

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับถ่านหินลิกไนต์ จากโรงผลิตไฟฟ้าแม่เมาะ.....	11
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสีสำเร็จรูป.....	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	53
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	56
ตอนที่ 1 การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบหลังเผา จากการใช้ขี้เถ้าถ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินาออกไซด์, ทราายแม่น้ำ และดินแดง ด้วยการหาอัตราส่วนผสมจากการใช้ตารางสี่เหลี่ยม จัตุรัส.....	58
ตอนที่ 2 การทดลองหาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมทดลองผสมสีโดยการเพิ่ม ออกไซด์ให้สีอื่น ๆ ได้แก่ โครมมิกออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์ และเฟอร์ริกออกไซด์.....	72
ตอนที่ 3 คัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้ กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	97

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	104
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์การหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบ หลังเผา จากการใช้ซีเมนต์ผ่านหินลิกไนต์ผสมกับอะลูมินาออกไซด์, ทรายแม่น้ำและดินแดง ด้วยการหาอัตราส่วนผสมจากการใช้ตาราง สี่เหลี่ยม.....	104
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์การทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมมาทดลองผสมสี โดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ ได้แก่ โครมิกออกไซด์, โคบอลต์ออกไซด์ และเพอร์ริกออกไซด์.....	108
ตอนที่ 3 ผลจากการคัดเลือกสีสำเร็จรูปที่ดีที่สุดที่ได้จากข้อ 1 และข้อ 2 มาทดลองใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา.....	136
5 บทสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	145
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	145
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	146
สรุปผลการทดลอง.....	147
อภิปรายผลการวิจัย.....	152
ข้อเสนอแนะ.....	157
บรรณานุกรม.....	160

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก	163
ภาคผนวก ก แสดงหนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บตัวอย่างวัตถุโบราณ	
หนังสือขอความอนุเคราะห์สถานที่ทำการวิจัย	164
ภาคผนวก ข แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเคลือบ	167
ภาคผนวก ค แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดลอง	171
ประวัติผู้วิจัย.....	173



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงความยาวของคลื่นแสง	16
2 แสดงความยาวคลื่นของสีที่ตาสามารถมองเห็น	19
3 แสงชนิดของผงสี	24
4 แสดงสูตรส่วนผสมของสีสำเร็จรูปจากการคำนวณด้วยตารางสีเหลี่ยม	62
5 แสดงปริมาณของสี 5 % ที่ใช้ผสมในเคลือบ	66
6 แสดงปริมาณของสี 10 % ที่ใช้ผสมในเคลือบ	67
7 แสดงปริมาณของสี 20 % ที่ใช้ผสมในเคลือบ	68
8 แสดงอัตราส่วนผสมที่ทดลองผสมสี โดยการเพิ่มออกไซด์ให้สี ได้แก่ โคบอลต์ออกไซด์	78
9 แสดงอัตราส่วนผสมที่ทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สี ได้แก่ โครมิกออกไซด์	81
10 แสดงอัตราส่วนผสมที่ทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สี ได้แก่ เฟอริกออกไซด์	84
11 แสดงปริมาณร้อยละ 5 ของสีสำเร็จรูปที่ใช้ผสมในน้ำเคลือบ	91
12 แสดงปริมาณร้อยละ 10 ของสีสำเร็จรูปที่ใช้ผสมในน้ำเคลือบ	92
13 แสดงปริมาณร้อยละ 20 ของสีสำเร็จรูปที่ใช้ผสมในน้ำเคลือบ	93
14 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูป	105
15 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมเฟอริกออกไซด์ร้อยละ 3	109
16 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมเฟอริกออกไซด์ร้อยละ 6	112
17 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมเฟอริกออกไซด์ร้อยละ 9	115
18 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโครมิกออกไซด์ร้อยละ 1	118
19 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโครมิกออกไซด์ร้อยละ 3	121

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
20 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโครมิกออกไซด์ร้อยละ 5	124
21 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโคบอลต์ออกไซด์ร้อยละ 1	127
22 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโคบอลต์ออกไซด์ร้อยละ 3	130
23 แสดงผลการวิเคราะห์ สีเคลือบโดยใช้แผ่นเทียบสีของมัลเซล และทดสอบความคงทน ของสีเคลือบหลังเผา ของสีสำเร็จรูปที่ผสมโคบอลต์ออกไซด์ร้อยละ 5	133
24 แสดงลักษณะของสีในเคลือบหลังเผาที่เลือกมาใช้กับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา	136
25 แสดงตัวอย่างของราคาสีสำเร็จรูปที่มีส่วนผสมของ เพอร์ริกออกไซด์, โครมิกออกไซด์ และ โคบอลต์ออกไซด์	150
26 แสดงตัวอย่างของราคาวัตถุดิบส่วนผสมสูงสุดของสีสำเร็จรูปที่ทดลอง	151

บัญชีภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงการทำสีสำเร็จรูปจากการใช้ออกไซด์ของโลหะเป็นตัวทำให้เกิดสี	25
2 แสดงการคำนวณวัตถุดิบด้วยตารางสามเหลี่ยมด้านเท่า	45
3 แสดงการคำนวณวัตถุดิบด้วยตาราง 4 เหลี่ยม	46
4 แสดงแผนผังขั้นตอนของกระบวนการผลิตสีสำเร็จรูป	51
5 แสดงลำดับขั้นตอนในการทดลองสีสำเร็จรูป	57
6 แสดงลำดับขั้นตอนในการทดลองหาอัตราส่วนเหมาะสมที่ส่งผลต่อลักษณะเคลือบ หลังเผาจากการใช้ที่ถ้ำถ่านหินลิกไนต์	59
7 แสดงการคำนวณสูตรส่วนผสมของสีสำเร็จรูปด้วยตารางสี่เหลี่ยม.....	61
8 แสดงวัตถุดิบที่ใช้ในการทำสีสำเร็จรูป	63
9 เครื่องชั่ง และการชั่งส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำสีสำเร็จรูป	63
10 แสดงการบดส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำสีสำเร็จรูป	64
11 แสดงลำดับขั้นตอนในการล้างสี	65
12 แสดงลำดับขั้นตอนในการชุบเคลือบแผ่นทดสอบเคลือบ	69
13 แสดงลำดับขั้นตอนการเผาเคลือบแผ่นทดสอบเคลือบ	70
14 แสดงแผ่นเทียบสีของมัลเชลและการวิเคราะห์เจดสีจากแผ่นเทียบสีของมัลเชล.....	71
15 แสดงลำดับขั้นตอนการทดลองผสมสีโดยการเพิ่มออกไซด์ให้สีอื่น ๆ	74
16 แสดงการคำนวณสูตรส่วนผสมของสีสำเร็จรูปด้วยตารางสี่เหลี่ยม	76
17 แสดงวัตถุดิบในการทดลองสีสำเร็จรูป และออกไซด์ให้สีในการทดลองสีสำเร็จรูป.....	77
18 แสดงการบดส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำสีสำเร็จรูป	87
19 แสดงลำดับขั้นตอนในการล้างสี	88
20 แสดงลำดับขั้นตอนในการชุบเคลือบแผ่นทดสอบเคลือบ	90
21 แสดงลำดับขั้นตอนการเผาเคลือบแผ่นทดสอบเคลือบ	94
22 แสดงแผ่นเทียบสีของมัลเชลและการวิเคราะห์เจดสีจากแผ่นเทียบสีของมัลเชล.....	95
23 แสดงลำดับขั้นตอนการทดลองใช้สีสำเร็จรูปกับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา	98
24 เครื่องชั่ง และการชั่งส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำสีสำเร็จรูป	99
25 แสดงการบดส่วนผสมของวัตถุดิบในการทำสีสำเร็จรูป	99

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
26	แสดงลำดับขั้นตอนในการบดผสมเคลือบด้วยหม้อบด	100
27	แสดงลำดับขั้นตอนในการชุบเคลือบผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการเทราด	101
28	แสดงการเผาเคลือบผลิตภัณฑ์	102
29	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	107
30	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้เฟอริกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 3 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	111
31	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้เฟอริกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 6 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	114
32	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้เฟอริกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 9 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	117
33	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้โครมิกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 1 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	120
34	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้โครมิกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 3 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	123
35	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้โครมิกออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 5 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	126
36	แสดงสีเคลือบหลังเผา 1,200° C โดยใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ ร้อยละ 1 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ 5,10 และ 20	129

บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ

หน้า

- 37 แสดงสีเคลือบหลังเผา $1,200^{\circ}\text{C}$ โดยใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ
ร้อยละ 3 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ
5,10 และ 20 132
- 38 แสดงสีเคลือบหลังเผา $1,200^{\circ}\text{C}$ โดยใช้โคบอลต์ออกไซด์ผสมในสีสำเร็จรูปปริมาณ
ร้อยละ 5 และใช้สีสำเร็จรูปผสมในเคลือบปริมาณปริมาณร้อยละ
5,10 และ 20 135

