครชัยศรี 40 %



ภาพที่ 64 : เคลือบที่บดสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11



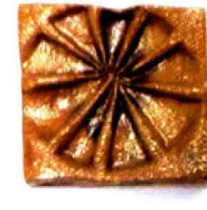
ภาพที่ 65 : ผลการทดลองเคลือบที่บดเต็มสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1) สูตรที่ 11

ผลการทดลองเคลือบที่บดเต็มสารให้สี															
สูตรที่	เฟอร์ริค ออกไซด์	คอปเปอร์ คาร์บอเนต	คอปเปอร์ออกไซด์	โคบอลต์ ออกไซด์	แมงกานีส ไดออกไซด์	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	นิกเกิล	สูตรที่	เฟอร์ริค ออกไซด์	คอปเปอร์ คาร์บอเนต	คอปเปอร์ออกไซด์	โคบอลต์ ออกไซด์	แมงกานีส ไดออกไซด์	เซอร์โคเนียม ซิลิเกต	นิกเกิล
1	4							26							2
2	6							27							4
3	8							28							6
4	10							29							8
5	12							30							10
6		2				14		31	4					12	
7		4				12		32	6					10	
8		6				10		33	8					8	
9		8				8		34	10					6	
10		10				6		35	12					4	
11			2					36	4	12				12	
12			4					37	6	10				10	
13			6					38	8	8				8	
14			8					39	10	6				6	
15			10					40	12	4				4	
16				0.2		14		41		12		1			
17				0.4		12		42		10		0.8			
18				0.6		10		43		8		0.6			
19				0.8		8		44		6		0.4			
20				1		6		45		4		0.2			
21					4	12		46		12		0.2		4	
22					6	10		47		10		0.4		6	
23					8	8		48		8		0.6		8	
24					10	6		49		6		0.8		10	
25					12	4		50		4		1		12	

ตารางที่ 34 : ตารางผลการทดลองเคลือบที่บดเต็มสารให้สี

ผลการทดลองเคลือบที่บดเคี้ยวให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11

ผลการทดลองเคลือบที่บดเคี้ยวให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11					
สูตร	ลักษณะเคลือบ	ตัวอย่าง	สูตร	ลักษณะเคลือบ	ตัวอย่าง
1	น้ำตาลอ่อน		26	น้ำตาล	
2	น้ำตาลอ่อน		27	น้ำตาล	
3	น้ำตาลอ่อน		28	น้ำตาลเริ่มด้าน	
4	น้ำตาล		29	น้ำตาลด้าน	
5	น้ำตาล		30	น้ำตาลด้าน	

6	เขี้ยวเหลืองนวล อ่อน		31	น้ำตาลเหลืองอ่อน	
7	เขี้ยวเหลืองนวล อ่อน		32	น้ำตาลเหลืองอ่อน	
8	เขี้ยวเหลืองนวล		33	น้ำตาลเหลือง	
9	เขี้ยวเหลือง		34	น้ำตาลเหลือง	
10	เขี้ยวแกมเหลือง		35	น้ำตาล	
11	เขี้ยวเหลืองนวล อ่อน		36	น้ำตาลแกมเขี้ยว	

12	เขี้ยวเหล็องนวล อ่อน		37	น้ำตาลแกมเขี้ยว	
13	เขี้ยวแกมเหล็อง		38	น้ำตาลแกมเหล็อง ด้าน	
14	เขี้ยวน้ำตาลเข้ม		39	น้ำตาล	
15	เขี้ยวน้ำตาลเข้ม		40	น้ำตาล	
16	ฟ้านวลอ่อน		41	เขี้ยวขี้ม้าเข้มทึบ	
17	ฟ้านวลอ่อน		42	เขี้ยวขี้ม้าทึบ	

18	ฟ้าอ่อน		43	เขียวขี้ม้าอ่อน	
19	ฟ้าอ่อน		44	เขียวอ่อน	
20	ฟ้า		45	เขียวอ่อนแกม เหลือง	
21	เหลืองแกม น้ำตาลอ่อน		46	เขียวขี้ม้าเข้มทึบ	
22	เหลืองแกม น้ำตาลอ่อน		47	เขียวขี้ม้าทึบ	
23	เหลืองแกม น้ำตาลอ่อน		48	เขียวขี้ม้าทองอ่อน	

24	เหลืองแกมเขียว		49	เขียวขี้ม้าแกมฟ้า อ่อน	
25	เหลืองแกมเขียว		50	เขียวขี้ม้าแกมฟ้า	

ตารางที่ 35 : ผลการทดลองเคลือบทึบเดิมสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11

สรุปผลการ ผลการทดลองเคลือบทึบเดิมสารให้สีสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11 เดิมสารให้สีเพอร์ริก ออกไซด์,คอปเปอร์ คาร์บอนเต, คอปเปอร์ออกไซด์ ,โคบอลต์ ออกไซด์ ,แมงกานีส ไดออกไซด์ ,เซอร์โคเนียม ซิลิเกต,นิกเกิล จะเห็นได้ว่าสีของเคลือบแต่ละชนิดมีความ ทึบแสงและจะมีสีตามแต่ลักษณะของสารให้สีแต่ละชนิดแตกต่างกัน ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งเป็นกลุ่ม เช่น

สูตรที่ 1-5 จะให้สีน้ำตาลไล่ระดับตั้งแต่น้ำตาลอ่อนจนถึงน้ำตาลเข้มขึ้นอยู่กับปริมาณของสารให้สีสูตรในกลุ่มนี้ผู้วิจัยใช้สารเพอร์ริก ออกไซด์จึงทำให้สีของเคลือบเป็นสีน้ำตาลทึบซึ่งมีความนุ่มนวลขึ้น

สูตรที่ 6-10 สีของเคลือบจะเป็นสีโทนอ่อนเพราะผู้วิจัยเลือกใช้สารให้สีคอปเปอร์ คาร์บอนเตกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ซึ่งปกติแล้วคอปเปอร์ คาร์บอนเตจะเป็นสารให้สีเขียวแกมเหลืองส่วนเซอร์โคเนียม ซิลิเกตจะเป็นสารให้สีขาวครีมเมื่อทั้งสองตัวมาผสมกันจึงทำให้เคลือบกลุ่มนี้สีจะเป็นสีขาวครีม ทึบซึ่งมีความนุ่มนวลขึ้น เนื่องจากปริมาณของเซอร์โคเนียม ซิลิเกตมีมากกว่าคอปเปอร์ คาร์บอนเต

สูตรที่ 11-15 จะได้สีของเคลือบไปทางสีน้ำตาลจนถึงน้ำตาลเข้มทำให้เคลือบมีความนุ่มนวลมากขึ้น ผู้วิจัยวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากการผสมสีกันระหว่างเนื้อดินกับคอปเปอร์ ออกไซด์ ซึ่งปกติแล้วเนื้อดินปั้นจะให้สีน้ำตาลแดงส่วนคอปเปอร์ ออกไซด์จะให้สีเขียวเมื่อผสมกันจึงทำให้เคลือบกลายเป็นสีน้ำตาล

สูตรที่ 16-20 จะได้สีฟ้าอ่อนไล่ระดับจนถึงฟ้าเข้มเพราะในสูตรเคลือบมีสารให้สี โคบอลต์ ออกไซด์ ซึ่งเป็นสารให้สีน้ำเงินเมื่อเจอกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ที่ให้สีขาวจึงทำให้เคลือบเป็นสีฟ้าอ่อนจนถึงเข้ม มีความนุ่มนวลขึ้น

สูตรที่ 21-25 สีกลุ่มนี้มีลักษณะทึบซึ่งมีความนุ่มนวลเกิดจากสารให้สีแมงกานีส เพราะแมงกานีสจะให้สีน้ำตาลเหลืองผสมกับเซอร์โคเนียม ซิลิเกตซึ่งให้สีขาวจึงทำให้ได้สีเคลือบที่เป็นสีน้ำตาลเหลืองมีจุดและสีอ่อน

สูตรที่ 26-30 สูตรนี้สีจะได้สีแกมเหลืองแต่เคลือบจะมีลักษณะด้านขึ้นเพราะนิเกิลไปเพิ่มจุดสุกตัวของเคลือบจนทำให้เคลือบด้านมากขึ้น

สูตรที่ 31-35 สีของเคลือบจะเป็นสีน้ำตาลเหลืองครีมเป็นสีน้ำตาลของเฟอร์ริก ออกไซด์ผสมกับ เซอร์โคเนียม ซิลิเกตทำให้เคลือบมีลักษณะทึบซึ่งมีความนุ่มนวลขึ้น

สูตรที่ 36-40 เป็นกลุ่มสีน้ำตาลเข้มเพราะเป็น เซอร์โคเนียม ซิลิเกต ผสมกับเฟอร์ริก ออกไซด์ผสมกับ คอปเปอร์ คาร์บอเนต เคลือบจะออกไปทางทึบด้านมากกว่าเดิม

สูตรที่ 41-45 สีเคลือบกลุ่มนี้จะเป็นสีโทนเขียวจะถึงเขียวเข้มเพราะสารให้สีระหว่าง คอปเปอร์ คาร์บอเนตที่ให้สีเขียวผสมกับโคบอลต์ ออกไซด์ที่ให้สีน้ำเงิน แต่มีความนุ่มนวลขึ้น

สูตรที่ 46-50 กลุ่มนี้สีจะเป็นสีเขียวขี้ม้าทึบซึ่งมีความนุ่มนวลขึ้น เพราะเกิดจากการผสมกันระหว่าง คอปเปอร์ คาร์บอเนตที่ให้สีเขียวผสมกับโคบอลต์ ออกไซด์ที่ให้สีน้ำเงินแล้วผสมกับเซอร์โคเนียม ซิลิเกต ที่ให้สีขาวทึบ



ภาพที่ 66 : ผลจากการทดลองเคลือบชิ้นงาน

ผลจากการทดลองเคลือบชิ้นงานแสดงให้เห็นว่าเมื่อได้สูตรเคลือบที่แน่ชัดแล้วสามารถเติมสารให้สีได้ตามความต้องการ เป็นผลทำให้ผู้วิจัยสนใจในสีส้นของเคลือบหลังเผาหลายสูตรซึ่งหลายสูตรสามารถนำไปใช้กับชิ้นงานได้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

การวิจัยทดลองน้ำยาเคลือบที่สามารถนำไปใช้กับเนื้อดินปั้นนครชัยศรี(ท่านา)ในครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ต่อเนื่องจากการวิจัยทดลองเนื้อดินปั้นนครชัยศรีที่ผู้วิจัยเคยวิจัยเมื่อปี 2557 ซึ่งเป็นความตั้งใจของผู้วิจัยเองที่ต้องการทดลอง เนื้อดินปั้น น้ำยาเคลือบและผลงานสร้างสรรค์ โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายในท้องถิ่นเป็นหลัก เพราะเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาที่มีอย่างจำกัด จึงเกิดความคิดที่ต้องการวิจัยเนื้อดินปั้น น้ำยาเคลือบและงานสร้างสรรค์จากวัตถุดิบหลัก คือ ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา) เพื่อประโยชน์ต่อการเรียนการสอนของนักศึกษาในสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองน้ำยาเคลือบครั้งนี้ เกิดจากการเล็งเห็นปัญหาของการใช้น้ำยาเคลือบในสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาที่ใช้ในปัจจุบันมีราคาสูงเพราะเป็นน้ำยาเคลือบสำเร็จรูปที่มีขายในรูปแบบบริษัท จึงทำให้ราคาค่อนข้างสูงและบางครั้งก็ไม่สามารถนำมาใช้กับเนื้อดินปั้นนครชัยศรีได้ เพราะสมบัติการหดตัวและขยายตัวแตกต่างกัน จึงเกิดปัญหา เช่น เคลือบหลังเผามีรอยร้าว เคลือบไม่เกาะชิ้นงาน เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาเหล่านี้ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสังเกตว่าจะสามารถทำน้ำยาเคลือบใสและน้ำยาเคลือบทึบที่เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นนครชัยศรีและราคาต้นทุนถูกกว่าได้อย่างไร

สรุปผลการวิจัยผลจากการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เริ่มจากการกำหนดวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในการทดลอง ซึ่ง ได้แก่

- | | | |
|-----------------|----------------------|--|
| 1. แร่หินฟันม้า | 2. แบเรียม คาร์บอเนต | 3. แมกนีเซียม ออกไซด์ |
| 4. ทัลคัม | 5. ซิงค์ ออกไซด์ | 6. แคลเซียม คาร์บอเนต |
| 7. ดินนครชัยศรี | 8. แร่ควอทซ์,ซิลิกา | 9.เซอร์โคเนียม ซิลิเกต 10. ออกไซด์ ให้สี |

โดยวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แต่ต่างกัน แต่ผู้วิจัยได้กำหนดวัตถุดิบหลักที่ต้องมีในส่วนผสมของน้ำยาเคลือบทุกสูตร คือ ดินเหนียวนครชัยศรี และใช้สูตรการคำนวณหาสูตรจาก ทฤษฎีเส้นตรง,ทฤษฎีสามเหลี่ยม และทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า ผลจากการทดสอบคุณสมบัติเป็นที่พอใจ คือ ได้เคลือบที่หลากหลายเหมาะกับการนำไปใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับผลงานที่เป็นการสร้างสรรค์ที่ต้องการแสดงออกเรื่องราวโดยใช้อารมณ์ของลักษณะเคลือบเป็นตัวเล่าเรื่อง แต่การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้มุ่งเป้าไปที่การทำน้ำยาเคลือบใสและเคลือบทึบซึ่งผลการทดลองได้น้ำเคลือบที่เป็นไปตามเป้าหมาย

ผู้วิจัยจะสรุปให้เห็นเป็นส่วนๆของขั้นตอนการทดลองโดยเริ่มจากทฤษฎีเส้นตรง ผลการทดลองจะเห็นว่าได้เคลือบที่ด้านทั้งหมดซึ่งไม่เหมาะกับการนำไปใช้งาน เพราะเป็นการใช้วัตถุดิบเพียงสองชนิดเท่านั้นผลจึงออกมาไม่เป็นที่พอใจ

จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองโดยใช้ทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่าแบ่งเป็น 6 กลุ่มผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1) ผลการทดลอง สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 1) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยพบว่าสูตรเคลือบแต่ละสูตรไม่ผ่านการทดลองครั้งนี้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ เคลือบมีฟอง และเป็นเคลือบด้าน

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) ผลการทดลอง สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 2) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยพบว่าผลการทดลองในกลุ่มนี้มีสูตรเคลือบมี 1 สูตรที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ คือ สูตรที่ 4 ประกอบด้วย หินฟันม้า 60 ซิงค์ออกไซด์ 30 ดินเหนียวนครชัยศรี 10 เพราะมีการหลอมตัวดี มีสีขาวขุ่นแต่มีจุดเล็กๆ ค่อนข้างมากอาจเกิดจากดินตัวทดลอง ส่วนสูตรอื่นๆ มีทั้งด้าน แตก ราน และมีฟอง

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 3) ผลการทดลอง เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศ ออกซิเดชั่นผู้วิจัยพบว่าเคลือบมีลักษณะด้านและกึ่งด้านกึ่งมัน

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) ผลการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 4) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่นผลการทดลองสูตรนี้เป็นสูตรที่ผู้วิจัยสนใจมาก เพราะหลายสูตรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผลงานสร้างสรรค์ทางเครื่องเคลือบดินเผาได้

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 5) ผลการทดลองสูตรตาราง 3 (5 เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยสรุปว่า ผลการทดลองครั้งนี้ทุกสูตรไม่ผ่านเกณฑ์การตัดสินใจของผู้วิจัย คือ ทุกสูตรมีลักษณะด้าน แตก รานและมีฟอง

กลุ่มสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) ผลจากการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยได้สังเกตสูตรที่สามารถนำมาพัฒนาได้เพียงไม่กี่สูตร นอกนั้นเป็นเคลือบด้านทั้งหมด สูตรที่สามารถนำมาพัฒนาได้ คือ สูตรที่ 1 ,2,3,7,15 ที่มีลักษณะการหลอมดีแต่มีรอบรานเล็กๆในเคลือบ เคลือบจะใสเห็นผิวดิน

ในการทดลองน้ำยาเคลือบจากทฤษฎีสามเหลี่ยมด้านเท่าผู้วิจัยได้เลือกสูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการทำเคลือบได้ คือ สูตรตาราง 3 เหลี่ยม (4) สูตรที่ 3 มีส่วนผสมดังนี้

หินฟันม้า 70 % แมกนีเซียมออกไซด์ 10% ดินเหนียวนครชัยศรี 20 %

เมื่อได้สูตรน้ำยาเคลือบผู้วิจัยได้ทดลองเติมสารให้สีเฟอร์ริก ออกไซด์, คอปเปอร์ คาร์บอเนต, คอปเปอร์ออกไซด์, โคบอลต์ ออกไซด์, แมงกานีส ไดออกไซด์, เซอร์โคเนียม ซิลิเกต, นิกเกิล จะเห็นได้ว่าสีของเคลือบแต่ละสูตรจะมีความเงามันและจะมีสีส้มตามลักษณะของสารให้สีแต่ละชนิด เช่น เฟอร์ริก ออกไซด์ ให้สีโทนน้ำตาล คอปเปอร์ คาร์บอเนตให้สีโทนเขียว คอปเปอร์ออกไซด์ให้สีโทนเขียว, โคบอลต์ ออกไซด์ให้สีโทนน้ำเงิน แมงกานีส ไดออกไซด์ ให้สีโทนน้ำตาลเหลือง เซอร์โคเนียม ซิลิเกตให้สีโทนขาว นิกเกิลให้สีโทนเทา ทั้งนี้เมื่อได้สูตรน้ำยาเคลือบหลักก็สามารถแยกแขนงสีได้อีกมาก

จากนั้นผู้วิจัยได้ทดลองโดยใช้ทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่า แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

กลุ่มสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) ผลจากการทดลองในสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 1) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส เเผในบรรยากาศออกซิเดชั่น ได้ผลคือเคลือบมีลักษณะกึ่งด้านกึ่งมันและสีขุ่น

กลุ่มสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) ผลการทดลองเเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยพบว่า ผลการทดลองสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 2) มีหลายสูตรที่สามารถนำไปใช้ในการเคลือบผลงานสร้างสรรค์ได้ เพราะมีความแตกต่างค่อนข้างมาก

กลุ่มสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 3) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยวิเคราะห์แล้วลักษณะเคลือบคล้ายกับผลการทดลองสูตรตาราง 3 เหลี่ยม (ที่ 6) คือ สูตรเคลือบที่สามารถนำมาพัฒนาใช้ได้มีเพียงไม่กี่สูตร ได้แก่ สูตรที่ 11 มีลักษณะเงา มีความทึบแสง สีขาว สูตรที่ 12 มีลักษณะเงาใส มองเห็นผิวดิน มีการหลอมตัวดี นอกนั้นจะเป็นเคลือบด้านทั้งหมด

กลุ่มสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยเห็นว่าสูตร ตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 4) นี้ไม่มีสูตรใดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเลยเพราะเคลือบมีลักษณะด้านมากและหลุดตัวจนวน บางสูตรยังไม่สุกตัว

กลุ่มสูตร ตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) เเผที่อุณหภูมิ 1200 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชั่น ผู้วิจัยเห็นว่าสูตรตาราง 4 เหลี่ยม (ที่ 5) นี้ไม่มีสูตรใดที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบเลยเพราะเคลือบมีลักษณะด้านมากและหลุดตัวจนวน บางสูตรไม่สุกตัว

ในการทดลองน้ำยาเคลือบจากทฤษฎีสี่เหลี่ยมด้านเท่าผู้วิจัยได้เลือกสูตรเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการทำเคลือบที่บได้ สูตรตาราง 4 เหลี่ยม (1)สูตรที่ 11 มีส่วนผสมดังนี้

หินฟันม้า 40 % แบเรียม คาร์บอเนต 10 % ซิงค์ ออกไซด์ 10 % ดินเหนียวนครชัยศรี 40 %

เมื่อได้สูตรน้ำยาเคลือบที่ผู้วิจัยได้ทดลองเติมสารให้สีเฟอร์ริก ออกไซด์,คอปเปอร์ คาร์บอเนต, คอปเปอร์ออกไซด์ ,โคบอลล์ ออกไซด์ ,แมงกานีส ไดออกไซด์,เซอร์โคเนียม ซิลิเกต,นิกเกิล จะเห็นได้ว่าสีของเคลือบแต่ละชนิดมีความทึบแสงและจะมีสีตามแต่ลักษณะของสารให้สีแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น เฟอร์ริก ออกไซด์ ให้สีโทนน้ำตาล คอปเปอร์ คาร์บอเนตให้สีโทนเขียว คอปเปอร์ออกไซด์ให้สีโทนเขียว ,โคบอลล์ ออกไซด์ให้สีโทนน้ำเงิน แมงกานีส ไดออกไซด์ ให้สีโทนน้ำตาลเหลือง เซอร์โคเนียม ซิลิเกตให้สีโทนขาว นิกเกิลให้สีโทนเทา ทั้งนี้เมื่อได้สูตรน้ำยาเคลือบหลักก็สามารถแยกแขนงสีได้อีกมาก

ข้อเสนอแนะ

- ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

ผลการทดลองวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในระบบการเรียนการสอนของสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผาได้อย่างดี ผลการวิจัยครั้งนี้ได้ส่วนผสมของน้ำยาเคลือบที่สามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้หลากหลายมากขึ้น

- ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

สร้างสรรค์ผลงานเครื่องปั้นดินเผาที่มีเอกลักษณ์

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.ศูนย์พัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผาภาคเหนือ.เคลือบเซรามิก
เบื้องต้น. ลำปาง : กรม, 2547.

เครื่องปั้นดินเผา.กรุงเทพฯ :สำนักพิมพ์คดี.2554.

โครงการสืบสานมรดกวัฒนธรรมไทย. เครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ : บริษัทสตาร์ปรีนต์, 2542.

โครงการศิลปอุตสาหกรรมไทย ชุดที่ 1. เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบกับการพัฒนาการทาง
เศรษฐกิจและสังคมของสยาม. บริษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ :
สำนักพิมพ์รุ่งเรืองรัตน์.2528.

จอห์น ซอว์. เครื่องปั้นดินเผาไทย. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ คราฟท์แมน,2531.

ทวี พรหมพฤษ. วิชาเครื่องเคลือบดินเผาเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,2523.

นิทรรศการผลงานคณาจารย์ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา ครั้งที่ ๓. คณะมัณฑนศิลป์ ม.ศิลปากร,
2553.

นิทรรศการผลงานคณาจารย์ภาควิชาเครื่องเคลือบดินเผา ครั้งที่ ๔. คณะมัณฑนศิลป์ ม.ศิลปากร,
2556.

ไพจิตร อังศิริวัฒน์. ดาห์นิเซรามิกและแนวทางแก้ไข. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2552.

_____. เนื้อดินเซรามิก. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2541.

_____. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2547.

เวนิช สุวรรณโมลี. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา ๓๖๕ ๒๐๑ เทคนิคการตกแต่ง. 2537.(อัด
สำเนา)

สุจิตต์ วงษ์เทศ. เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบกับการพัฒนาการทางเศรษฐกิจและสังคมของ
สยาม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มติชน,2550.

อายุวัฒน์ สว่างผล. วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิกส์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์,
2543.

เอ็ททลีโซะ คาโตะ, ผู้เขียน ; สมบูรณ์ อรัญญภาค, ผู้แปล. หลักการทำเคลือบเซรามิก. กรุงเทพฯ :
สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553.

Atkin,Jacqui. 250 Tips,Techniques and Trade Secrets for Potters. China: Printed by
1010 Printing International.2009.

Cosentino,Peter.The Encyclopedia Of Pottery Techniques. China: Printed by
Leefung-Asco Printers Ltd. 1990.

Fournier,Robert. Illustrated Dictionary Of Practical Pottery. Great Britain: Hillman
Printers Ltd.2000.

Mattison,Steve. The Complete Potter. Singapore : Standard Industries. 2003.

<http://www.cerawan.com/14356884/%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3% -glaze>

http://designinnovathai.com/_file/files/Iron%20oxide.pdf

http://lib3.dss.go.th/fulltext/dss_manual/M008.pdf

www.nectec.or.th/schoolnet/library/webcontest2003/100teamdlbs008namkluab1.htm

<http://www.most.go.th/main/index.php/summary-technology/metal-and-materials-technology/1335-2010-01-26-09-04-54.html>

<http://www.nstda.or.th/index.php/sci-kids-menu/1025>

<https://sites.google.com/site/oakiizomega/home/khan-txn-kar-tha-se-ra-miks>

http://www.thaiceramicsociety.com/rm_soil_talcum.php

<http://www.vcharkarn.com/vblog/39067>

<http://www.xn-cgu2gjw3fra7hh3g.net/article/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B0%>



ภาคผนวก



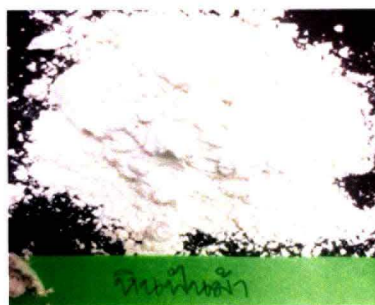


ภาคผนวก ก

ภาพวัตถุดิบที่ใช้ในการผสมสูตรน้ำยาเคลือบ



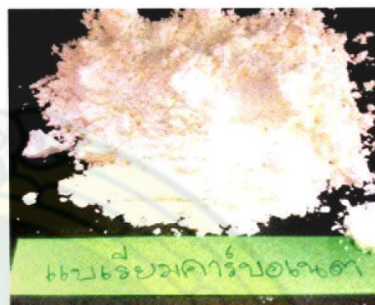
ดินเหนียวนครชัยศรี(ท่านา)



แร่หินฟอสฟอรัส



แมกนีเซียม ซิลิเกต



แบเรียม คาร์บอเนต



ทัลคัม



ซิงค์ ออกไซด์



เซอร์โคเนียม



แคลเซียม คาร์บอเนต



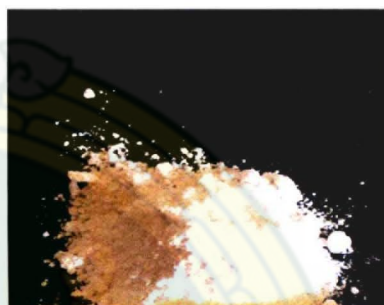
คอปเปอร์ออกไซด์



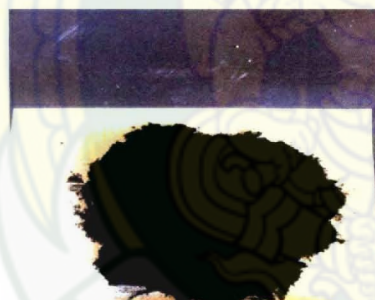
โคบอลต์ออกไซด์



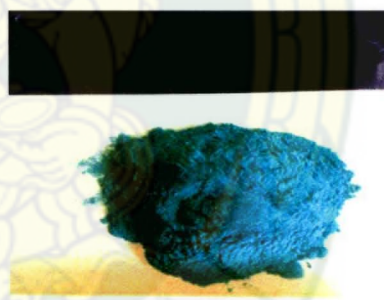
เฟอร์ริกออกไซด์



ไทเทเนียมไดออกไซด์



แมงกานีสไดออกไซด์



คาร์บอนแบล็ค



โคบอลต์ออกไซด์



คาร์บอนแบล็ค

ภาคผนวก ข

ภาพอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย





เครื่องอัดดิน



เครื่องบดดิน



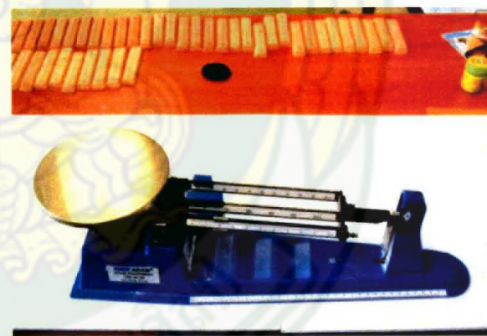
เครื่องแยกดินแยกน้ำ



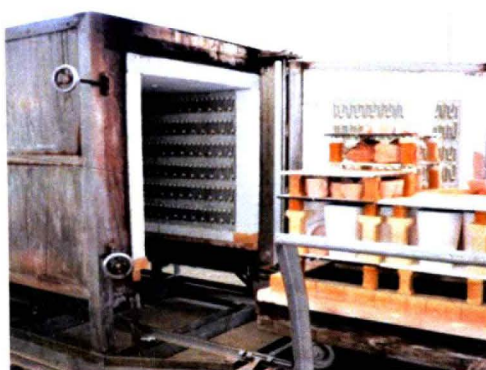
แป้นหมุนไฟฟ้า



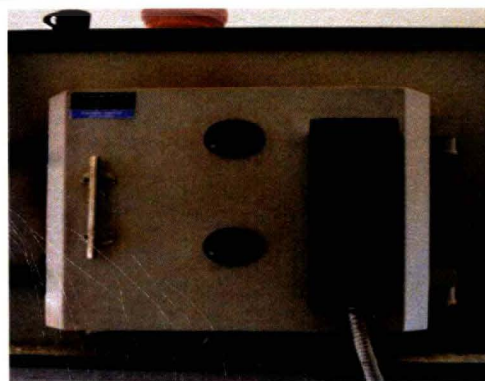
เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัล



ตราชั่งแบบ 3 แขน

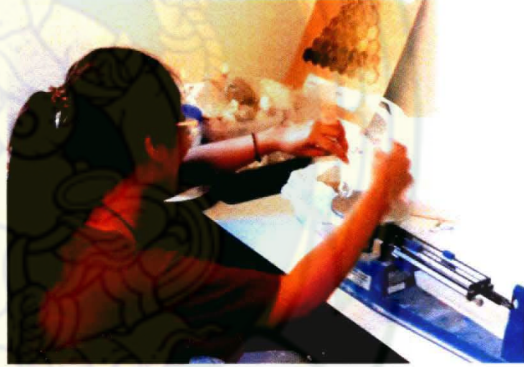
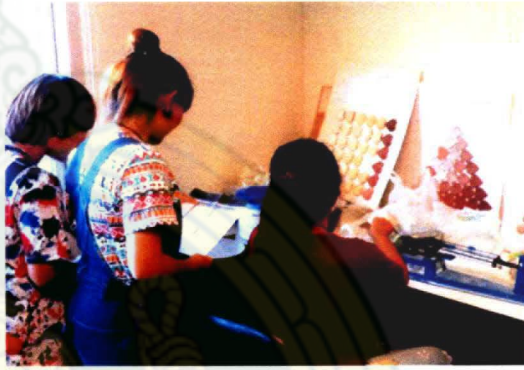


เตาเผาไฟฟ้า



เตาเผาทดลอง





ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ นาย โอบาส นุชนิยม
ปีเกิด 1 สิงหาคม พ.ศ. 2519 จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่ 55/114 หมู่บ้านสราญรมย์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม
กรุงเทพฯ 10230
E: mail opas7065@gmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538 - ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมนครศรีฯ
พ.ศ. 2541 - ศิลปบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา คณะมัณฑนศิลป์ ม.ศิลปากร
พ.ศ. 2549 - ศิลปมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา บัณฑิตวิทยาลัย ม.ศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2541 Designer Ceramics PN Candle and Ceramics Ltd.
พ.ศ. 2545 Designer Ceramics Universal Business Ltd.
พ.ศ. 2546 ครูสอนศิลปะเด็กโรงเรียนอนุบาลโชคชัยครูเกีย
พ.ศ. 2548 นักออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ OTOP (2005-2006)
พ.ศ. 2550- ปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาเครื่องเคลือบดินเผา ภาควิชาศิลปกรรม
คณะศิลปวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2557 งานวิจัย เรื่อง โครงการพัฒนาส่วนผสมเนื้อดินปั้นจากแหล่งดินนครชัยศรี จังหวัด
นครปฐม เเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส
พ.ศ. 2558 งานวิจัย เรื่อง โครงการทดลองส่วนผสมน้ำยาเคลือบกับสูตรเนื้อดินปั้นนครชัยศรี

เกียรติประวัติ

พ.ศ. 2547 - รางวัลชนะเลิศการแข่งขันรูปด้วยแป้นหมุน งานมหกรรมเครื่องปั้นดินเผา 4 ภาค
ณ ศูนย์ศิลปวัฒนธรรมเฉลิมพระเกียรติ 6 รอบพระชนมพรรษา
มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
พ.ศ. 2548 - รางวัลชมเชย การออกแบบผลิตภัณฑ์ OTOP DESIGNER AWARD 2005
พ.ศ. 2549 - ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
พ.ศ. 2552 - ผู้สอนดีเด่นประจำปี 2552 คณะศิลปวิจิตร สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์
พ.ศ. 2557 - รางวัลที่ 3 งานเซรามิค Bangkok Clay Connections