

การทดลองทำสไลด์เคลือบที่ใช้กับเคลือบใสอุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส
บรรยากาศออกซิเคชันและรีดักชัน

ปริญญานิพนธ์
ของ
กฤตยาวัลย์ พินิจดำรงกลาง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
มีนาคม 2542
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

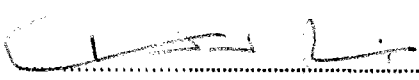
คณะกรรมการควบคุม


..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์)
..... กรรมการ
(ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า)

คณะกรรมการสอบ


..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ โกมล รักษ์วงศ์)
..... กรรมการ
(ดร. ละเอียด รักษ์เผ่า)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนอมสิน คิสถาพร)
..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ ทวี พรหมพฤษย์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

วันที่.....เดือน มีนาคม พ.ศ. 2542

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับความอนุเคราะห์ให้คำแนะนำ แก้ไข ดูแล และให้กำลังใจอย่างดียิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์โกมล รัชต์วงศ์ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และ ดร. ละเอียด รัชต์เผ่า กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ทวี พรหมพฤษย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถนอมสิน ดิสถาพร ที่กรุณาเป็นกรรมการสอบพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ ข้อแก้ไขต่าง ๆ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์สมทรง ชีมาภรณ์ อาจารย์สมศักดิ์ ชวาลาวัฒน์ และอาจารย์เกษม พฤษะวัน ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการวิเคราะห์ผลการวิจัย ตรวจสอบเอกสาร และเสนอแนะข้อมูลที่เป็นประโยชน์เพื่อให้ปริญญานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน เพื่อน พี่ และน้อง รวมทั้งผู้ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนจนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

และสุดท้ายผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครูอาจารย์ ที่ให้ความรู้ ให้กำลังใจ สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

กฤตยาวัศ ณีจิตต์กลาง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
สมมติฐาน.....	9
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีในเซรามิกส์.....	10
วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ที่ใช้ทำสีสำเร็จรูป.....	12
กรรมวิธีการเตรียมและกระบวนการผลิตสี.....	36
น้ำเคลือบที่ใช้ผสมสีสำเร็จรูป.....	41
สถานการณ์ผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์.....	43
ความคงทนของสีต่ออุณหภูมิ.....	49
3 วิธีดำเนินการทดลอง.....	56
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	56
ตัวแปรที่ศึกษา.....	57
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	57
การดำเนินการวิจัย.....	59
สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง.....	64
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
ผลการทดลอง.....	66

5 สรุป อภิปราย และ ข้อเสนอแนะ.....	114
จุดมุ่งหมายการทดลอง.....	114
วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง.....	114
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	115
การดำเนินการทดลอง	115
ผลการทดลอง.....	116
อภิปรายผล	125
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	127
ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป.....	127
บรรณานุกรม.....	128
ภาคผนวก.....	131
ภาคผนวก ก. อัตราส่วนผสมของสีในกลุ่มสีชมพู สีเขียว สีน้ำตาล สีเหลืองและสีน้ำเงิน.....	132
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของสีสำเร็จรูปได้เคลือบ.....	148
ภาคผนวก ค. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา.....	197
ภาคผนวก ง. ภาพแสดงผงสีสำเร็จรูปที่ได้จากการทดลอง.....	200
ภาคผนวก จ. ภาพชิ้นทดลองสีสำเร็จรูปได้เคลือบ.....	207
ภาคผนวก ฉ. ภาพประกอบและแบบเทียบสีของบริษัท โอเรียลตัด เซราเทค จำกัด.....	220
ภาคผนวก ช. หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ.....	226
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	234

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดินเหนียวและดินขาวตามคุณสมบัติทางฟิสิกส์.....	18
2 การเปรียบเทียบความแตกต่างทางสูตรเคมีของทัลก์กับสเตรียไทท์.....	21
3 ผลการวิเคราะห์ทัลก์จากต่างประเทศ.....	22
4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินปูน จังหวัดสระบุรี.....	29
5 แร่หินฟันม้าแต่ละชนิด.....	30
6 ปริมาณการใช้แร่ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์.....	43
7 กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทยปี 2536 – 2540.....	44
8 สรุปผลการดำเนินงานภาพของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ในช่วง ค.ศ. 1996 – 2000.....	44
9 แสดงการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ผลิตในประเทศไทย.....	45
10 แสดงอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ : ร้อยละ.	46
11 ปริมาณมูลค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของโรงงาน ในจังหวัดลำปาง เฉลี่ยต่อเดือน.....	47
12 ปริมาณมูลค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของโรงงาน ในจังหวัดเชียงใหม่ เฉลี่ยต่อเดือน.....	48
13 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีเขียวและสีชมพูแต่ละจุด อ่านจากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....	134
14 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองแต่ละจุด อ่านจากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....	139
15 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีน้ำเงินแต่ละจุด อ่านได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....	144
16 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายภาพการเผาสีออกซิเดชัน เผาเคลือบออกซิเดชัน	149
17 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายภาพการเผาสีออกซิเดชัน เผาเคลือบรีดักชัน.....	153
18 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายภาพการเผาสี รีดักชัน	

	เผาเกลือบ ออกซิเดชัน.....	157
19	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายการเผาสีรีดักชัน	
	เผาเกลือบริดักชัน.....	161
20	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน	
	เผาเกลือบออกซิเดชัน.....	165
21	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน	
	เผาเกลือบริดักชัน	169
22	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีรีดักชัน	
	เผาเกลือบออกซิเดชัน.....	173
23	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีรีดักชัน	
	เผาเกลือบริดักชัน.....	177
24	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน	
	เผาเกลือบออกซิเดชัน.....	181
25	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาสี ออกซิเดชัน	
	เผาเกลือบริดักชัน	185
26	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาสีรีดักชัน	
	เผาเกลือบออกซิเดชัน.....	189
27	ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาสีรีดักชัน	
	เผาเกลือบริดักชัน.....	193
28	ข้อดี อุณหภูมิ บรรยายการเผา และเบอร์สี.....	224

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 สารประกอบที่เป็นตัวทำให้เกิดสี.....	13
2 สารประกอบของอลูมินา.....	13
3 กรรมวิธีการเปลี่ยนหินเขียวหนุมานให้อยู่ในรูปของฟลักซ์.....	20
4 แสดงสารประกอบของตะกั่ว.....	24
5 แสดงสารประกอบของแร่โครมที่อยู่ในรูปโครมไอออน.....	25
6 การให้สีของโครมออกไซด์.....	26
7 องค์ประกอบของโครมออกไซด์.....	26
8 แสดงแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัสและวิธีการอ่านค่าอัตราส่วนผสม.....	35
9 แสดงกระบวนผลิตสีสเดนหรือสีสำเร็จรูป.....	39
10 ความคงทนของสีในเคลือบต่ออุณหภูมิ 1,000 – 1,500 องศาเซลเซียส.....	50
11 ความคงทนของสีในเคลือบต่ออุณหภูมิ 900 – 1,500 องศาเซลเซียส.....	51
12 ความคงทนของสีบนเคลือบต่ออุณหภูมิ 700 – 1,000 องศาเซลเซียส.....	52
13 ความคงทนของสีใต้เคลือบต่ออุณหภูมิ 1,000 – 1,500 องศาเซลเซียส.....	54
14 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง.....	61
15 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลองสีใต้เคลือบ ตอนที่ 1.....	62
16 แผนภูมิแสดงลำดับการทดสอบคุณสมบัติของสีใต้เคลือบ ตอนที่ 2	63
17 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการ เผาเคล้าไนท์ ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบ เคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	66
18 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศ การเผาออกซิเดชัน เผาเคลือบออกซิเดชัน.....	67
19 แสดงความสดใของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการเผาออกซิเดชันเผาเคลือบรีดักชัน.....	68
20 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการ เผาเคล้าไนท์ ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบ เคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	70

21	แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศ การเผาออกซิเดชัน เเผเคลือบรีดักชัน.....	71
22	ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการเผาออกซิเดชันเเผเคลือบรีดักชัน.....	72
23	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการ เเผเคลไนน์รีดักชัน บรรยากาศการทดสอบ เคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	74
24	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศ การเเผรีดักชัน เเผเคลือบออกซิเดชัน.....	75
25	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีเขียว สีชมพูบรรยากาศการเเผรีดักชันเเผเคลือบออกซิเดชัน.....	76
26	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการ เเผเคลไนน์ รีดักชัน บรรยากาศการทดสอบ เคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	78
27	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศ การเเผรีดักชัน เเผเคลือบรีดักชัน.....	79
28	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยากาศการเเผรีดักชันเเผเคลือบรีดักชัน.....	80
29	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการ เเผเคลไนน์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	82
30	แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศ การเผาออกซิเดชัน เเผเคลือบออกซิเดชัน.....	83
31	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีน้ำตาลสีเหลืองบรรยากาศการเผาออกซิเดชันเเผเคลือบออกซิเดชัน.....	84
32	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการเเผ เคลไนน์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	86

33	แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศ การเผาออกซิเดชัน เเผเคลือบปริตักัน.....	87
34	ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลืองบรรยากาศการเผาออกซิเดชันเเผเคลือบปริตักัน.....	88
35	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการเผาเคลไนร์ตักัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบ ออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	90
36	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการเผาปริตักัน เเผเคลือบออกซิเดชัน.....	91
37	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการเผาปริตักันเเผเคลือบออกซิเดชัน.....	92
38	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการ เผาเคลไนร์ตักัน บรรยากาศการทดสอบ เคลือบปริตักัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	94
39	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศ การเผาปริตักัน เเผเคลือบปริตักัน.....	95
40	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีน้ำตาลสีเหลือง บรรยากาศการเผาปริตักันเเผเคลือบปริตักัน.....	96
41	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการ เผาเคลไนร์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	98
42	แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศ การเผาออกซิเดชัน เเผเคลือบออกซิเดชัน.....	99
43	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี กลุ่มสีน้ำเงินบรรยากาศการเผาออกซิเดชันเเผเคลือบออกซิเดชัน.....	100
44	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการเผา เคลไนร์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบปริตักัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	102

45	แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศ	
	การเผาออกซิเดชัน เเผาเคลือบรีดักชัน.....	103
46	ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	กลุ่มสีน้ำเงินบรรยากาศการเผาออกซิเดชันเผาเคลือบรีดักชัน.....	104
47	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน	
	บรรยากาศการเผาเคลือบรีดักชัน บรรยากาศการทดสอบ	
	เคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	106
48	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศ	
	การเผารีดักชัน เเผาเคลือบออกซิเดชัน.....	107
49	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการเผารีดักชันเผาเคลือบออกซิเดชัน.....	108
50	แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน	
	บรรยากาศการเผาเคลือบรีดักชัน บรรยากาศการทดสอบ	
	เคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส.....	110
51	ความเข้มของสีและการละลายในเคลือบ กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศ	
	การเผารีดักชัน เเผาเคลือบรีดักชัน.....	111
52	แสดงความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	กลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการเผารีดักชันเผาเคลือบรีดักชัน.....	112
53	แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีชมพูและสีเขียวบนแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัส	
	และจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนภาพ.....	133
54	แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองบนแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัส	
	และจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนภาพ.....	138
55	แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีน้ำเงินบนแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัส	
	และจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนภาพ.....	143
56	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ใน	
	การทดสอบคุณสมบัติของสีบรรยากาศแบบออกซิเดชัน.....	198
57	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ใน	
	การทดสอบคุณสมบัติของสีบรรยากาศแบบรีดักชัน.....	199
58	ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาเคลือบรีดักชันบรรยากาศออกซิเดชัน.....	201

ภาพประกอบ	หน้า
59 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาเคลือบชั้นบรรยากาศรีดักชัน.....	202
60 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาเคลือบชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน.....	203
61 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาเคลือบชั้นบรรยากาศรีดักชัน.....	204
62 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำเงินเผาเคลือบชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน.....	205
63 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำเงินเผาเคลือบชั้นบรรยากาศรีดักชัน.....	206
64 ชั้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	208
65 ชั้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	209
66 ชั้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	210
67 ชั้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	211
68 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	212
69 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	213
70 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	214
71 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	215
72 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	216
73 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินเผาชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	217
74 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน.....	218
75 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินเผาชั้นบรรยากาศรีดักชัน เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน.....	219
76 สีและเบอร์ผงสีสำเร็จรูป.....	221

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

อุตสาหกรรมเซรามิกส์เป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และมีความสำคัญในทุกประเทศ คุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญของอุตสาหกรรมเซรามิกส์คือ เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานรองรับอุตสาหกรรมอื่น ๆ ตัวอย่างเช่น วัตถุนไฟชนิดต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของอุตสาหกรรมถลุงและผลิตโลหะต่าง ๆ อุตสาหกรรมสำนักงานและบ้าน ซึ่งจะต้องมีส่วนเกี่ยวข้องกับการใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์เพื่อเพิ่มสีสันให้เกิดความสวยงาม และเหมาะสมกับการใช้งาน ตลอดจนคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุดิบเช่นส่วนประกอบเคมี เนื้อสารหรือสีแร่ โครงสร้างผลึก การกระจายของอนุภาคสี และคุณสมบัติต่าง ๆ ความต้องการผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันจะมีค่ามากขึ้นก็ด้วยการตกแต่งให้มีสีคงทนในทุกสภาวะ การใช้สีของโรงงานเซรามิกส์ส่วนใหญ่ซื้อสีจากโรงงานผลิตสีอีกทอดหนึ่ง (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2539 : 275) โรงงานเซรามิกส์ส่วนใหญ่ยังไม่สามารถจะผลิตสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมเซรามิกส์ได้เอง วิธีการที่ทำให้เกิดสีในงานเซรามิกส์จะต้องมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ เกิดจากการเผาในบรรยากาศที่แตกต่างกัน เกิดจากการเผาที่อุณหภูมิที่แตกต่างกัน เกิดจากสีของผลิตภัณฑ์ในการทำเคลือบและเนื้อดินปั้นมีความบริสุทธิ์ที่แตกต่างกัน เกิดจากการใช้ออกไซด์โลหะผสมเข้าไปในน้ำเคลือบ ในเนื้อดินปั้น เกิดจากการนำออกไซด์โลหะผสม ผสมกับออกไซด์ของโลหะชนิดอื่น ๆ หรือนำมาทำปฏิกิริยากับสารจำพวกซิลิเกต อลูมินา โบเรต และสารประกอบของตะกั่วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงให้ทำปฏิกิริยากันจะได้สารประกอบที่มีสีต่าง ๆ เรียกว่า สเตน (stain) (โกมล รัชวังศ์. 2531 : 2) สเตนหรือพิกเมนต์ (pigments) ก็คือสีสำเร็จรูป ในการทำเซรามิกส์จะไม่นิยมเพียงออกไซด์อย่างเดียวในการให้สีโดยตรงแต่จะใช้ในรูปสีสำเร็จรูป เพราะสีสำเร็จรูปเมื่อนำไปผสมในน้ำเคลือบแล้วนำไปเผาจะให้สีคงทน และสีเรียกว่าสีพวกออกไซด์ดิบ (raw oxide) นอกจากนี้สีสำเร็จรูปยังให้สีที่แปลก โดยปกติสีจะใช้งานต่างกัน เช่น สีใต้เคลือบ (underglazes) สีบนเคลือบ (overglazes) สีในเคลือบ (inglazes) และสีสำหรับตกแต่งสลีป (engobes) กรรมวิธีการเตรียมหลักใหญ่ ๆ คล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันไปในเรื่องความละเอียด (สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. 2531 : 19)

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะใช้สีใต้เคลือบ เพราะสีที่ใช้ตกแต่ง

ได้เคลือบเป็นสีที่ใช้ตกแต่งหรือเขียนบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เคลือบคือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ผ่านการเผา (green ware) และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบ (biscuit ware) มา แล้วนำไปชุบเคลือบใส (clear-glazes) ก็เพื่อให้เห็นลวดลายที่เขียนด้วยสีต่าง ๆ ชัดเจน น้ำยาเคลือบจะเป็นตัวปิดบังเอาไว้ให้สีคงทน ปราศจากการขัดถูและขูด่วนในขณะที่นำเอาผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน สีได้เคลือบ สามารถแบ่งออกตามอุณหภูมิที่ทำการเผาเคลือบได้ดังนี้คือ สีได้เคลือบที่เผาไม่เกิน 1,250 องศาเซลเซียส จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์เอิเทนแวร์ (earthen ware) และ ซอฟท์พอร์สเลน (soft porcelains) ถ้าหากใช้อุณหภูมิเผาที่สูงกว่านี้จะทำให้สีได้เคลือบมีสีจางหรือสีได้เคลือบอาจจะผสมเข้าไปในเนื้อเคลือบ สีได้เคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์จำพวกสโตนแวร์ และพอร์สเลน สีประเภทนี้จะทนความร้อนสูง หลอมละลายเข้ากับเคลือบได้ยาก การทำมักจะผสมสารทนไฟเข้าไปในเนื้อสี ได้แก่ อลูมินา และดินขาว เพื่อให้สีทนไฟสูงขึ้น สีได้เคลือบส่วนมากเป็นเครื่องลายคราม ซึ่งเป็นสีที่ทำจากโคบอลต์ออกไซด์ซึ่งให้สีน้ำเงิน เมื่อทำปฏิกิริยากับสารตัวอื่นยังให้สีเขียว สีดำ สีน้ำตาล สีเหลือง สีชมพู โครมออกไซด์สามารถให้สีได้หลายสี เช่น สีเขียว สีน้ำตาล สีดำ และสีชมพู เป็นต้น ขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบอื่นๆ และเหล็กออกไซด์ โดยทั่วไปให้สีน้ำตาล แต่ถ้าผสมกับวัตถุดิบเคมี ภัณฑ์อย่างอื่นก็จะได้สีเหลือง สีแดง และสีดำ (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 38)

การใช้สีตกแต่งได้เคลือบโดยใช้สีสำเร็จรูปนั้นส่วนใหญ่สั่งสำเร็จรูปมาจากต่างประเทศ และมีราคาแพง (ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. 2537 : 20) เนื่องจากผู้ประกอบการผลิตภายในประเทศไทยมีจำนวนน้อยรายและขาดการวิจัยพัฒนา วัตถุดิบที่ใช้ทำสีจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ต้นทุนในการผลิตเซรามิกจึงสูงตามมา สืบเนื่องมาจากภยานำเข้าสีสำเร็จรูปและวัตถุดิบสูงถึงร้อยละ 40 ถึง 60 จึงทำให้สีสำเร็จรูปที่จำหน่ายในประเทศไทยมีราคาแพง (คิด โรจน์เพ็ญกุล. 2535 : 45) ซึ่งในความเป็นจริงแล้ววัตถุดิบที่นำมาใช้ทางเซรามิกส์เกือบทั้งหมดเป็นวัตถุดิบที่หาได้ภายในประเทศเพราะวัตถุดิบภายในประเทศมีอยู่ทุกชนิด ทุกคุณภาพ แต่เนื่องจากการผลิตวัตถุดิบและการพัฒนาวัตถุดิบเป็นไปอย่างเชื่องช้าไม่ต่อเนื่องทันกันกับการพัฒนาสินค้าเซรามิกส์ที่มีความต้องการหลากหลายในคุณภาพวัตถุดิบ (กระทรวงอุตสาหกรรม. 2538 : 13)

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกส์ โดยการทดลองทำสีเขียนได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใส ด้วยการใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่หาได้ภายในประเทศ เพื่อทดแทนการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ ซึ่งการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการทดลองทำสีสำเร็จรูปจากทฤษฎีการเกิดสีสำเร็จรูป โดยมีออกไซด์ของโลหะและสารประกอบออลูมินด โบเรต และซิลิเกต เป็นส่วนผสม วัตถุดิบภายในประเทศที่ใช้ได้แก่ หินเขียว หนุมาน ดินบุก หินปูน บอแรกซ์ เหล็กออกไซด์ อลูมินา และดินขาวลำปาง ส่วนวัตถุดิบต่างประเทศจะใช้ปริมาณเล็กน้อยคือ โครมออกไซด์จะใช้เพียงร้อยละ 2 ส่วนโพแทสเซียมไดโครเมต โคบอลต์ออกไซด์จะใช้ใน

กลุ่มสีน้ำเงินไม่เกินร้อยละ 45 สารที่คาดว่าจะเกิดสีได้แก่ โฟแทสเซียมไดโครเมต หินเขียวหนุมาน ดิบุก หินปูน ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 45 และเพิ่มบอแรกซ์ร้อยละ 2 จะให้สีในกลุ่มสีชมพู และกลุ่มสีเขียว ส่วนเหล็กออกไซด์ อลูมินา ดินขาวล้าปาง และหินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 45 และผสมโครมออกไซด์ร้อยละ 2 จะให้สีในกลุ่มสีน้ำตาลและกลุ่มสีเหลือง ถ้าโคบอลต์ออกไซด์ผสมกับดินขาวล้าปาง หินเขียวหนุมาน อลูมินา ร้อยละ 5 ถึงร้อยละ 45 และผสมโครมออกไซด์ร้อยละ 2 จะให้สีในกลุ่มสีน้ำเงิน จากนั้นนำส่วนผสมดังกล่าวไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชันซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวถือว่าเป็นอุณหภูมิที่ดีที่สุด(โกมล รักษ์วงศ์. 2531:62) จะได้ผงสีสำเร็จรูปแล้วจึงนำผงสีที่ได้ไปทำสีได้เคลือบโดยผสมน้ำ กาวกระถิน ดินขาว และกลีเซอรินในอัตราส่วนที่เหมาะสม นำไปทดสอบคุณสมบัติกับเคลือบใสที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใช้กับสีได้เคลือบอย่างแพร่หลาย ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าจะได้สีสำเร็จรูปได้เคลือบ ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ต่อผู้ประกอบการเซรามิกส์ ผู้ประกอบการผลิตสีว่าสามารถใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในประเทศไทยผลิตสีสำเร็จรูปได้และสามารถใช้เป็นแนวทางในการทดลองเพื่อพัฒนาการผลิตสีสำเร็จรูปโดยใช้วัตถุดิบอื่นๆได้ต่อไป

จุดมุ่งหมายของการทดลอง

1. เพื่อทดลองอัตราส่วนผสมสีตกแต่งได้เคลือบอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศ ออกซิเดชัน และรีดักชัน โดยนำออกไซด์ของโลหะทำปฏิกิริยากับสารประกอบพวกอลูมินเนต โบเรต ซิลิเกต จากการใช้วัตถุดิบดังต่อไปนี้

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีชมพู และกลุ่มสีเขียว คือ โฟแทสเซียมไดโครเมต หินเขียวหนุมาน ดิบุก หินปูน โดยในแต่ละสูตรจะใช้ส่วนผสมตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 45 และเพิ่มบอแรกซ์ร้อยละ 3 จำนวน 81 จุดโดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

1.2 วัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีน้ำตาล และสีเหลือง คือ เหล็กออกไซด์ อลูมินา ดินขาวล้าปาง หินเขียวหนุมาน โดยในแต่ละสูตรจะใช้ส่วนผสมตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 45 และเพิ่มโครมออกไซด์ ร้อยละ 2 จำนวน 81 จุดโดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

1.3 วัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีน้ำเงิน คือ โคบอลต์ออกไซด์ ดินขาวล้าปาง หินเขียวหนุมาน อลูมินา โดยในแต่ละสูตรจะใช้ส่วนผสมตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 45 และเพิ่มโครมออกไซด์ ร้อยละ 2 จำนวน 81 จุดโดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2. ทดสอบคุณสมบัติของสีได้เคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสบรรยากาศ

ออกซิเดชัน และรีดักชัน

- 2.1 การละลายในเกลือ
- 2.2 สีที่เกิดขึ้น
- 2.3 ความเข้มของสี
- 2.4 ความสดใสของสี
- 2.5 ความคงทนความร้อนและการคงสภาพของสี

ความสำคัญของการทดลอง

สีสำเร็จรูปได้เคลือบที่ได้จากการทดลองครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการผลิตเซรามิกส์ ผู้ประกอบการผลิตสี ว่าสามารถใช้วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในประเทศไทยผลิตสีสำเร็จรูปได้และสามารถใช้เป็นแนวทางในการทดลองเพื่อผลิตสีสำเร็จรูปโดยใช้วัตถุดิบอื่น ๆ ได้

ขอบเขตของการทดลอง

เพื่อให้การทดลองครั้งนี้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขอบเขตของการทดลองทำสีเขียนได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใสอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส โดยบรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน และรีดักชัน ดังนี้คือ

1. การสุ่มตัวอย่าง ทำการสุ่มตัวอย่างอัตราส่วนระหว่างส่วนผสมของวัตถุดิบบนแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัสจำนวน 3 กลุ่มสี กลุ่มสีละ 81 จุด
2. การทดลองครั้งนี้แบ่งเป็น 2 ตอน
 - 2.1 การทดลองตอนที่ 1 เป็นการศึกษาคุณสมบัติ เพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะนำมาทดลองในตอนต่อไป
 - 2.2 การทดลองตอนที่ 2 เป็นการนำเอาสีได้เคลือบที่ได้จากการทดลองไปใช้ทดสอบกับอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ของเคลือบใส
3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
 - 3.1 วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ใช้เป็นส่วนผสมสี
 - 3.1.1 วัตถุดิบที่ให้สีสีเขียวและชมพู
 - 3.1.1.1 โครมออกไซด์ ได้จากโพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate) สูตรเคมี $K_2Cr_2O_7$ ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.1.2 หินเขียวหนุมาน (quartz) สูตรเคมี SiO_2 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.1.3 ดีบุกออกไซด์ (tin oxide or stannic oxide) สูตรเคมี SnO_2 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.1.4 หินปูน (limestone) สูตรเคมี CaCO_3 ร้อยละ 5 ถึง 45

(วัตถุดิบทั้ง 4 รายการ ห่างกันจุดละ 5 หน่วย)

3.1.1.5 บอแรกซ์ (borax) สูตรเคมี $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 3

3.1.2 วัตถุดิบที่ให้สีน้ำตาลและสีเหลือง

3.1.2.1 เหล็กออกไซด์ (iron oxide, or red ferric) สูตรเคมี Fe_2O_3 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.2.2 อลูมินา (alumina) สูตรเคมี Al_2O_3 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.2.3 ดินขาวลำปาง (lampang clay) สูตรเคมี $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.2.4 หินเขียวหนุมาน (quartz) สูตรเคมี SiO_2 ร้อยละ 5 ถึง 45

(วัตถุดิบทั้ง 4 รายการ ห่างกันจุดละ 5 หน่วย)

3.1.2.5 โครมออกไซด์ (chrome oxide) Cr_2O_3 เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 2

3.1.3 วัตถุดิบที่ใช้ทำสีน้ำเงิน

3.1.3.1 โคบอลต์ออกไซด์ (cobolt oxide) สูตรเคมี Co_3O_4 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.3.2 ดินขาวลำปาง (lampang clay) สูตรเคมี $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.3.3 หินเขียวหนุมาน (quartz) สูตรเคมี SiO_2 ร้อยละ 5 ถึง 45

3.1.3.4 อลูมินา (alumina) สูตรเคมี Al_2O_3 ร้อยละ 5 ถึง 45

(วัตถุดิบทั้ง 4 รายการ ห่างกันจุดละ 5 หน่วย)

3.1.2.5 โครมออกไซด์ (chrome oxide) สูตรเคมี Cr_2O_3 เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 2

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบสีเพื่อทดสอบสีสำเร็จรูปชนิดเขียนได้เคลือบ

3.2.1 วัตถุดิบที่ใช้ทำเคลือบสีใช้ในการทดสอบสี ได้แก่ วัตถุดิบดังต่อไปนี้

3.2.1.1 โซดาเฟลด์สปาร์ (soda feldspar) สูตรเคมี $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

3.2.1.2 หินปูน (limestone) สูตรเคมี CaCO_3

3.2.1.3 แบเรียมคาร์บอเนต (barium carbonate) สูตรเคมี BaCO_3

3.2.1.4 สังกะสีออกไซด์ สูตรเคมี ZnO

3.2.1.5 ดินขาวระนอง (ranong kaolin) สูตรเคมี $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3.2.1.6 ทัลค์ (talc) สูตรเคมี $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$

3.2.1.7 โพแทสเฟลด์สปาร์ (potash feldspar) สูตรเคมี $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

3.2.2 สูตรน้ำเคลือบที่ใช้ ผู้วิจัยใช้สูตรของเซเกอร์ (Seeger. 1960 : 525-605)

3.2.2.1 สูตรเคลือบสีที่ใช้กับสีน้ำตาล สีเหลือง และสีน้ำเงิน

3.2.2.1.1 โซดาเฟลสปาร์ ร้อยละ 40

3.2.2.1.2 หินปูน ร้อยละ 10

3.2.2.1.3 แบริยมคาร์บอเนต ร้อยละ 5

3.2.2.1.4 สังกะสีออกไซด์ ร้อยละ 10

3.2.2.1.5 ดินขาวระนอง ร้อยละ 12

3.2.2.1.6 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 23

3.2.2.2 สูตรเคลือบสีที่ใช้กับสีชมพูและสีเขียว

3.2.2.2.1 แบริยมคาร์บอเนต ร้อยละ 11.00

3.2.2.2.2 หินปูน ร้อยละ 17.00

3.2.2.2.3 ทัลค์ ร้อยละ 2.24

3.2.2.2.4 โพแทสเซิลด์สปาร์ ร้อยละ 26.28

3.2.2.2.5 ดินขาวระนอง ร้อยละ 12.80

3.2.2.2.6 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 30.88

3.2.3 การผสมเนื้อสีสำหรับเขียน โดยใช้วัตถุดิบดังนี้

3.2.3.1 น้ำ

3.2.3.2 กลิเซอริน

3.2.3.3 กาวกระถิน

3.2.3.4 ดินขาว

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น

4.1.1 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส โดยสุ่มอย่างมีระบบจากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 81 อัตราส่วนผสม

4.1.2 บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

4.1.2.1 การเผาแบบออกซิเดชัน

4.1.2.2 การเผาแบบรีดักชัน

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ลักษณะของสีหลังการทดลอง มีดังนี้

4.2.1 การละลายในเคลือบ

4.2.2 สีที่เกิดขึ้น

4.2.3 ความเข้มของสี

4.2.4 ความสดใสของสี

4.2.5 ความคงทนความร้อนและการคงสภาพของสี

5. ลักษณะของสี ประเมินโดยใช้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ จำนวน 3 คน ซึ่งมีประสบการณ์ทางด้านการสอนวิชาเซรามิกส์ ระดับอุดมศึกษา หรือมีประสบการณ์ในสถานประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี เทียบกับสีสำเร็จรูปได้เคลือบของบริษัท โอเรียลตัล เซรามิค จำกัด

6. การทดลองสีได้เคลือบจะทดลองสีจำนวนสูตรละ 20 กรัม ในถ้วยทดลองก่อนที่จะนำไปทดลองเขียนสีได้เคลือบ และนำไปชุบเคลือบ

7. อุณหภูมิที่ใช้ทดลองสีได้เคลือบ และน้ำเคลือบสีให้เป็นสีสำเร็จรูปใช้อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

8. การทดลองเขียนสีได้เคลือบใช้เคลือบในอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันใช้เตาไฟฟ้า และบรรยากาศรีดักชันใช้เตาแก๊ส

9. การวัดอุณหภูมิกำหนดใช้โคนของออร์ตัน(orton cone)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สีได้เคลือบเซรามิกส์ หมายถึง สีที่ใช้ตกแต่ง โดยการเขียนลงบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่ได้เคลือบ โดยผ่านการเผาดิบมาแล้ว มาเขียนตกแต่งเสร็จแล้วมาทำการเคลือบสีที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ซึ่งเตรียมจากออกไซด์ของโลหะ เช่น โครมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และโคบอลต์ออกไซด์ ทำการเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

2. อัตราส่วนผสมของสีตกแต่งได้เคลือบ หมายถึง อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เป็นสีได้เคลือบเซรามิกส์จากตารางสีเคลือบจตุรัส เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

3. วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง หมายถึง วัตถุดิบที่ใช้ในการค้าทั่วไปใช้เป็นส่วนผสมของสีได้เคลือบเซรามิกส์และเคลือบสี

4. ออกไซด์ของโลหะที่เป็นตัวทำให้เกิดสี ในการทดลองครั้งนี้ใช้ โครมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และโคบอลต์ออกไซด์

5. วัตถุดิบที่ให้สีชมพูและสีแดง ซึ่งใช้โพแทสเซียมไดโครเมต ที่มีลักษณะเป็นผลึกสีส้ม มักจะใช้ผสมในการทำสีชมพูและสีแดงโดยใช้ร่วมกับดินบุก

6. บอแรกซ์ หมายถึง สารประกอบของโบรอนกับโซเดียม เป็นสารที่ละลายน้ำได้มีคุณสมบัติเป็นด่าง นำไปใช้งานทำหน้าที่เป็นฟลัก เป็นตัวช่วยให้ออกไซด์บางชนิดเกิดสีที่สดใส

7. หินเขี้ยวหนูมาน จังหวัดตาก หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นผลึกของซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิด

จังหวัดตาก

8. ดินขาวลำปาง หมายถึง ดินขาวที่มีส่วนประกอบของ อลูมินา และซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิด จังหวัดลำปาง

9. โซดาเฟลสปาร์ เป็นวัตถุดิบที่มีสารประกอบของอัลคาไลน์ (alkalines) อลูมินา และซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิด จังหวัดกาญจนบุรี

10. หินปูน หมายถึง วัตถุดิบที่เป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ที่มีแหล่งกำเนิด จังหวัดสระบุรี

11. แบเรียมคาร์บอเนต เป็นสารประกอบของแบเรียมกับอนุมูลคาร์บอเนตเป็นตัวเร่งหลอมละลายของเคลือบ ที่มีอุณหภูมิปานกลาง ใช้เป็นสารผสมในเคลือบ มีขายตามท้องตลาด

12. สังกะสีออกไซด์เป็นสารประกอบของสังกะสีกับออกซิเจน เป็นตัวผสมในเคลือบและช่วยเร่งให้มีความสดใส มีขายตามท้องตลาด

13. ดินขาวระนอง หมายถึง ดินสีขาวที่เป็นสารประกอบของอลูมินา และซิลิกา ที่มีแหล่งกำเนิด ตำบลหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง

14. บรรยากาศออกซิเดชัน (oxidation) หมายถึง ลักษณะในเตาเผาที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์ เชื้อเพลิงกับออกซิเจนทำปฏิกิริยากันอย่างสมบูรณ์ ในการทดลองครั้งนี้ใช้เตาไฟฟ้าในการเผาแบบออกซิเดชัน

15. บรรยากาศแบบรีดักชัน (reduction) หมายถึง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์โดยที่ออกซิเจนไม่สมดุลกับเชื้อเพลิง ได้แก่ การเผาผลิตภัณฑ์เตาเกิด

16. การเผาแคลไซน์ (calcine) หมายถึง การเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ที่มีบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

17. การละลายในเคลือบ หมายถึง สีที่ใช้เขียนได้เคลือบแล้วละลายเป็นสีเนื้อเดียวกันกับน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบ ผลของขึ้นทดลองต้องไม่ละลายในเคลือบ

18. สีที่เกิดขึ้น หมายถึง การปรากฏของสีในแต่ละอัตราส่วนผสมของสูตรแต่ละสูตร หลังจากการเผาบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

19. ความเข้มของสี และสีที่เกิดขึ้น หมายถึง ลักษณะสีที่เขียนลงบนผลิตภัณฑ์แล้วนำไปเคลือบ มีลักษณะสีเข้มและสีอ่อน จากเดิมที่ยังไม่ได้เคลือบ

20. ความสดใสของสี คือ ลักษณะของเนื้อสีที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นสีเขียนได้เคลือบได้ดีไม่ขุ่นมัว

21. ความทนความร้อนและการคงสภาพของสี หมายถึง สีเมื่อนำไปเผาสามารถที่จะทนความร้อนได้ โดยสีอยู่ในสภาพเดิมไม่เปลี่ยนสภาพ เมื่อได้รับความร้อน

22. ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส หมายถึง ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ใช้กำหนดค่าอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบในการทดลองทำสำเร็จรูป (Hopper. 1984 : 74)

สมมติฐาน

ได้สี่ได้เคลือบ กลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง และกลุ่มสีน้ำเงิน สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมหัวข้อเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ไว้ดังต่อไปนี้คือ

1. สาเหตุที่ทำให้เกิดและเปลี่ยนแปลงสีในเซรามิกส์
2. วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ในการทำสีสำเร็จรูป
3. การคำนวณหาอัตราส่วนของกลุ่มสีต่างๆ ด้วยแผนภาพสีเหลี่ยมจัตุรัส
4. กรรมวิธีการเตรียมสีและกระบวนการผลิตสี
5. น้ำเคลือบที่ใช้ผสมสีสำเร็จรูป
6. สถานการณ์ผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
7. ความคงทนของสีต่ออุณหภูมิ
8. คุณสมบัติของสีได้เคลือบ

1. สาเหตุที่ทำให้เกิดและเปลี่ยนแปลงสีในเซรามิกส์

สีสำเร็จรูปที่ใช้ในงานเซรามิกส์เป็นสีที่ทำมาจากวัตถุดิบอนินทรีย์สาร ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุมากมายหลายชนิดแร่ธาตุเหล่านี้จะอยู่ในรูปออกไซด์ของโลหะชนิดต่างๆ โดยให้โลหะออกไซด์ทำปฏิกิริยากับสาร อลูมินา บอแรก และซิลิกาที่อุณหภูมิสูงระดับหนึ่ง จะได้สารประกอบเกิดขึ้นหรือเครื่องปั้นดินเผาจะเกิดสีขึ้นโดยวิธีอื่นๆ เช่นเกิดจากบรรยากาศภายในเตาเผาที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในงานเซรามิกส์จะเกิดขึ้นได้จากสาเหตุ 4 ประการคือ

1. บรรยากาศในเตาเผา (kiln atmosphere) การเผาในเตาที่มีบรรยากาศแตกต่างกันจะทำให้เครื่องปั้นดินเผามีสีเกิดขึ้นแตกต่างกัน ในการเผาเครื่องปั้นดินเผาจะมีการเผามี 2 แบบ คือ การเผาแบบออกซิเดชัน และแบบรีดักชัน การเผาจะเป็นบรรยากาศประเภทใดนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของเตาเผา และเชื้อเพลิงที่ใช้ในเตาเผา

1.1 การเผาแบบออกซิเดชัน (oxidation) เป็นการเผาไหม้ที่หมดจด ไม่มีกลุ่มควันและเขม่าอยู่ในห้องเผาไหม้ของเตาเผา เพราะออกซิเจนและเชื้อเพลิงเหมาะสมกัน การเผาเตาในบรรยากาศแบบนี้สามารถทำการเผาได้กับเตาทุกชนิด เตาเผาที่สามารถเผาในบรรยากาศออกซิเดชันได้ดีที่สุดก็คือ เตาไฟฟ้า จะทำให้เกิดสีได้โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของออกไซด์ที่ให้สีเช่น

คอปเปอร์ออกไซด์ที่เผาในบรรยากาศออกซิเดชันจะทำให้เกิดสีเขียว ส่วนเหล็กออกไซด์เผาในบรรยากาศออกซิเดชัน จะทำให้เกิดสีน้ำตาล

1.2 การเผาแบบรีดักชัน (reduction) จะทำให้เกิดสีขึ้นได้ สีที่เกิดขึ้นแก่ผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปกับบรรยากาศของการเผา การเผาแบบนี้จะต้องใช้เตาเผาชนิดต่าง ๆ ดังนี้ เตาน้ำมัน เตาแก๊ส เตาฟืน เตาถ่าน เตาพวกนี้จะเผาแบบรีดักชันได้ดี จะทำให้เกิดสีและเปลี่ยนแปลงสีได้

ตัวอย่างการเกิดสีและการเปลี่ยนแปลงสีในการเผาบรรยากาศแบบรีดักชัน เช่น คอปเปอร์ออกไซด์เผาในบรรยากาศรีดักชันจะเกิดสีแดงได้ เหล็กออกไซด์จะเกิดสีเขียว การเผาเคลือบในบรรยากาศแบบรีดักชัน จะทำให้เคลือบเป็นสีขาวสดใสขึ้น

2. อุณหภูมิในการเผา(firing temperature) การเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้สีของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน หรืออาจทำให้สีบางสีจางหายไป ผลจากอุณหภูมิในการเผาแตกต่างกันหรือเผาในอุณหภูมิที่ไม่เท่ากันมีดังนี้

2.1 การเผาเคลือบไฟต่ำ และการเผาเคลือบไฟสูง ใช้สีชนิดเดียวกันและมีอัตราส่วนที่ใช้เท่ากันย่อมจะได้สีไม่เหมือนกัน โดยปกติทั่ว ๆ ไปเคลือบไฟต่ำกว่าจะให้สีที่เข้มกว่า

2.2 การเผาผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเคลือบเดียวกันและเนื้อดินปั้นเดียวกัน เมื่อนำมาเผาในอุณหภูมิที่แตกต่างกันจะเกิดสีที่แตกต่างกัน

3. ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและส่วนผสมของเคลือบ (remaining composition of the glaze and bodies) สีของผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาจะเกิดขึ้นได้ เพราะส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ผสมกับน้ำยาเคลือบและเนื้อดินปั้น เช่น วัตถุดิบที่มีความบริสุทธิ์น้อยจะทำให้เกิดสีขึ้น ในวัตถุดิบจะมีสารจำพวกเหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ หรือสารอื่นๆ เจือปนอยู่ เมื่อผ่านการเผาแล้วจะเกิดสีขึ้น นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับส่วนผสมของวัตถุดิบที่แตกต่างกันจะทำให้สีเคลือบไม่เหมือนกัน เช่น การใช้น้ำยาเคลือบสีเถ้าไม่เหมือนกันคือเมื่อใช้เถ้าไม้ชนิดต่างกันสีที่ได้ก็จะไม่เหมือนกันด้วย

สีที่เกิดขึ้นได้เพราะส่วนผสมเนื้อดินปั้นมีส่วนผสมของพวกเหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ แหล่งดินแต่ละแหล่งที่มีอยู่ในธรรมชาติจะทำให้เครื่องปั้นดินเผาที่มีสีแตกต่างกันไป หากแหล่งใดมีความบริสุทธิ์สูงผลิตภัณฑ์ที่เผาออกมาจะได้สีขาวเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์สีขาวได้ดี หากดินมีความบริสุทธิ์ต่ำผลิตภัณฑ์ที่เผาออกมาจะมีสีคล้ำ สีน้ำตาล และสีดำคล้ำ เป็นต้น

4. วัตถุที่ทำให้เกิดสี (coloring agent) สีที่เกิดขึ้นกับเครื่องปั้นดินเผาเนื่องมาจากการใช้ออกไซด์โลหะผสมเข้าไปกับน้ำเคลือบและเนื้อดินปั้น หรืออาจทำเป็นสีสำเร็จรูปโดยที่นำเอาออกไซด์ของโลหะมาผสมกับออกไซด์ของโลหะชนิดอื่นๆ หรือนำมาทำปฏิกิริยากับสารซิลิเกต อลูมินา บอแรก และสารประกอบของตะกั่ว แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงให้ทำปฏิกิริยากัน จะได้สารประกอบที่มีสีต่าง ๆ ออกมา เรียกว่าสีสำเร็จรูป (stain)

สีสำเร็จรูปที่ใช้สำหรับเครื่องปั้นดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ถ้าแบ่งตามประเภทการใช้งาน แบ่งออกได้ดังนี้

4.1 สีที่ใช้ใต้เคลือบ (under glaze)

4.2 สีที่ใช้ตกแต่งบนเคลือบ (overglaze or onglaze)

4.3 สีที่ใช้ผสมในเคลือบ (inglaze)

สีที่ใช้ตกแต่งใต้เคลือบ เป็นสีที่ใช้ตกแต่งหรือเขียนบนผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เคลือบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้ผ่านการเผา (green ware) และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเผาดิบ (biscuit ware) มาแล้ว หลังจากเขียนตกแต่งเสร็จแล้ว ก็นำผลิตภัณฑ์ไปทำการเคลือบใส การที่ใช้น้ำเคลือบใส (clear - glaze) ก็เพื่อให้เห็นลวดลายที่เขียนด้วยสีต่าง ๆ ชัดเจน น้ำเคลือบเป็นตัวปิดบังสีเอาไว้ จะทำให้สีคงทนปราศจากการขัดถูและขีดข่วนในขณะก็นำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน

สีใต้เคลือบสามารถแบ่งออกตามอุณหภูมิที่ทำการเผาได้ 2 ประเภท ด้วยกัน คือ

1. สีใต้เคลือบที่เผาไม่เกิน 1,250 องศาเซลเซียส จะนำไปใช้งานกับพวกผลิตภัณฑ์ เอิเทินแวร์ (earthen ware) และซอฟต์แวร์ปอร์สเลนส์ (soft porcelains) ถ้าหากใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เผาอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้สีจางหรืออาจจะผสมเข้าไปในเนื้อเคลือบ ลวดลายที่แต่งจะหมดความสวยงาม

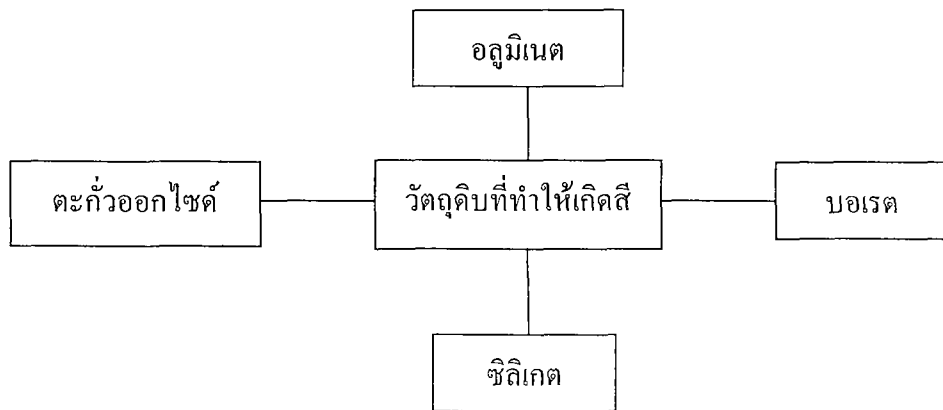
2. สีใต้เคลือบที่เผาในอุณหภูมิสูง จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์จำพวกสโตนแวร์ และปอร์สเลนส์ สีประเภทนี้จะทนความร้อนได้สูง หลอมละลายเข้ากับเคลือบได้ยาก การทำสีมักจะผสมสารทนไฟเข้าไปในเนื้อสี ได้แก่ อลูมินา และดินขาว เพื่อให้ทนไฟสูงขึ้น (โกมล รัชชวงศ์. 2531 : 4)

2. วัตถุดิบและเคมีภัณฑ์ที่ใช้ทำสีสำเร็จรูป

วัตถุดิบที่ทำให้เกิดสีและสีสำเร็จรูป (color materials and stains) สารประกอบที่ทำให้เกิดสีส่วนมากเป็นสารประกอบของธาตุจำพวกทรานซิชัน (transistion) เช่น เหล็กของทอง เหล็กของเงิน เหล็กของแพลททินัม และ ออกไซด์อื่นๆ ส่วนสีสำเร็จรูปจะเตรียมขึ้นเป็นรูปของผงสีต่างๆ

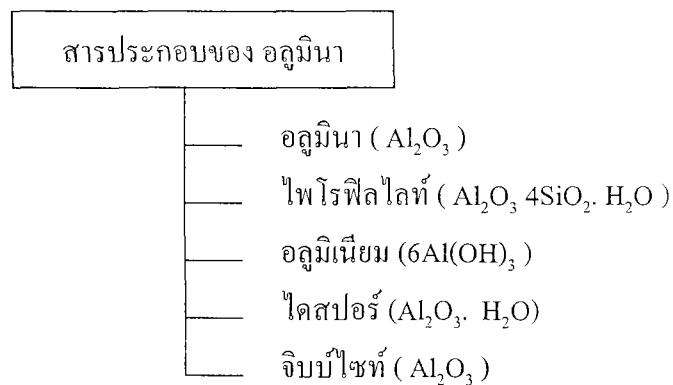
การทำสีสำเร็จรูป จะได้จากการนำออกไซด์ของโลหะที่เป็นตัวทำให้เกิดสีไปทำปฏิกิริยากับสารจำพวก ซิลิเกต (silicate) อลูมิเนต (aluminate) บอเรต (borate) และตะกั่วออกไซด์ (lead - oxide) เป็นต้น

สารที่ทำให้เกิดสี ได้แก่ โคบอลต์ออกไซด์ โครมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ (ferric oxide) และคอปเปอร์ออกไซด์ เป็นต้น (โกมล รัชชวงศ์. 2531 : 10)



ภาพประกอบ 1 สารประกอบที่เป็นตัวทำให้เกิดสี

1. สารประกอบของอลูมินา จะเป็นสารที่ทนความร้อนสูง ใช้เป็นส่วนผสมของสีสำเร็จรูปจะทำให้สีทนความร้อนสูงและคงสภาพได้ดี สารประกอบของอลูมินา ได้แก่ อลูมินา ไพโรฟิลไลต์ อลูมิเนียม ไดออสปอร์(diaspore) และจิบบไซต์(gibbsite) เป็นต้น



ภาพประกอบ 2 สารประกอบของอลูมินา

วัตถุประสงค์ที่ใช้สารประกอบอลูมินา ผสมเข้าไปในเนื้อสีมีดังนี้

1. ต้องการให้สีทนความร้อนสูง เนื่องจากอลูมินาเป็นสารทนความร้อน
2. ต้องการให้สีมีความคงทนไม่จางหายในเมื่อเอาไปใช้งาน
3. เพื่อไม่ให้สีมีความไหลตัว เพราะอลูมินาเป็นสารที่เพิ่มความหนืด

2. ดิน เป็นสารประกอบของอลูมินา ซิลิกา และน้ำ ซึ่งมีสูตรทางเคมีว่า $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ดินเป็นวัตถุที่หาได้ง่ายราคาถูก ดินที่ใช้ผสมในสีสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะใช้ดิน เกาลินหรือ ไรนาเคลย์ ซึ่งเป็นดินที่มีความบริสุทธิ์สูงจะมีสีขาวสามารถทนความร้อนได้สูง

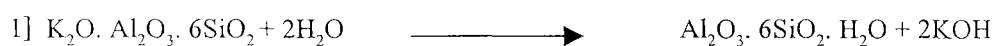
การแบ่งประเภทของดิน ในธรรมชาติดินที่พบมีหลายประเภทด้วยกัน จะหาดินที่มีความบริสุทธิ์สูงได้ยากเนื่องจากดินจะมีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่ เช่น ซิลิกาอัลคาไลน์ , อัลคาไลน์เอิร์ธ เหล็กออกไซด์ ไทตาเนียม (titanium), และแมงกานีส(manganes) เป็นต้น

ตัวอย่างสารที่ไม่บริสุทธิ์เจือปนอยู่ในดิน ได้แก่ หินเขียวหนุมาน โพแทสเซียมออกไซด์ ไมกา(potash mica or muscovite) $\text{KAl}_3 \cdot \text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, โซดาไมกา (soda mica or paryonite) $\text{NaAl}_3 \cdot \text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot (\text{OH})$ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของดินที่ใช้ทำเซรามิกส์ ดังนี้

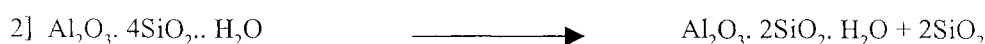
1. ดินขาว หมายถึง ดินที่มีสีขาว ซึ่งเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium silicate)จะพบดินขาวอีกประเภทหนึ่งซึ่งมีสีขาวและลักษณะคล้าย ๆ กันคือดินสอพอง ซึ่งเป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต ดินสอพองเป็นสารที่เกิดจากการผุพังของหินปูนบางที่เรียกว่าดินมาร์ล (marl) ดินขาวประเภทนี้ไม่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นได้ เนื่องจากเมื่อนำไปเผาแล้วจะทำให้เกิดการสลายตัวแตกยุ่ยไปหมด

ดินขาวจะมีแหล่งกำเนิดตามบริเวณที่ราบสูง ตามภูเขาที่มีแหล่งแร่หินฟีนมา เมื่อหินฟีนมาเกิดการผุพังจากความชื้นก็จะกลายสภาพเป็นดินขาว ปฏิกิริยาการเปลี่ยนสภาพหินฟีนมาเป็นดินขาวเรียกว่า ปฏิกิริยาเกลินไนเซชัน(kaolinization reaction) ซึ่งมีการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงดังนี้

หินฟีนมา



ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis)



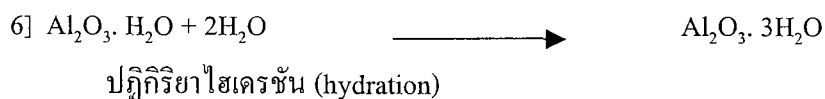
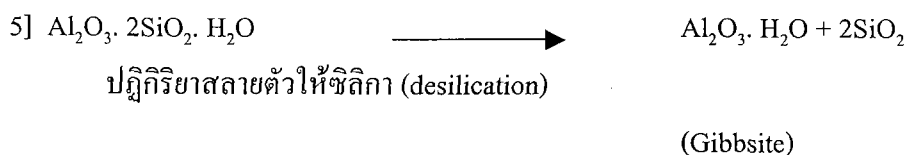
ปฏิกิริยาละลายตัวให้ซิลิกา (desilication)



ปฏิกิริยาละลายตัวให้ซิลิกา (desilication)



ปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration)



ดินขาวเป็นผลึกบริสุทธิ์มีส่วนประกอบทางเคมีเป็น $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ หรือ (OH)
 $4\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5$ จะมีสารเคมีคิดเป็นร้อยละดังนี้

อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	39.80
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	46.30
น้ำ (H_2O)	ร้อยละ	13.90

จากดินขาวที่พบในธรรมชาติมีสารประกอบอื่นๆ ปะปนอยู่มากมาย เป็นสาเหตุทำให้ดิน
 ไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ ได้แก่ หินเขียวหุนมาน, รูไทล์ (rutile) ไพไรต์ (pyrite) เซอร์คอน (zircon),
 ทูร์มาลีน (tourmaline) แร่เหล็ก (hematite) แมกนีไซต์ (magnesite) ฟลูออไรด์ (fluoride) และมัส
 โคไวท์ (muscovite) เป็นต้น แหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทยซึ่งนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรม
 เครื่องปั้นดินเผามีหลายแหล่งด้วยกันคือ ดินขาวแจ่ม จังหวัดลำปาง ดินขาวหาดส้มแป้น จังหวัด
 ระนอง และดินขาวจังหวัดยะลา เป็นต้น

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาวแจ่ม จังหวัดลำปาง (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 13 ; อ้าง
 อิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

ดินร่วนเนื้อดินที่ล้างได้ร้อยละ 68 ทราซที่ล้างออกมามีสีเหลืองเม้ดโต

		ดินไม่ล้าง	ดินล้างแล้ว
สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	3.80	4.20
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	73.90	71.70
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	17.30	20.20
		ดินไม่ล้าง	ดินล้างแล้ว
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	1.00	1.20
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.25	0.50

แมกนีเซียมออกไซด์(MgO)	ร้อยละ	1.20	0.83
อัลคาไลน์ (K ₂ O + Na ₂ O)	ร้อยละ	2.55	2.37

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาวระนอง (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 14 ; อ้างอิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

ดินขาวหาดส้มแป้น อำเภอเมือง จังหวัดระนอง เป็นดินร่วนสีขาวย เวลาล้างจมตัวดีมาก เนื้อดินที่ล้างได้ร้อยละ 20 ทรายที่ล้างออกมีเม็ดโตสีขาว

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	12.0
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ	47.0
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ	36.0
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ	0.80
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.25
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.51
อัลคาไลน์ (K ₂ O + Na ₂ O)	ร้อยละ	1.94

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาวเหนียวปากพลี จังหวัดปราจีนบุรี (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 14 ; อ้างอิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

ดินขาวโคดไม้ตาย อำเภอเมือง จังหวัดปราจีนบุรี ดินค่อนข้างเหนียว เวลาล้างไม่ค่อยจม ตัว เนื้อดินที่ล้างได้ร้อยละ 40 ทรายที่ล้างออกมีเม็ดโตสีขาว

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	12.7
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ	46.1
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ	33.6
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ	1.7
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	3.2
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	2.1
อัลคาไลน์ (K ₂ O + Na ₂ O)	ร้อยละ	0.60

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาว อำเภอดันหยงมัส จังหวัดนครราชสีมา (โกลด์ รักษ์วงศ์. 2531 : 15 ; อ้างอิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

ดินขาว อำเภอดันหยงมัส จังหวัดนครราชสีมา แหล่งที่ 1

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	12.20
------------------------	--------	-------

ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	48.00
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	37.20
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	1.80
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.19
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.10
อัลคาไลน์ ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)	ร้อยละ	0.51

ดินขาว อำเภอดันหยงมัส จังหวัดนครราชสีมา แหล่งที่ 2

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	14.00
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	45.00
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	38.00
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	1.70
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.50
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.10
อัลคาไลน์ ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)	ร้อยละ	1.11

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาวเหนียวคำพลูพิ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี (โกมล รักษ์วงศ์.

2531 : 16 ; อ้างอิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	9.70
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	59.80
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	25.30
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	2.60
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.10
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	1.90
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	ร้อยละ	0.50
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	ร้อยละ	0.05

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ดินขาวประเทศศรีลังกา

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	6.89
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	70.54
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	20.92

ไททาเนียมออกไซด์ (TiO_2)	ร้อยละ	0.43
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.18
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	ร้อยละ	0.96
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	ร้อยละ	0.22

การทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ดินขาวลำปาง สำหรับผสมในสีเนื่องจากทนความร้อนได้ดีมีการพองตัวสูง และราคาถูก เหมาะแก่การทำสีเหลือง สีน้ำตาล และสีน้ำเงิน ส่วนดินขาวระนองผู้วิจัยใช้ในการผสมเคลือบ เนื่องจากมีเหล็กออกไซด์ต่ำ

2. ดินเหนียว เป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในธรรมชาติจะมีสีต่างๆ เช่น สีเทา สีดำ เนื่องจากมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่เมื่อหลังจากการเผาแล้วจะมีสีขาว ดินชนิดนี้จะพบอยู่ในที่ราบลุ่ม มีเม็ดละเอียดเหมาะสำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ให้ความแข็งแรงต่อผลิตภัณฑ์เมื่อยังไม่เผา ในการใช้ดินเหนียวมาผสมในเนื้อดินปั้นมีข้อเสียคือ ดินเหนียวมีความบริสุทธิ์ต่ำ มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่มาก เช่นสารประกอบพวกอินทรียสาร เหล็กออกไซด์ ไททาเนียมออกไซด์ จะทำให้เนื้อดินมีสีขาวลดลง ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่โปร่งแสง ทำได้ยาก มีการหดตัวมาก แล้วหลังจากการเผาทำให้บิดเบี้ยวได้ง่าย

ส่วนประกอบทางเคมีของดินเหนียว มีดังนี้ (Worrall, 1964 : 58)

ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	40 - 60
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	25 - 40
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.25 - 4
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	ร้อยละ	0 - 0.75
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	ร้อยละ	0.50 - 4.00

ตาราง 1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างดินเหนียวและดินขาวตามคุณสมบัติทางฟิสิกส์

ดินเหนียว	ดินขาว
1. เนื้อละเอียด	1. เนื้อหยาบกว่า
2. มีความเหนียวมาก	2. เหนียวน้อยกว่า
3. หดตัวมาก (ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15)	3. หดตัวน้อยกว่า
4. มีความแข็งตัวก่อนผ่านการเผาสูง	4. มีความแข็งก่อนเผาน้อยกว่า
5. มีความบริสุทธิ์น้อย	5. มีสีขาวบริสุทธิ์สูงกว่า
6. ทนต่อความร้อนได้ต่ำ	6. ทนต่อความร้อนได้สูงกว่า

ตาราง 1 (ต่อ)

ดินเหนียว	ดินขาว
7. มีการยู่ตัวได้ยาก	7. ยู่ตัวได้ง่ายกว่า
8. เกิดหลังดินขาว	8. เกิดก่อนดินเหนียว

ที่มา : โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 11

วัตถุประสงค์ที่ใช้ดินผสมในเนื้อสีสำเร็จรูป มีดังนี้

1. เพื่อให้สีทนความร้อนได้สูง
2. เพื่อให้ดินผสมในเนื้อสี ซึ่งจะได้สารประกอบของอลูมินา และซิลิกา ทำให้สีมีคุณภาพดีขึ้น สามารถคงสภาพได้ดีเมื่อนำไปใช้งาน
3. เพื่อทำให้เกิดความหนืด ไม่ทำให้ไหลตัวได้ง่าย เมื่อนำไปใช้งาน
4. เป็นวัสดุที่ราคาถูกลงและหาได้ง่าย

3. วัตถุดิบที่ให้ซิลิกะสูงมีหลายชนิดด้วยกัน เช่น ซิลิมาไนท์ (silimanite) คายาไนท์ (kyanite) อันดาลัสไซต์ (andalusite) หินเขียวหนุมาน กรวด ททราย มุลไลท์ (mullite) และสเตียไทท์ (steatite) เป็นต้น

3.1 หินเขียวหนุมาน เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกา หินเขียวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่ให้ซิลิกะสูงมากถึงร้อยละ 99 มีความถ่วงจำเพาะ 2.7 จุดหลอมละลายตัว 1,728 องศาเซลเซียส มีความแข็ง 7 โครงสร้างเป็นรูปผลึกหกเหลี่ยม เป็นร่างแหสามมิติในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จะใช้หินเขียวหนุมานผสมในเนื้อดินปั้นและในเคลือบและยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมทนไฟได้ดี เนื่องจากหินเขียวหนุมานเป็นวัตถุดิบที่ทนความร้อนสูง ถ้านำไปผสมกับเนื้อดินปั้นจะทำให้เนื้อดินปั้นแข็งแรง เป็นโครงสร้างป้องกันการหดตัว บิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังเปลี่ยนสภาพเป็นแก้ว ทำให้เนื้อดินโปร่งใสมีความแข็งแรง เคลือบมีความมันวาว นอกจากหินเขียวหนุมาน จะให้ซิลิกาที่บริสุทธิ์สูงแล้วยังมีวัตถุดิบอื่นๆ อีกที่ให้ซิลิกะสูง ได้แก่ กรวด หินทราย และทราย วัตถุดิบเหล่านี้สามารถนำมาใช้แทนหินเขียวหนุมานได้ แต่ความสะอาดใสอาจจะไม่เท่าเทียม แหล่งวัตถุดิบที่พบ ได้แก่ จันทบุรี ระยอง และสงขลา เป็นต้น

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์หินเขียวหนุมานจันทบุรี (โกมล รักษ์วงศ์. 2531 : 26 ;อ้างอิงมาจาก กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรม. 2513)

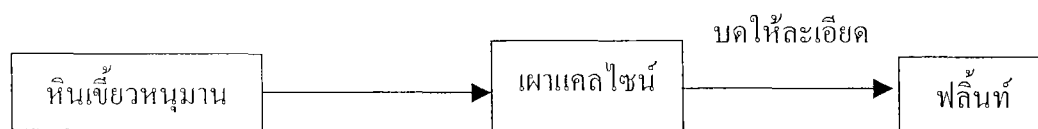
สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ 0.05
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ 98.90

อลูมินา(Al_2O_3)	ร้อยละ	0.80
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.10
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.05
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.09

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์หินเขียวหนุมาน จังหวัดตาก (อุบลศรี ทรวดทรง. 2531 : 10)

สูญเสียไปกับการเผาไหม้	ร้อยละ	0.05
ซิลิกา (SiO_2)	ร้อยละ	98.90
อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ	0.80
เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)	ร้อยละ	0.10
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.05
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.09

การนำหินเขียวหนุมานมาใช้ทำวัตถุปั้นเครื่องปั้นดินเผา จะทำให้อยู่ในรูปฟลีนท์ก่อน หมายถึง การนำเอาหินเขียวหนุมานไปเผา ในอุณหภูมิ 900- 1,000 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบดให้เป็นผงละเอียด เรียกว่า ฟลีนท์



ภาพประกอบ 3 กรรมวิธีการเปลี่ยนหินเขียวหนุมานให้อยู่ในรูปของฟลีนท์

วัตถุประสงค์ที่ใช้ หินเขียวหนุมาน ผสมในสีสำเร็จรูป

1. เพื่อให้เนื้อสีมีความแข็ง
2. เพื่อเพิ่มความมันของเนื้อสี
3. เพื่อให้สีทนความร้อนได้สูง
4. เพื่อเพิ่มความสดใสของสี

ในการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ หินเขียวหนุมานจากจังหวัดตากผสมในเนื้อสี โดยใช้ หินเขียวหนุมานที่หาง่าย มีขายในท้องตลาดและมีในประเทศ

3.2 ซิลิกาไนท์ คายาไนท์ อันดาลัสไซต์ วัตถุปั้นเหล่านี้เป็นสารประกอบของอลูมินา และซิลิกา ซึ่งมีแร่อยู่ 3 ชนิดด้วยกันคือ

ซิลิกา (SiO ₂)	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ	60
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ	30
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ไม่เกินร้อยละ	2.5
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ไม่เกินร้อยละ	1.5
อัลคาไลน์ (K ₂ O + Na ₂ O)	ไม่เกินร้อยละ	0.4
ความสามารถละลายในกรดและด่าง	ไม่เกินร้อยละ	1.0

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์หัตถ์ จากต่างประเทศ

สาร	จีน	ฝรั่งเศส	เยอรมัน	อิตาลี	อเมริกา	อินเดีย
ซิลิกา (SiO ₂)	62.35	60.0	60.3	59.4	55.9	61.24
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	32.1	31.8	31.0	31.6	30.7	32.24
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.17	2.3	3.1	2.2	1.3	1.42
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.25	-	-	-	-	0.02
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	0.3	-	-	6.2	-
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.77	-	-	-	-	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.19	-	-	-	-	-
สูญเสียไปกับการเผา	4.37	5.6	5.6	6.8	5.90	4.90

ที่มา : โคมล รักษ์วงศ์. 2531 : 29

สมบัติของหัตถ์ และสเต็มไทท์ มีดังนี้

1. ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและเคลือบ จะทำหน้าที่เป็นฟลัก
2. มีคุณสมบัติป้องกันการร้าว ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขยายตัวเมื่อขึ้น ส่วนใหญ่จะใช้ทำกระเบื้อง
3. เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดีเมื่อผสมในเนื้อดินปั้น
4. ทนต่อการหดตัวขยายตัว และทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี
5. เป็นวัตถุดิบที่มีความแข็งต่ำบดย่อยได้ง่าย และเป็นวัตถุดิบที่ให้แมกนีเซียมและซิลิกา

การทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หลักผสมลงในน้ำเคลือบเพื่อป้องกันการแตกรานของผิวเคลือบ ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ โดยใช้หลักจากแหล่งทั่วไป

4. สารประกอบของโบรอน (boron) เป็นสารที่ละลายน้ำได้มีคุณสมบัติเป็นด่าง เมื่อเอาไปใช้งานในเครื่องปั้นดินเผา เช่น ทำเคลือบ ทำสีสำเร็จรูป จะเป็นสารที่ทำหน้าที่เป็นฟลัก สารประกอบของโบรอน มีดังนี้

โบริกออกไซด์ (boric oxide) มีสูตรเคมีคือ B_2O_3

กรดโบริก (boric acid) มีสูตรเคมีคือ H_2BO_3

บอแรกซ์ (borax) มีสูตรเคมีคือ $Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$

โบรอนแคลไซต์ (boron calcite) มีสูตรเคมีคือ $4CaO \cdot 5B_2O_3 \cdot 7H_2O$

สมบัติของสารประกอบของโบรอน มีดังนี้

1. มีสมบัติเป็นด่างละลายน้ำได้ดี
2. เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิและเป็นตัวช่วยหลอมละลาย
3. เป็นตัวช่วยทำให้ออกไซด์บางชนิดเกิดขึ้นได้

บอแรกซ์ มีชื่อทางเคมีว่าโซเดียมเตตระโบเรต (sodium tetraborate) มีลักษณะเป็นผลึกคล้ายๆ กับผงชูรส เป็นตัวหลอมละลายอย่างแรง (strong flux) และเป็นสารละลายน้ำได้ เป็นตัวทำปฏิกิริยาช่วยให้เกิดสีได้ เป็นตัวที่ช่วยทำให้เคลือบไหลตัวได้ดี ถ้าหากนำไปผสมกับน้ำเคลือบไฟสูงประมาณไม่เกินร้อยละ 10 จะทำให้ผิวเคลือบมีความเรียบมันและมีโอแก๊สเกิดรอยรูดซึม ได้น้อยลง

ส่วนประกอบของบอแรกซ์มีดังนี้

โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	ร้อยละ	16.3
โบริกออกไซด์ (B_2O_3)	ร้อยละ	36.5
น้ำในผลึก (water of crystallization)	ร้อยละ	47.2

การนำเอาบอแรกซ์ไปใช้ผสมน้ำเคลือบให้ได้ผลดี ควรเปลี่ยนสภาพให้เป็นฟลักซ์ เนื่องจากบอแรกซ์ละลายน้ำได้ จากส่วนประกอบจะเห็นได้ว่าในบอแรกซ์จะมีผลึกของน้ำอยู่ถึงร้อยละ 47.2 จึงสามารถละลายน้ำได้ดี ถ้าหากนำเอาบอแรกซ์มาผสมทำเคลือบดิบก็สามารถทำได้โดยที่พ่นน้ำเคลือบในอุณหภูมิต่ำ ๆ การพ่นน้ำเคลือบดิบที่ใช้บอแรกซ์เป็นส่วนผสมจะต้องทำให้น้ำเคลือบมีความเข้มข้นสูง ๆ จึงจะได้ผลดี

ตัวอย่างสูตรน้ำเคลือบบอแรกซ์เผาในอุณหภูมิ 750 - 850 องศาเซลเซียส โคน 016-013

บอแรกซ์	ร้อยละ	75-80
ฟลิ้นท์	ร้อยละ	10-15
ดินขาว	ร้อยละ	10-12

ตัวอย่างสูตรน้ำเคลือบบอแรกซ์เผาในอุณหภูมิ 950 - 1,080 องศาเซลเซียส โคน 07-05

บอแรกซ์	ร้อยละ	38.8
แบเรียมคาร์บอเนต	ร้อยละ	2.2
กรดโบริก	ร้อยละ	2.7
ดินขาว	ร้อยละ	1.4
ฟลิ้นท์	ร้อยละ	39.7
เหล็กแดงออกไซด์(Fe_2O_3)	ร้อยละ	15.0

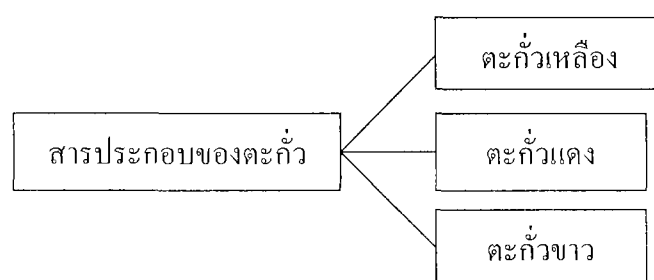
การทดลองในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้บอแรกซ์เพิ่มนอกสูตรผสมโดยให้เป็นตัวคงที่ใช้เป็นตัวเร่งทำให้เกิดสีและช่วยในการหลอมละลาย โดยใช้บอแรกซ์ไม่เกินร้อยละ 3 ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากกว่านี้ จะทำให้การหลอมละลายของสีมากเกินไป (Singer, 1963 : 511)

5. สารประกอบของตะกั่ว ที่นำมาใช้ทำสีสำเร็จรูปมีดังนี้

ตะกั่วเหลือง (litharge) มีสูตรเคมีคือ PbO

ตะกั่วแดง (red lead) มีสูตรเคมีคือ Pb_3O_4

ตะกั่วขาว (lead carbonate) มีสูตรเคมีคือ $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$



ภาพประกอบ 4 แสดงสารประกอบของตะกั่ว

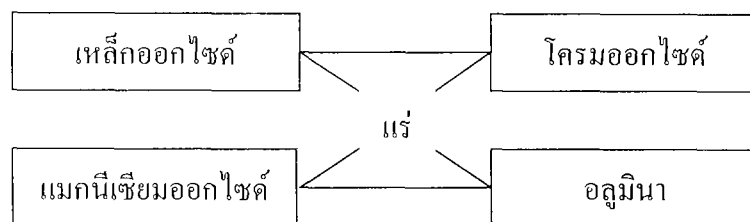
สมบัติของสารประกอบของตะกั่ว มีดังนี้

1. เป็นสารที่มีพิษต่อร่างกาย
2. เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ
3. เป็นตัวช่วยให้สีสดใสเมื่อใช้ผสมทำสีสำเร็จรูป (โกลด์ รักษ์วงศ์, 2531: 14)

6. วัตถุดิบที่ทำให้เกิดสี ในการทำสีสำเร็จรูป วัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมสีส่วนใหญ่ใช้สารประกอบประเภทออกไซด์ของโลหะที่ให้สีผสมกันหรืออาจมีส่วนผสมของดินขาว อลูมินา ซิลิกา บอแรกซ์ เป็นต้น ความจริงจะใช้เคมีภัณฑ์ที่ให้สีนั้นๆ ทำเป็นสีผสมในเคลือบบางครั้งก็ได้ แต่จะไม่ได้สีไม่ถาวร จึงจำเป็นต้องใช้ออกไซด์หลาย ๆ ชนิดทำปฏิกิริยากัน ณ อุณหภูมิหนึ่งตามกรรมวิธีการทำสีสำเร็จรูป

6.1 โครมออกไซด์ได้มาจากหินแร่โครม ผลึกของโครมเรียกว่าสปิเนล (spinel) โครมเป็นวัตถุดิบที่ทนความร้อน มีคุณสมบัติเป็นกลาง นอกจากนั้นนำไปใช้เป็นตัวทำให้เกิดสีเป็นส่วนใหญ่ แร่โครมที่อยู่ในรูปของแร่เหล็กโครม (chrome – iron) อาจจะมีสารอื่นๆ ผสมอยู่ ได้แก่ เหล็กออกไซด์ แมกนีเซียม และอลูมิเนียม เป็นต้น

เหล็กโครม(chrome – Iron) ที่มีเหล็กออกไซด์ อลูมินา แมกนีเซียม และ โครมออกไซด์



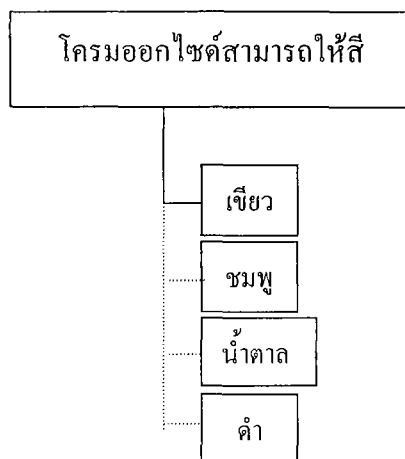
ภาพประกอบ 5 สารประกอบของแร่โครมที่อยู่ในรูปของโครมไอออน

เหล็กโครไมท์ (iron chromite) มีสูตรเคมีคือ $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ จะพบในธรรมชาติทั่วไป จะมีส่วนประกอบดังนี้

โครมออกไซด์ (Cr_2O_3)	ร้อยละ	68
เหล็กออกไซด์ (FeO)	ร้อยละ	32

เหล็กโครมจะใช้ในอุตสาหกรรมวัตถุดิบไฟเป็นส่วนใหญ่ ถ้าหากเป็นแร่โครมบริสุทธิ์ จุดหลอมละลายสูงถึง 2,180 องศาเซลเซียส แต่สำหรับเหล็กโครมจะมีจุดหลอมละลายอยู่ระหว่าง 1,700 - 2,100 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ใช้ทำสีสำเร็จรูปได้ดีทั้งในเคลือบ บนเคลือบ และใต้เคลือบ การใช้โครมออกไซด์ทำสีสำเร็จรูป สามารถให้สีหลายสีเช่น สีเขียว สีน้ำตาล สีชมพู เป็นต้นขึ้นอยู่กับการใช้วัตถุดิบอื่น ๆ ที่ผสมเข้าไป

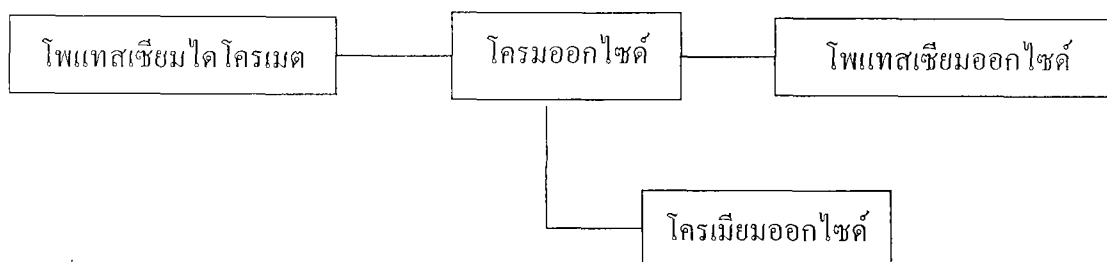
โดยปกติทั่ว ๆ ไปแล้ว โครมออกไซด์จะเป็นสารที่ให้สีเขียว สามารถให้สีเขียวที่สวยงาม ถ้าเผาในบรรยากาศรีดักชัน ในอุณหภูมิ 1,250 - 1,300 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 6 การให้สีของโครมออกไซด์

สารประกอบโครมออกไซด์ ที่นิยมใช้ทำสีสำเร็จรูปมีดังนี้

1. โครเมียมออกไซด์ (chromium oxide)
2. โพแทสเซียมไบโครเมต (potassium bichromate)
3. โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate)



ภาพประกอบ 7 องค์ประกอบของโครมออกไซด์

สำหรับผู้วิจัยใช้โพแทสเซียมไดโครเมต ปกติวัตถุดิบชนิดนี้จะมีสีส้มเป็นสารละลายน้ำได้ จะนำไปใช้ทำสีสำเร็จรูปได้โดยเฉพาะสีชมพู และใช้โครมออกไซด์ ร้อยละ 2 เพื่อเป็นออกไซด์ที่ช่วยทำให้เกิดสีในกลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง และกลุ่มสีน้ำเงิน (Singer. 1963 : 623)

6.2 โคบอลต์ออกไซด์ (cobalt oxide) เป็นสารประกอบที่ให้สีน้ำเงิน เป็นสารที่มีคุณสมบัติซึ่งให้สีเข้มข้นแรง (strong coloring agent) โคบอลต์ออกไซด์ไม่ว่าจะใช้ผสมในเนื้อดินปั้นหรือในเคลือบจะให้สีดี สามารถให้สีได้ในเคลือบทุกชนิดและทุกอุณหภูมิ สีที่ทำได้จากโคบอลต์ออกไซด์ มีดังนี้

6.2.1 สีนํ้าเงิน ใช้เผาเคล้าในอุณหภูมิ โคน 7 – โคน 14 สามารถทำสีบนเคลือบได้เคลือบ และในเคลือบได้ดี ใช้ทำสีในเคลือบเผาอุณหภูมิสูง มีส่วนผสมดังนี้ (Singer, Felix and Singer Sonjas. 1960 : 129)

โคบอลต์ออกไซด์	ร้อยละ 37.27
----------------	--------------

อูมิเนียมไฮดรอกไซด์	ร้อยละ 62.73
---------------------	--------------

6.2.2 สีนํ้าเงินใช้ทำสีได้เคลือบ และสีในเคลือบสำหรับผลิตภัณฑ์ปอร์สเลน โดยการเผาเคล้าในอุณหภูมิ โคน 7 – โคน 14 ถ้าหากนำเอาส่วนผสมนี้ไปใช้ผสมในเคลือบ หรือใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์เผาไฟสูงทำการเผาแบบรีดักชัน จะให้สีสวย ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้ (Singer. 1960 : 129)

โคบอลต์ออกไซด์ฟอสเฟต ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$)	ร้อยละ 24.5
---	-------------

อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ 36.5
-------------------------------------	-------------

สังกะสีออกไซด์ (ZnO)	ร้อยละ 39.0
---------------------------------	-------------

6.2.3 สีนํ้าเงิน (cobalt blue) ใช้เผาเคล้าในอุณหภูมิ โคน 7 ใช้ส่วนผสมวัตถุดิบเคมีภัณฑ์ดังนี้ (Singer. 1963 : 130)

โคบอลต์ออกไซด์ฟอสเฟต ($\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$)	ร้อยละ 32.50
---	--------------

อลูมินา (Al_2O_3)	ร้อยละ 48.40
-------------------------------------	--------------

สังกะสีออกไซด์ (ZnO)	ร้อยละ 19.10
---------------------------------	--------------

6.3 คอปเปอร์ออกไซด์ ทองแดงออกไซด์เป็นสารที่ให้สีเขียวโดยเฉพาะใช้ผสมในนํ้าเคลือบ ตะกั่วจะให้สีเขียวที่สดใสดุจ และให้สีแดงได้ในเมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชัน

คอปเปอร์ออกไซด์ เมื่อนำไปผสมกับวัตถุดิบเคมีภัณฑ์อื่น ๆ จะให้สีได้ เช่น สีเขียว สีนํ้าเงิน สีนํ้าตาล

6.4 เหล็กออกไซด์ มีสูตรเคมีคือ Fe_2O_3 เป็นสารที่ให้สีนํ้าตาลแดง แต่ก็สามารถทำสีอื่นๆได้ เช่น สีเหลือง สีแดง สีดำ ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ เคมีภัณฑ์อย่างอื่นเข้ามาผสมและอุณหภูมิที่ทำการเผาเคล้าของส่วนผสม และใช้ในการดัดแปลงสีของทองแดง และ โคบอลต์ออกไซด์ด้วย เหล็กออกไซด์นี้ถ้าไม่ไวต่อการให้สีแล้วจะมีสมบัติเป็นฟลักซ์ที่ดี ส่วนมากจะเกิดร่วมกับสารอื่นในลักษณะสิ่งเจือปน ซึ่งจะต้องกำจัดออกไปโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดสีขาว ถ้ามีในเนื้อดินจะได้สีในโทนแดงเรื่อ ๆ ถ้าใช้ในเคลือบที่มีเคลือบออกไซด์อยู่ด้วยจะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ ที่ใช้กันคือ ออกไซด์เหล็กสีแดง (red iron oxide) มีสูตรทางเคมีคือ Fe_2O_3 และ ออกไซด์เหล็กสีดำ (black iron oxide) สูตรทางเคมีคือ Fe_3O_4 ซึ่งถ้าใช้ในสูตรเคลือบทั่วๆ ไป จะให้สีนํ้าตาลแดง จนถึงสีแดงนํ้าตาล โดยใช้ประมาณร้อยละ 5 ถึง 10 ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่ว ร้อยละ 8 จะให้สีแดงดำ

(dark red) แต่ถ้าใช้มากเกินไป อาจจะได้เคลือบที่มีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆ เป็นจุดได้เคลือบเป็นสีทอง และได้สีม่วงแดง(purple red) กับ สีเกร็ดทองเล็กๆ (gold fleck) แต่ถ้าเผาในสภาวะรีดักชัน เหล็กออกไซด์จะให้สีเขียวแบบเซลาดอน (pale green of celadon) หรือ สีเขียวปนเทา (grey green)

เหล็กออกไซด์ ที่นิยมใช้ทำสีสำเร็จรูปจะมี 2 ประเภทคือ

1. เหล็กออกไซด์ ที่เป็นสีแดง
2. เหล็กออกไซด์ ที่เป็นสีดำ (โกลม รักษ์วงศ์. 2531 : 38)

7. ดีบุกออกไซด์ (tin oxide) มีสูตรเคมี SnO_2 เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวทำให้เกิดทึบในเคลือบ เป็นสารที่ให้สีขาวมีน้ำหนักโมเลกุล 150.7 มีความถ่วงจำเพาะ 6.6 - 6.9 ใช้เป็นส่วนผสมของสีสำเร็จรูป ทำหน้าที่เป็นตัวทึบแสงในเคลือบ เนื่องจากดีบุกออกไซด์ไม่ละลายในสารประกอบพวกซิลิเกต ช่วยทำให้เคลือบคลุมผิวผลิตภัณฑ์ได้ดี สารประกอบดีบุกออกไซด์นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง แม้จะมีราคาค่อนข้างแพง และเป็นสารที่มีความสำคัญในการผลิตสี โดยเฉพาะสีที่ใช้ตกแต่งได้เคลือบและบนเคลือบ การผสมดีบุกออกไซด์กับโครม จะทำให้เกิดสีชมพูในเคลือบได้ และนอกจากนี้บางครั้งยังให้สีที่แปลกใหม่ได้แล้วแต่ส่วนประกอบ

8. หินปูน (whiting or lime stone) เป็นสารประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมีคือ CaCO_3 เมื่อนำมาเผาที่อุณหภูมิประมาณ 825 องศาเซลเซียส จะสลายตัวให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ และแคลเซียมออกไซด์ ความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.7 มีความแข็ง 2.3 (โกลม รักษ์วงศ์. 2531 : 48) หินปูนใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยมากนิยมใช้เป็นส่วนผสมของน้ำเคลือบ ส่วนในเนื้อดินปั้นใช้น้อย เพราะจะทำให้ดินยุบตัวได้ เนื่องจากหินปูนมีคุณสมบัติช่วยลดจุดสุกตัว และมีช่วงการเผาสั้น ในเคลือบหินปูนจะช่วยให้เคลือบมีความแข็งแรง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนของกรดทำให้เคลือบมีจุดสุกตัวต่ำลง

ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้หินปูน เพราะ เป็นวัตถุดิบที่ให้ออกไซด์ประเภทต่าง คือ แคลเซียมออกไซด์ สามารถเข้ากับบอแรกซ์ได้ดีกว่าสารประเภทอื่น แหล่งที่ผู้วิจัยใช้คือหินปูนจากจังหวัดสระบุรี เป็นวัตถุดิบที่ได้มาตรฐาน และหาง่ายในท้องตลาด ราคาถูก ซึ่งมีผลวิเคราะห์ทางเคมีตามตาราง 4

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินปูนจังหวัดสระบุรี

สารประกอบ	ปริมาณร้อยละ
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	98.50 ค่าสุด

ตาราง 4 (ต่อ)

สารประกอบ	ปริมาณร้อยละ
อาร์เซนิก แคลเซียมออกไซด์ (AsCaO)	55.19 ต่ำสุด
แมกนีเซียมคาร์บอเนต(MgCO ₃)	0.40 สูงสุด
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.20 สูงสุด
ซิลิกา (SiO ₂)	0.20 สูงสุด
เหล็กออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	0.02 สูงสุด

ที่มา : บริษัท สุรินทร์ออมยา เคมิคอล (ประเทศไทย) จำกัด, มิถุนายน 2537

9. หินฟันม้า เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิ สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เป็นตัวช่วยหลอมละลายวัตถุดิบอื่นๆ ให้อุณหภูมิในการเผาต่ำลง หินฟันม้าเป็นวัตถุดิบหลักชนิดหนึ่งที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์ หินฟันม้าเป็นสารประกอบของ อลูมินา ซิลิกา อัลคาไลน์ หรืออัลคาไลน์เอิร์ธ

สารจำพวกอัลคาไลน์ที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้า ได้แก่ โพแทสเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์ และลิเทียมออกไซด์

สารประกอบจำพวกอัลคาไลน์เอิร์ธที่เป็นสารประกอบในหินฟันม้า ได้แก่ แบเรียมออกไซด์ (BaO) และแคลเซียมออกไซด์ (CaO)

การแบ่งชนิดของหินฟันม้าสามารถแบ่งตามสารประกอบทางเคมีดังนี้

9.1 โพแทสเซียมออกไซด์เฟลสปาร์ (potash felspar or orthoclase) มีสูตรเคมีคือ K₂O.Al₂O₃.6SiO₂ เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบของโพแทสเซียมออกไซด์ มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.56 มีความแข็ง 6 จะมีสีแตกต่างกันแล้วแต่แหล่งกำเนิดได้แก่ สีขาว สีเหลือง และสีชมพู เป็นต้น สามารถใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดีมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ	65.7
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ	18.4
โพแทสเซียมออกไซด์(K ₂ O)	ร้อยละ	16.9

โพแทสเซียมออกไซด์เฟลสปาร์มีน้ำหนักโมเลกุล 557

9.2 โซดาเฟลสปาร์ (soda felspar or albite) มีสูตรเคมีคือ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ หินฟีนม้าชนิดนี้เป็นสารประกอบของโซเดียม มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 2.61 – 2.64 มีความแข็ง 6- 6.5 เป็นจุดสีเทาหรือสีขุ่นขาว นิยมใช้เป็นตัวลดอุณหภูมิ ในเคลือบไฟสูงมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้

ซิลิกา	ร้อยละ	68.8
อลูมินา	ร้อยละ	19.4
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	ร้อยละ	11.8

โซดาเฟลสปาร์ มีน้ำหนักโมเลกุล 524

9.3 แร่หินฟีนม้าชนิดอื่นๆ เช่น ไลม์สปาร์ ลิเทียม เบย์เฟลสปาร์ เนฟริลีนไฮยาไนด์ เป็นต้น ทั้งหมดนี้ ส่วนมากไม่พบในประเทศไทย

ตาราง 5 แร่หินฟีนม้าแต่ละชนิด

ชื่อแร่	สูตร และร้อยละ ส่วนประกอบทางเคมี	ค่า ถ.พ.	ความ แข็ง	ผลึกและสี
Orthoclase (potash spar)	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 16.9 18.3 64.8	2.56	6	มอนอกลิติก ขาว, เหลือง, ชมพู, เทา
Microcline (potash spar)	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 16.9 18.3 64.8	2.54-2.57	6.0-6.5	ไตรคลินิก ขาว, เหลือง, เทา, เขียว, แดง
Albite (sod spar)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 11.8 19.4 68.8	2.61-2.64	6.0-6.5	ไตรคลินิก เทา, ขาว, ขาวขุ่น
Anorthite (lime spar)	$\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 20.1 36.6 43.3	2.70-2.76	6.0-6.5	ไตรคลินิก
Plagioclase (potash-soda Spar)	$[\text{NaKO}] \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ variable	2.62-2.67	6-7	ไตรคลินิก ขาว, เทา, เขียว, แดง
Oligoclase (lime-soda Spar)	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ + $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ variable			

ตาราง 5 (ต่อ)

ชื่อแร่	สูตร และร้อยละ ส่วนประกอบทางเคมี	ค่า ถ.พ.	ความ แข็ง	ผลึกและสี
Labradorite (Labrador Feldspar) Intermediate Between Albite and Anorthite	Same ratio 1 :2 –1:6	2.70- 2.72	5.0-6.0	ไตรคลินิก เทา,น้ำตาล,เขียว
Celsian (baryta spar) (barium Anorthite)	BaO. Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ 40.85 27.15 32.00	3.37	>6	ไตรคลินิก
Hyaloplane {potash (orthoclase)-baryta spar}	K ₂ O.Al ₂ O ₃ . 4SiO ₂ + BaO. Al ₂ O ₃ . 2SiO ₂ variable	2.835	6-6.5	มอนอกlinik ผลึกใส
Pollucite	2Cs ₂ O.2Al ₂ O ₃ .9SiO ₂ .H ₂ O 42.50 15.38 40.76 1.36 orCs ₂ O.2Al ₂ O ₃ .4SiO ₂ or(Cs,Na) ₂ O.Al ₂ O ₃ .5SiO ₂ . H ₂ O	2.87-2.90	6.5	cubic colouriess
Spodumene Hiddenite Kunzite	Variable Li ₂ O. 2Al ₂ O ₃ .4SiO ₂ 8.03 27.40 64.57 Li ₂ O. 2Al ₂ O ₃ .6SiO ₂ 6.07 20.71 73.22	2.64-2.65	5.5-6.0	มอนอกlinik ขาว,เทา,เขียว,ชมพู

ที่มา : Singer Felix and Singer Sonjas. 1960 : 102

ผลการวิเคราะห์หินฟันม้าประเทศอินเดีย (หินฟันม้าสีชมพู)

สูญเสียไปกับการเผา	ร้อยละ 0.10
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ 64.80
อลูมินา(Al ₂ O ₃)	ร้อยละ 19.30
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ 0.18

แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ 0.10
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ 0.18
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	ร้อยละ 11.90
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	ร้อยละ 3.30

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า ตำบลทุ่งนางหอรอก อำเภอปอพลอย จังหวัดกาญจนบุรี

สูญเสียไปกับการเผา	ร้อยละ 2.60
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ 60.00
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ 24.00
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ 1.00
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ 4.20
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ 0.50
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	ร้อยละ 0.30
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	ร้อยละ 7.00

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า ตำบลสวนผึ้ง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

สูญเสียไปกับการเผา	ร้อยละ 1.50
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ 65.20
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ 20.40
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ 1.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ 1.70
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ 1.70
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	ร้อยละ 6.70
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	ร้อยละ 1.50

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า คามาโด (kamado) ของประเทศญี่ปุ่น

สูญเสียไปกับการเผา	ร้อยละ 0.58
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ 77.60
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ 12.80
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ 0.26

แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.92
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.20
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	ร้อยละ	3.80
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	ร้อยละ	3.90

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของหินฟันม้า จังหวัดตาก (นิมิต ศรีปรารักษ์, 2530 : 100)

สูญเสียไปกับการเผา	ร้อยละ	0.32
ซิลิกา (SiO ₂)	ร้อยละ	67.58
อลูมินา (Al ₂ O ₃)	ร้อยละ	18.18
เหล็กออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	ร้อยละ	0.42
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ร้อยละ	0.38
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	ร้อยละ	0.01
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	ร้อยละ	9.52
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	ร้อยละ	2.29

ผู้วิจัยใช้หินฟันม้า จากจังหวัดกาญจนบุรี สำหรับทำเคลือบใสใช้ทดสอบสีน้ำตาล สีเหลือง และสีน้ำเงิน เนื่องจากมีโซเดียมออกไซด์ที่สูงกว่า ใช้หินฟันม้าจังหวัดตาก สำหรับทำเคลือบใสใช้ทดสอบสีชมพูและสีเขียว เนื่องจากทำให้เคลือบมีความสดใส

10. สารประกอบแบเรียม สารประกอบของกลุ่มนี้ ได้แก่ แบเรียมเฟลสปาร์ (barium feldspar), แบริทส์ (barytes), แบเรียมคาร์บอเนต (barium carbonate) เป็นต้น

10.1 แบริทส์ มีสูตรเคมีคือ BaSO₄ เป็นสารประกอบของแบเรียมซัลเฟต (barium sulphate) ซึ่งเป็นวัตถุอันตรายที่ใช้น้อยมากในวงการอุตสาหกรรมเซรามิกส์

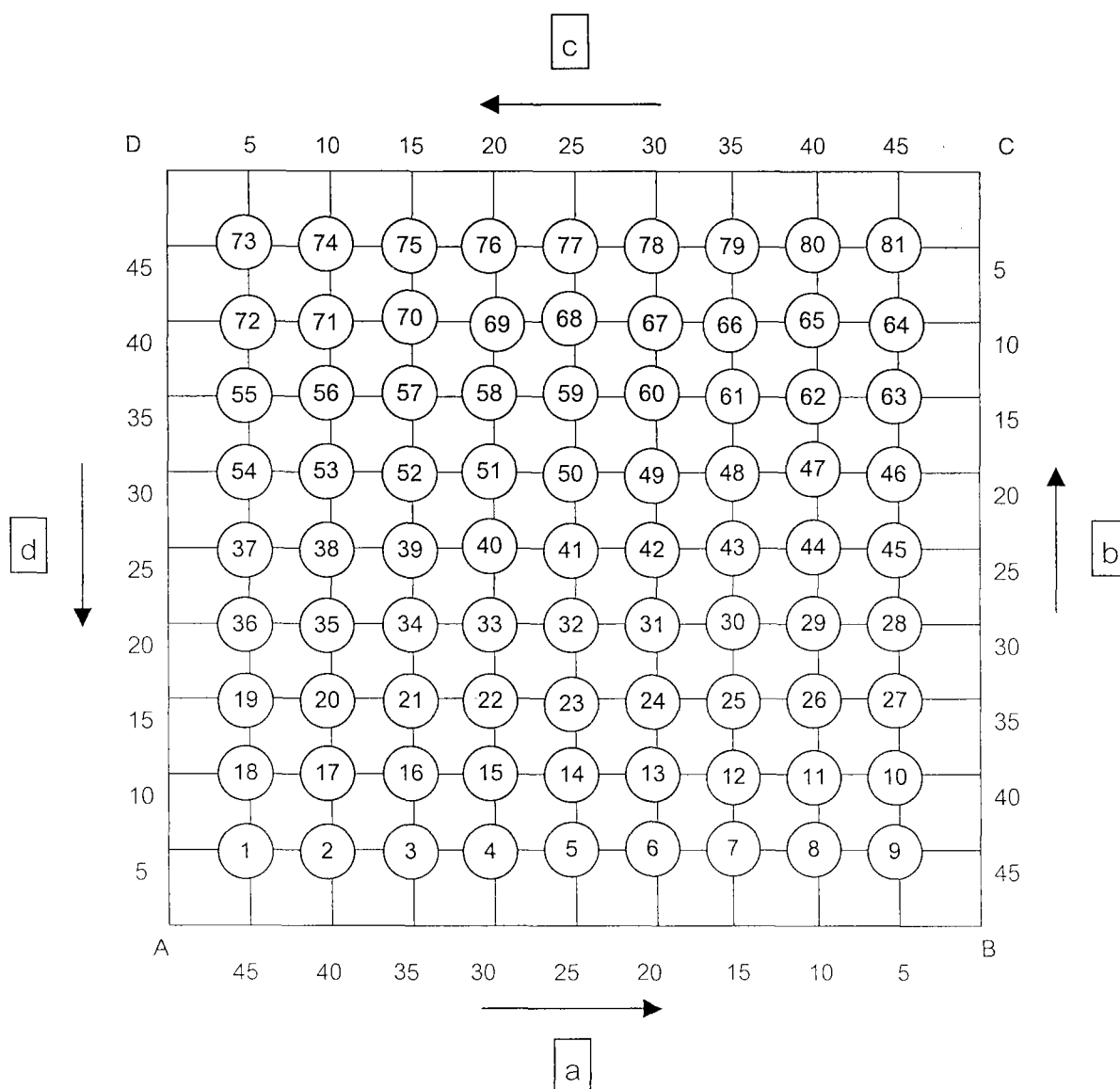
10.2 แบเรียมคาร์บอเนต มีสูตรเคมีคือ BaCO₃ มีสารประกอบของแบเรียมออกไซด์ (BaO) ร้อยละ 77.70 และคาร์บอเนต (CO₃) ร้อยละ 22.30 เมื่อผ่านการเผาแล้วจะเหลือแบเรียมออกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จะเป็นแก๊สสลายตัวไปหากนำไปผสมในเคลือบจะเป็นฟลักซ์ที่ดี ถ้าใช้ผสมกับเนื้อดินปั้นจะทำให้โปร่งแสงและเพิ่มความแข็งแรงในเนื้อดินปั้น (โกลด์ รัชย์ วงศ์, 2531 : 70) แบเรียมที่ใช้ผสมในเคลือบ จะใช้แบเรียมคาร์บอเนต ซึ่งเป็นแร่ที่เกิดตามธรรมชาติเรียกว่าวิกเทอร์ไลท์ (vigterlite) แต่แบเรียมคาร์บอเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะผลิตโดยการทำแร่แบเรียมออกไซด์ ให้เป็นแบเรียมซัลเฟต โดยการเผาแบบรีดักชัน แล้วจึงตกผลึกเป็นแบเรียมคาร์บอเนตด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ โดยผสมในน้ำเคลือบน้อยมาก เพราะทำให้เกิดปฏิกิริยาช้า ทนความร้อนสูง และมักทำให้เกิดเคลือบด้าน (ปริดา พิมพ์ขาว, 2530 : 16) แต่ถ้าใช้ผสมในเคลือบไฟสูง แบเรียมคาร์บอเนตจะทำปฏิกิริยาเป็นตัวลดจุดหลอมละลายที่ดี (สุรศักดิ์ โกสยพันธ์, 2531 : 8)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้แบเรียมคาร์บอเนตผสมในน้ำเพียงเล็กน้อย เพื่อจะได้ช่วยลดจุดหลอมละลายของเคลือบให้ต่ำลงเหมาะสมกับอุณหภูมิที่ใช้

11. สังกะสีออกไซด์ มีสูตรทางเคมีคือ ZnO เป็นออกไซด์ของสังกะสีออกไซด์ เมื่อผสมลงในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบเป็นเงาดีขึ้น ถ้าใช้ในปริมาณน้อยๆ จะทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมละลาย แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟ และทำให้เกิดทึบในเคลือบโดยมากใช้ในเคลือบฟลัก โดยใช้สังกะสีออกไซด์แทนแคลเซียมออกไซด์ด้วยซึ่งจะทำให้จุดสุกตัวของเคลือบต่ำลง นอกจากนี้ถ้าผสมเล็กน้อยในเคลือบจะทำให้การไหลตัวของเคลือบดีขึ้น ทำให้มีผิวเรียบ ถ้าใช้ในปริมาณมากและเผาในอุณหภูมิสูงจะเกิดการตกผลึก ถ้าผสมในเคลือบสีจะทำให้สีสดขึ้น ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สังกะสีออกไซด์กับเคลือบใส โดยใช้เคลือบสีเหลือง สีน้ำตาล และสีน้ำเงิน เป็นสังกะสีออกไซด์ที่พบจากแหล่งทั่วไป ที่มีขายตามท้องตลาดซึ่งมีคุณสมบัติไม่แตกต่างกัน

3. การกำหนดหาอัตราส่วนผสมของสีด้วยแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

การนำแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสมาใช้ในการกำหนดหาอัตราส่วนผสม โดยกำหนดวัตถุดิบที่มุมทั้งสี่ของแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส แล้วอ่านค่าเป็นอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบแต่ละจุด ในแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้นโดยห่างกันจุดละ 5 หน่วย วิธีการอ่านถ้าอัตราส่วนผสมแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสอ่านได้ดังนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสและวิธีการอ่านค่าอัตราส่วนผสม

กำหนดให้ A, B, C และ D เป็นวัตถุดิบ 4 ชนิด การอ่านค่าของวัตถุดิบให้อ่านตามทิศทางของหัวลูกศร

การอ่านค่าของวัตถุดิบ A ให้อ่านค่าที่ด้าน a

การอ่านค่าของวัตถุดิบ B ให้อ่านค่าที่ด้าน b

การอ่านค่าของวัตถุดิบ C ให้อ่านค่าที่ด้าน c

การอ่านค่าของวัตถุดิบ D ให้อ่านค่าที่ด้าน d

ค่าของวัตถุดิบทั้ง 4 ชนิด ที่อ่านได้จากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อรวมกันแล้วจะได้ค่าเท่ากับ 100 ซึ่งคิดเป็นน้ำหนักเมื่อนำวัตถุดิบไปชั่ง ตัวอย่างเช่น (Hopper. 1984 : 74 – 76)

จุดที่ 1 วัตถุดิบ A = 45

วัตถุดิบ B = 45

วัตถุดิบ C = 5

วัตถุดิบ D = 5

จุดที่ 45 วัตถุดิบ A = 5

วัตถุดิบ B = 25

วัตถุดิบ C = 45

วัตถุดิบ D = 25

จุดที่ 60 วัตถุดิบ A = 20

วัตถุดิบ B = 15

วัตถุดิบ C = 30

วัตถุดิบ D = 35

ผู้วิจัยใช้วัตถุดิบร้อยละ 5 – 45 ซึ่งแต่ละจุดมีระยะห่าง 5 หน่วย เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมทั้งหมดกลุ่มละ 81 จุด ด้วยแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

4. กรรมวิธีการเตรียมและขบวนการผลิตสี

บริฟลาย (Briefly) เป็นผู้หนึ่งที่ได้คลุกคลีอยู่กับงานด้านสีทางเซรามิกส์ ได้กล่าวถึงวิธีเตรียมไว้ดังนี้ อ้างจาก (สุรศักดิ์ โกสียพันธ์. 2534 : 20)

1. การผสมสารเข้าด้วยกัน (mixing) สารนั้นอาจจะเป็นออกไซด์ของสารที่ให้สี (coloring oxide) หลายตัว หรืออาจมีพวกเกลือของสารที่ทำให้สีเปลี่ยนไป (salt modifying agent) และอาจมีสารที่ลดอุณหภูมิในการเผาไหม้อยู่ด้วยก็ได้

2. การเผา (calcination) ที่อุณหภูมิเหมาะสม

3. การบดเปียก (wet grinding) และผ่านตะแกรงร่อน

4. การล้าง (washing) เพื่อเอาสารพวกที่ละลายน้ำได้และสิ่งเจือปน (impurity) อื่นๆออกไปจากสี

5. การทำให้แห้ง (drying)

6. การบดแห้ง (dry grinding)

ซึ่งจะได้อธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

การผสมสารเข้าด้วยกัน การผสมมักจะทำพร้อมไปกับการบด เพื่อให้สารผสมเข้ากันดียิ่งขึ้น ความละเอียดจากการบดมีอิทธิพลต่อปฏิกิริยาในการเผา วิธีที่จะใช้ในการบดผสมจึงเป็นสิ่งจำเป็น ในสมัยก่อนใช้วิธีการผสมออกไซด์แบบแห้งด้วยมือ ซึ่งวิธีนี้จะทำให้สารผสมเข้ากันได้ไม่ดีนัก การผสมสารต่างชนิดเข้าด้วยกันอย่างไม่ดีพอก็จะเป็นเหตุให้ได้สีที่ไม่ตรงตามต้องการ

การผสมอาจทำได้ 2 วิธี คือ

1. การผสมแห้ง (dry mixing)

2. การผสมเปียก (wet mixing)

วิธีที่ดีที่สุดในการบดผสมสารเกี่ยวกับการทำสีแล้วมักจะใช้วิธีการบดเปียก โดยปกติใช้หม้อบด (jar mill) ความละเอียดของสารเป็นสิ่งจำเป็นที่จะทำให้สารผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ และทำปฏิกิริยากันขณะเผาได้ง่ายขึ้นคือ ทำปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ และสีที่ได้ก็จะสม่ำเสมอ สารบางอย่างละลายน้ำง่าย แทนที่จะบดผสมแห้งซึ่งบดได้ลำบากก็นำมาบดเปียก ซึ่งจะบดได้ง่ายกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีดินปนอยู่ด้วยในส่วนผสมที่จะทำสีนั้น สีที่ได้หลังจากการบดล้างและเผาแล้วจะได้สีที่คงตัว หรือเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์นั่นเอง ด้วยเหตุนี้การบดผสมเปียกจะได้สีคงตัวเมื่อเผาแล้ว ซึ่งจะดีกว่าการผสมแบบแห้ง

ถึงแม้ว่าการบดแบบผสมเปียกจะดีกว่าการบดแบบผสมแห้งดังกล่าวก็ตาม แต่เมื่อบดแบบผสมเปียกแล้วต้องเอามาทำให้แห้งก่อนนำไปเผา เมื่อสารผสมแห้งแล้วพวกสารที่ละลายน้ำได้จะแยกตัวจับกันอยู่บนผิวหน้าของสารที่ผสมนั้น จึงจำเป็นจะต้องบดผสมให้เป็นผงคลุกเคล้าให้ทั่วอีกครั้งหนึ่งโดยการบดแบบผสมแห้ง แล้วบรรจุใส่ภาชนะที่ใช้ในการเผา ซึ่งเป็นภาชนะดินเผาที่มีฝาปิดที่เรียกว่า คูซิเบิล (cucible) เพื่อนำไปเผาต่อไป

การเผา ในขั้นนี้สีจะเริ่มปรากฏออกมาและจะสมบูรณ์ในที่สุด การเผาจะเหมือนกับการเผาสารทางเซรามิกส์ทั่วไป ซึ่งเมื่อสารผสมถูกเผา ณ อุณหภูมิหนึ่งก็จะทำปฏิกิริยากัน รวมตัวเข้าเป็นสารผสมชนิดใหม่และมีสีใหม่เกิดขึ้น การเผาจะทำให้เกิดปฏิกิริยา 2 อย่างคือ

1. การสลายตัว (decomposition) เมื่อสารผสมถูกเผาให้ร้อนขึ้น พวกแก๊สต่างๆ ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบพวกคาร์บอเนต (carbonates) ซัลเฟต (sulphates) จะระเหยออกมา ถ้ามีสีสารพวกนี้อยู่ เมื่อเอาไปใช้ก็จะทำให้เกิดฟองหรือจุดๆ ในผิวเคลือบได้

2. การรวมตัว (combination) สารพวกที่ให้สีและพวกที่ไม่ให้สีจะมีการรวมตัวกัน เมื่อแก๊สต่างๆ ระเหยไปหมดแล้วจะทำให้เกิดสีขึ้น

สีแต่ละสีย่อมมีช่วงอุณหภูมิในการเผาต่างกัน จึงต้องระมัดระวังความไม่คงที่ของสี (non-stable) เมื่อนำไปใช้ ซึ่งอาจจะเกิดจากการเผาที่อุณหภูมิไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่สมบูรณ์ ซึ่งเป็นเหตุให้ได้สีที่ไม่ดีพอและถ้าเผาที่อุณหภูมิสูงเกินจุดเหมาะสม สีก็จะเปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน

บรรยากาศภายในเตาขณะทำการเผาเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่ง ถ้าในส่วนผสมมีสารพวกคาร์บอนอยู่ บรรยากาศในการเผาควรมีอากาศมากเกินไป และใช้ความดันต่ำ เพื่อให้แก๊สสามารถระเหยออกมาได้สะดวกยิ่งขึ้น

การบด (grinding) สารผสมเมื่อผ่านการเผาแล้วจะจับตัวกันเป็นก้อน ฉะนั้นต้องนำไปบดเสียก่อนที่จะนำไปล้าง การบดในช่วงนี้นิยมใช้วิธีบดเปียก ส่วนมากจะบดด้วยหม้อบด ซึ่งสามารถบดได้เร็วและสะอาดกว่าใช้จานบด (pan grinding) หรือจะบดด้วยโกร่งก็ได้ แต่ผู้วิเศษแรกไม่ได้

การล้าง การล้างสีก็เพื่อให้พวกที่ละลายน้ำได้และสิ่งเจือปนอยู่กับวัตถุดิบละลายออกมา เพื่อให้ได้สีที่แน่นอนคงตัว ถ้าล้างไม่สะอาดพวกสารละลายและสิ่งเจือปนอื่นๆ จะมีผลทำให้เกิดเป็นฝ้ามัวบนผิวเคลือบหรือบนสีที่ตกแต่งไว้ สีที่ได้จากโครเมียมออกไซด์มีความไวต่อเรื่องนี้มาก จึงต้องล้างให้ดี

วิธีล้าง ทำได้โดยรินน้ำร้อน (จะใช้น้ำธรรมดาาก็ได้) ลงในภาชนะซึ่งมีสีที่บดแล้ว คนให้ทั่ว แล้วปล่อยให้สารสีตกตะกอนจนน้ำใส (ภาชนะควรจะเป็นถ้วยแก้ว) จะเห็นมีฝ้าลอยอยู่ที่ผิวน้ำ รินน้ำทิ้ง ทำเช่นนี้หลายๆครั้งจนเห็นว่าน้ำใสไม่มีฝ้าลอยที่ผิวน้ำ จึงนำไปอบแห้งต่อไป สีบางชนิดอาจต้องล้างด้วยกรดครั้งแรกทั้งนี้เพื่อทำการกำจัดสิ่งสกปรกได้ดีขึ้น โดยหยดกรดลงในน้ำที่มีสารสีอยู่ 2 - 3 หยด แล้วคนให้ทั่ว ปล่อยให้ทิ้งไว้จนน้ำใส แล้วเทออกต่อไปก็ล้างด้วยน้ำธรรมดาอีก จนกว่าน้ำจะใสไม่มีฝ้าจึงใช้ได้ การล้างหลายๆครั้งจะทำให้สีคงตัวดีขึ้น

การทำให้สีแห้ง สีที่ผ่านการล้างแล้วจะถูกทำให้แห้ง การทำให้แห้งนี้ควรให้แห้งอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิต่ำๆ เพื่อไม่ให้น้ำในสีเดือดขึ้นมา ถ้าให้ความร้อนเร็วเกินไปจะทำให้เกิดฟองอากาศในเนื้อสีแห้ง และถ้าใช้สีนั้นในการพิมพ์แล้วก็มักจะพบว่าน้ำมันที่ใช้ผสมสีจะผสมกันไม่ได้กับสีนั้น การทำให้สีแห้งอย่างช้าๆ เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตสีทางเซรามิกส์

การบดสีที่ล้างและผ่านการอบแห้งแล้วจะต้องนำไปบดให้ละเอียดด้วยหม้อบดหรือโกร่งอีกครั้งหนึ่ง ความละเอียดของสีเป็นสิ่งที่จำเป็นที่สุด ในการเตรียมถ้าสีไม่ละเอียด เมื่อนำมาใช้ตกแต่งภาชนะแล้วจะทำให้ผิวที่ตกแต่งไม่เรียบและสวยงามเท่าที่ควร การบดในขั้นสุดท้ายนี้ใช้วิธีการบดแห้ง สีที่เตรียมนี้เรียกว่าสีสำเร็จรูป

กระบวนการผลิตสีสแตนหรือสีสำเร็จรูป

การผลิตจะต้องทำอย่างพิถีพิถัน และต้องมีการควบคุมอย่างดีทุกขั้นตอน ในการผลิตประกอบด้วย

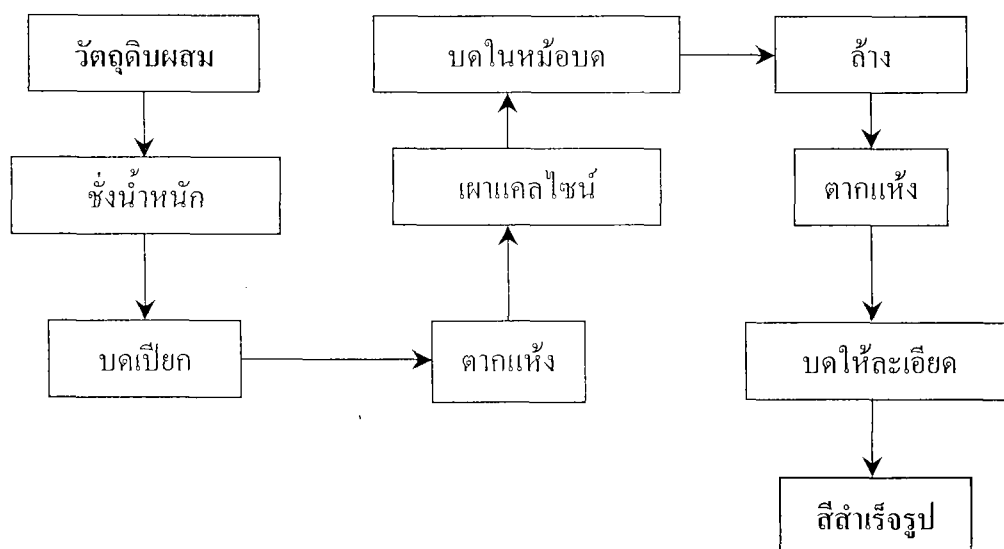
1. วัตถุดิบ วัตถุดิบทุกอย่างควรรู้ความบริสุทธิ์ จะต้องรู้ว่าเป็นออกไซด์คาร์บอนเนต หรือเกลืออื่นๆ ของอนุมูลที่ต้องการ บางกรณีอาจใช้แร่จากธรรมชาติ นอกจากส่วนผสมประกอบเคมีแล้ว สิ่ง

สำคัญที่ต้องรู้ต่อมา คือ สมบัติทางฟิสิกส์ เป็นต้นว่า ลักษณะและขนาดของผลึก และการกระจายขนาดของอนุภาค

2. การผสม วัตถุดิบทั้งหลายจะต้องผสมกันเป็นอย่างดี โดยอาศัยเครื่องบด การบดผสมควรใช้วิธีบดเปียก แต่บางกรณีการบดแห้งก็ใช้ได้

3. การเผา เมื่อวัตถุดิบผสมกันดีแล้วนำมาเผา หรือหลอมให้เกิดปฏิกิริยาจะได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ปฏิกิริยาอาจเกิดระหว่างของแข็งในขณะที่ยังไม่ถึงจุดหลอมตัวของวัตถุดิบและบางครั้งปฏิกิริยาจะเกิดได้ดีขึ้น มีวัตถุดิบที่ช่วยหลอมละลายบ่อยครั้งที่ผู้ผลิตจะผสมบอแรกซ์เพื่อให้เกิดการหลอมเหลว ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น เมื่อเผาเรียบร้อยแล้วถ้าเอาสิ่งสกปรกทิ้งไป อุณหภูมิในการเผาต้องควบคุมให้แน่นอน เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำไปปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ และถ้ามีอุณหภูมิสูงไปทำให้สีจางหาย ในบางกรณีจะต้องควบคุมบรรยากาศ

4. การบดและการควบคุมขนาดสีสเดน สีสเดนเมื่อเผาเรียบร้อยแล้วจะนำมาบดในหม้อบดการล้าง เมื่อสีสเดนผ่านการบดขั้นสุดท้าย จะต้องล้างให้สะอาดหรือขจัดพวกเกลือที่ละลายในน้ำได้ เพราะถ้ามีเกลือนี้หลงเหลืออยู่ มันจะลอยตัวขึ้นมาบนผิวเคลือบทำให้เกิดเคลือบเป็นรูพรุน ซึ่งจะแสดงกรรมวิธีการผลิตสีสเดนดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงกระบวนการผลิตสีสเดนหรือสีสำเร็จรูป

ประเภทของสีสำเร็จรูป สามารถแยกได้ ตามลักษณะส่วนประกอบตามสูตรเป็น 4 ประเภทคือ

6. สภาพการณ์ผลิตและการใช้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

อุตสาหกรรมเซรามิกส์โดยทั่วไปขึ้นพื้นฐาน เมื่อพิจารณาจากในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ระหว่างปี พ.ศ. 2528 – พ.ศ.2533 มีอัตราการขยายตัวที่มีแนวโน้มสูงขึ้น ในด้านการผลิต และมูลค่าเพิ่มของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเซรามิกส์ เช่น ดินขาว ดินเหนียว ทรายแก้ว หินฟันม้า หินปูน หินทนไฟ และอื่นๆ สูงมากขึ้น ดังตาราง 6 การคาดการณ์ การปรับปรุงคุณภาพ และการควบคุมคุณภาพได้ให้ความสำคัญในการทำเหมืองและการแต่งแร่มากขึ้น ต่างประเทศเริ่มหันมาสนใจในการลงทุนทำภาคการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และการผลิตวัตถุดิบเพื่อป้อนโรงงานมากขึ้น ในประเทศไทยการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกส์เมื่อปี พ.ศ. 2536 – พ.ศ. 2540 มีแนวโน้มสูงขึ้นดังตาราง 7 ส่งผลให้มีการใช้วัตถุดิบในการผลิตเซรามิกส์ในปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งวัตถุดิบที่สำคัญต่อการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์คือ สารประกอบที่ให้สีหรือสีสำเร็จรูปจึงมีความต้องการใช้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

ตาราง 6 ปริมาณการใช้แร่ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ปี 2536 – 2540

หน่วย : ตัน

วัตถุดิบ	ปี 2536	ปี 2537	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2540
ดินขาว	414,000	455,400	478,200	502,100	552,300
ดินเหนียว	270,000	297,000	311,800	327,400	360,100
ดินแดง	129,000	141,900	149,000	156,400	172,100
โซเดียมเฟลสปาร์	403,000	443,300	465,500	488,800	537,600
โพแทสเซียมเฟลสปาร์	45,000	49,500	52,000	54,600	60,000
ทรายแก้ว	65,000	71,500	75,100	78,900	86,700
หินปูน	27,000	29,700	31,200	32,800	36,000
รวม	1,353,000	1,488,300	1,562,800	1,641,000	1,804,800

ที่มา : ลดาวัลย์ โชติมงคล. 2540 : 81

ตาราง 7 กำลังการผลิตของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในประเทศไทย ปี 2536 – 2540

หน่วย : ตัน

ผลิตภัณฑ์	ปี 2536	ปี 2537	ปี 2538	ปี 2539	ปี 2540
กระเบื้องโมเสก	167,000	267,000	167,000	167,000	147,000
กระเบื้องปูพื้น	900,000	990,000	1,138,000	1,251,800	1,439,600
กระเบื้องปิดผนัง	248,000	248,000	272,800	300,000	330,000
เครื่องสุขภัณฑ์	113,000	119,000	125,000	131,200	144,300
เครื่องใช้บนโต๊ะ	96,000	96,000	100,800	108,800	119,700
วัตถุดิบไฟ	133,000	133,000	139,600	146,600	153,900
อุปกรณ์ไฟฟ้า	11,000	11,000	12,100	13,300	44,600
รวม	1,668,000	1,864,000	1,955,300	2,118,700	2,379,100

ที่มา : สดาวัลย์ โชติมงคล. 2540 : 81

ตาราง 8 สรุป ค่าการณั สถานภาพของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ในช่วงปี พ.ศ. 2539 - 2543

สถานภาพ	ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	เซรามิกส์ขั้นสูง
วัตถุดิบ	ปริมาณในประเทศ ร้อยละ 90 ปริมาณนำเข้า ร้อยละ 10 คุณภาพได้มาตรฐานสามารถส่งออกได้	ปริมาณในประเทศ ปริมาณนำเข้า ร้อยละ 100 สามารถผลิตวัตถุดิบได้บางส่วน เช่น BaO, ZrO
กระบวนการผลิต	มีขีดความสามารถในเทคโนโลยี การผลิตเทียบเท่าต่างประเทศ ตามติดเทคโนโลยีต่างประเทศได้	ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตโดยใช้วัตถุดิบภายในประเทศและวัตถุดิบที่ผลิตได้เองเพียงบางส่วน เทคโนโลยีต่างประเทศร้อยละ 80
ผลิตภัณฑ์	มีคุณภาพเทียบเท่าต่างประเทศ มีกำลังการผลิตรวม 15 ล้านตัน	การร่วมลงทุนระหว่างประเทศ เช่น อิเล็กทริกเซรามิกส์, ไบโอเซรามิกส์

ตาราง 8 (ต่อ)

สถานภาพ	ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	เซรามิกส์ขั้นสูง
เครื่องมือและอุปกรณ์	อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ นำเข้า เป็นมูลค่าร้อยละ 50 อุตสาหกรรมขนาดกลางนำเข้า เป็นมูลค่าร้อยละ 30 อุตสาหกรรมขนาดเล็ก คัดแปลง เลียนแบบ สร้างเองในประเทศ	อุตสาหกรรมในประเทศนำเข้าเป็นมูลค่า ร้อยละ 80 เริ่มส่งออก ร้อยละ 20
ตลาด	ส่งออกมูลค่ากว่า 10,000 ล้านบาท/ปี	การนำเข้าลดลงและเริ่มส่งออก
บุคลากร	ความต้องการบุคลากรที่มีความรู้ ความสามารถบางส่วน	ต้องการบุคลากรที่มีความรู้ ความ สามารถเพิ่มมากขึ้น

ที่มา : สด้าวัลย์ โชติมงคล. 2540 : 83

ตาราง 9 แสดงการส่งออกผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ของประเทศไทย

ปริมาณ : เมตริกตัน มูลค่า : ล้านบาท

รายการ	ปี 2537		ปี 2538		ปี 2539 (ม.ค. – มิ.ย.)	
	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์	-	7,439.9	-	7,768.5	-	3,464.2
กระเบื้องปูพื้นปัดผนังและ						
โมเสก (ตัน) (1000 ตร.ม.)	15,609	947.3	13,521	948.2	3,133	358.0
เครื่องสุขภัณฑ์	42,625	1,598.0	43,064	1,709.1	17,930	777.0
ถ้วยชาม	48,190	2,659.2	46,405	2,816.8	18,394	1,260.6
ลูกถ้วยไฟฟ้า	1,207	168.1	1,852	405.5	283	151.5
ของชำร่วยและเครื่องประดับ	32,877	2,067.3	31,087	1,889.0	17,775	923.1

ที่มา : มนตรี แท่งทองคำ. 2540 : 84

ตาราง 10 แสดงอัตราการขยายตัวของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ : ร้อยละ

รายการ	ปี 2537	ปี 2538	ปี 2539
1. กระเบื้องปูพื้น ปิคนิค และ โมเสก	6.6	0.1	-35.4
2. เครื่องสุขภัณฑ์	17.2	7.0	-9.2
3. ถ้วยชาม	11.8	5.9	-0.3
4. ลูกถ้วยไฟฟ้า	514.6	141.2	-18.4
5. ของชำร่วยและเครื่องประดับ	19.6	-8.6	-4.3

ที่มา : อาภัสรา วังวิวัฒน์. 2540 : 85

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต แบ่งออกเป็นวัตถุดิบที่ใช้ทำเนื้อผลิตภัณฑ์ได้แก่ ดินขาว ดินดำ หรือดินเหนียว ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ทำเซรามิกส์ และมีวัตถุดิบอื่นๆ ที่ผสมทำเคลือบ ที่สำคัญได้แก่ หินฟันม้า หินปูน ทัลค์ หินเจียวหนุมาน และวัตถุดิบที่เป็นสารเคมีต่างๆ เพื่อให้เกิดสี เช่น โคบอลต์ออกไซด์ คอปเปอร์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ โครมออกไซด์ และอื่นๆ วัตถุดิบส่วนใหญ่ที่ใช้ทำเคลือบและสีดังกล่าว ซื้อจากตัวแทนจำหน่ายในประเทศ ซึ่งสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ มีราคาแตกต่างกัน เช่น สารเคมีจากจีนถูกกว่าญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และประเทศในยุโรป ได้มีการสำรวจราคาวัตถุดิบเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมาในจังหวัดลำปางและเชียงใหม่ พบว่า ต้นทุนการผลิตเซรามิกส์ในด้านวัตถุดิบนั้นสีที่ใช้ตกแต่งมีราคาแพงกว่าวัตถุดิบอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ทั้งหมด ดังตาราง 11 และ 12

จากตาราง 12 เมื่อคิดเป็นมูลค่าของวัตถุดิบแล้วปรากฏว่าค่าใช้จ่ายวัตถุดิบประเภทสารเคมีเพื่อใช้ทำสีมีจำนวนมากที่สุดเฉลี่ยเดือนละ 45,000 บาท หรือร้อยละ 32.6 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ดินเหนียวเฉลี่ยเดือนละ 35,750 บาท หรือเฉลี่ยร้อยละ 25.9 ดินขาวเฉลี่ยเดือนละ 22,200 บาท หรือร้อยละ 16.1 จะเห็นได้ว่า วัตถุดิบประเภทสารเคมีที่ใช้ทำสีมีราคาแพง เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตเซรามิกส์สูงขึ้น

ตาราง 11 ปริมาณมูลค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของโรงงานในจังหวัดลำปาง
เฉลี่ยต่อเดือน

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เฉลี่ย ตัน/โรงงาน/เดือน		ราคาเฉลี่ย (บาท/หน่วย)	มูลค่าวัตถุดิบที่ใช้เฉลี่ย บาท/โรงงาน/เดือน	
	ปริมาณ	ร้อยละของ ปริมาณการใช้ ทั้งหมด		มูลค่า (บาท)	ร้อยละของมูลค่า ที่ใช้ทั้งหมด
ดินขาว	43.2	63.2	110/ตัน	4,752	11.0
ดินเหนียว	3.5	5.2	270/ตัน	945	2.2
ดินทนไฟ	17.4	25.4	165/ตัน	2,871	6.6
ปูนพลาสเตอร์	1.3	2.0	1,800/ตัน	2,340	5.4
หินฟันม้า	1.9	2.8	2,100/ตัน	3,990	9.2
หินหินเขียวหนุมาน	0.3	0.4	0.50/กก.	150	0.3
มกษปุ่น	0.4	0.6	0.70/กก.	280	0.6
อื่น ๆ (สารเคมีที่ใช้ ผสมเคลือบ)	0.5	0.4	-	240	0.6
สารเคมีที่ใช้ผสมสี	58.2	0.01	-	27,740	64.1
สีน้ำเงิน	8.5	0.002	1,200/กก.	10,200	23.5
สีชมพู	13.7	0.002	225/กก.	3,003	7.1
สีเขียว	11.5	0.002	120/กก.	1,380	3.2
สีเหลือง	11.0	0.002	625/กก.	6,875	16.0
สีน้ำตาล	13.5	0.002	460/กก.	6,210	14.3
รวม	68.4	100.00	-	43,316	100.00

ที่มา : กาญจนะ แก้วกำเนิด. 2530 : 6

ตาราง 12 ปริมาณมูลค่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเครื่องปั้นดินเผาของโรงงานในจังหวัดเชียงใหม่
เฉลี่ยต่อเดือน

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบที่ใช้เฉลี่ย ตัน/โรงงาน/เดือน		ราคาเฉลี่ย (บาท/หน่วย)	มูลค่าวัตถุดิบที่ใช้เฉลี่ย บาท/โรงงาน/เดือน	
	ปริมาณ	ร้อยละของ ปริมาณการใช้ ทั้งหมด		มูลค่า (บาท)	ร้อยละของมูลค่า ที่ใช้ทั้งหมด
ดินดำ	130	73.0	275/ตัน	35,750	25.9
ดินขาว	24	13.6	926/ตัน	22,200	16.1
ปูนพลาสเตอร์	10	5.7	1,008/ตัน	13,000	13.1
ดินหนานา	5	2.8	250/ตัน	1,250	0.9
ขี้เถ้าไม้	1.4	0.8	4.50/กก.	6,300	4.6
หินฟันม้า	4	2.3	2,100/ตัน	8,400	6.1
หินเขียวหนุมาน	1	0.6	0.50/กก.	500	0.4
หินปูน	0.4	0.2	0.70/กก.	280	0.2
อื่นๆ	0.4	0.2	-	210	0.1
สารเคมีที่ใช้ทำสี	0.05	0.03	-	45,000	32.6
รวม	176.25	100.00	-	137,890	100.0

ที่มา : กาญจนะ แก้วคำเน็ด. 2530 : 19

6. ความคงทนของสีต่ออุณหภูมิ

ความคงทนของสีต่ออุณหภูมิคือสารที่ให้สีแต่ละกลุ่มมีความทนความร้อนแตกต่างกัน ซึ่งจะแบ่งออกได้ดังนี้คือ กลุ่มสีทนต่ออุณหภูมิในการเผาประเภทสีในเคลือบ บนเคลือบและได้เคลือบ

6.1 กลุ่มสีที่มีความคงทนของสีในเคลือบ มีดังนี้คือ

6.1.1 กลุ่มสีที่มีความคงทนต่ออุณหภูมิ 1000 – 1500 องศาเซลเซียส ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มสีต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มสีแดง ประกอบด้วย ออกไซด์ของแมงกานีส และอลูมินา จะทนความร้อนได้ 1,400 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ทำปฏิกิริยากับดีบุกออกไซด์ออกไซด์ทนความร้อนได้ 1,350 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์ทนความร้อน 1,100 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีส้มและสีน้ำตาล ประกอบด้วย เหล็กออกไซด์ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 1,100 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีเหลือง ประกอบด้วย สารกลุ่มไททาเนียม ทนความร้อน 1,400 องศาเซลเซียส สารพวกอลูมินา โครมออกไซด์ ไททาเนียม ตะกั่ว ทำปฏิกิริยา หลอมที่ 1,280 องศาเซลเซียส

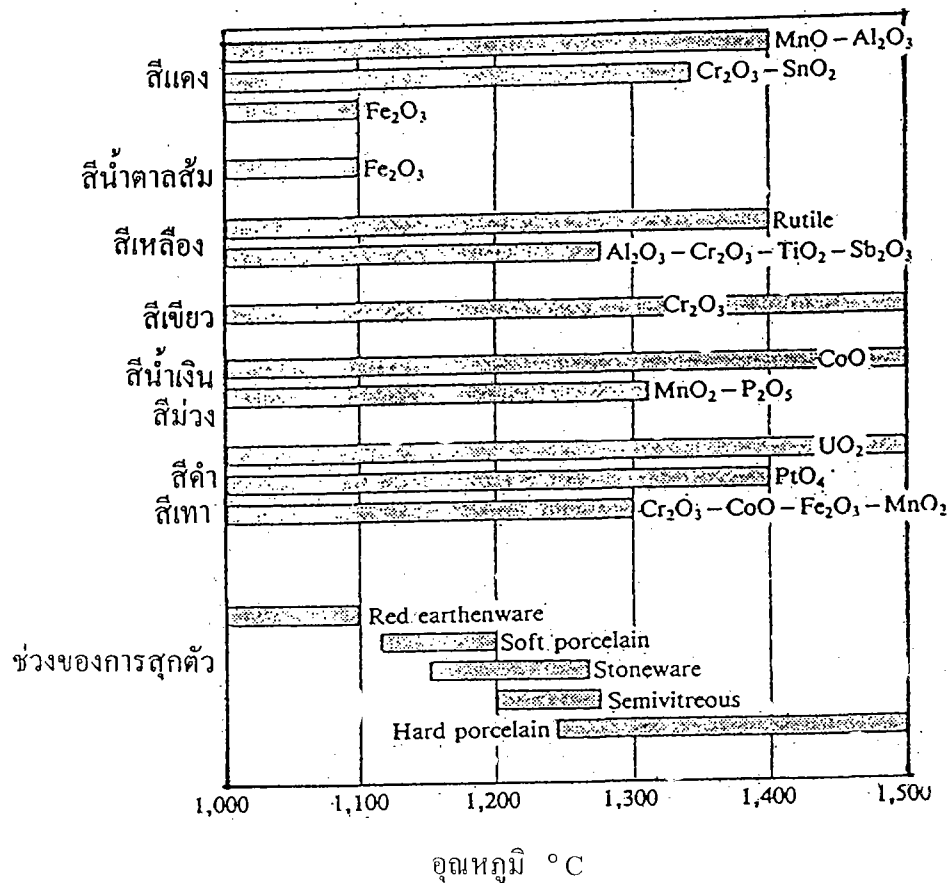
กลุ่มสีเขียว ประกอบด้วย โครมออกไซด์ทำปฏิกิริยาทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีน้ำเงิน ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ทำปฏิกิริยาทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีม่วงแดง ได้จากสารพวกแมงกานีสออกไซด์สีดำทำปฏิกิริยากันกับฟอสฟอรัสเพนตะออกไซด์ทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิ 1,315 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีแดงและสีเทา ประกอบด้วย ยูเรเนียมไดออกไซด์ ทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส แพททินัมเตตระออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,400 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ โคบอลต์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ทำปฏิกิริยากันทนความร้อน 1,300 องศาเซลเซียส

กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับสีเพื่อให้การสุกตัว ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์สีแดงของเอิร์ธเทนแวร์ ทนความร้อนได้ 1,100 องศาเซลเซียส ซอฟท์ปอร์สเลนทนความร้อน 1,120 – 1,200 องศาเซลเซียส สโตนแวร์ 1,150 – 1,180 องศาเซลเซียส เซมิวิตเรียมทนความร้อน 1,200 – 1,290 องศาเซลเซียส ฮาร์ดปอร์สเลนทนความร้อน 1,250 – 1,500 องศาเซลเซียส ซึ่งจะศึกษาได้จากภาพประกอบ 10



ช่วงอุณหภูมิเสถียรสำหรับสีในเคลือบ

ภาพประกอบ 10 ความคงทนของสีในเคลือบต่ออุณหภูมิ 1,000-1,500 องศาเซลเซียส

(ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 245)

6.1.2 กลุ่มสีที่มีความคงทนต่ออุณหภูมิ 900 – 1,500 องศาเซลเซียสซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มสีต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มสีแดง ประกอบด้วยแคลเซียมซัลเฟตกับซีเลนนัมซัลเฟต ทนความร้อน 945 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ กับดีบุกออกไซด์ออกไซด์ทนความร้อน 1,350 องศาเซลเซียส ยูเรเนียมออกไซด์ทนความร้อนได้ 1,155 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีส้ม ประกอบด้วย ยูเรเนียมออกไซด์ ทนความร้อน 1,155 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์ทนความร้อน 1,130 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีเหลือง ประกอบด้วย เหล็กออกไซด์กับไททานเนียมออกไซด์ทนความร้อน 1,300 องศาเซลเซียส พลวงกับตะกั่วเหลืองทนความร้อนได้ถึง 1,220 องศาเซลเซียส วานาเดียมออกไซด์

กับคิบุคออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,350 องศาเซลเซียส

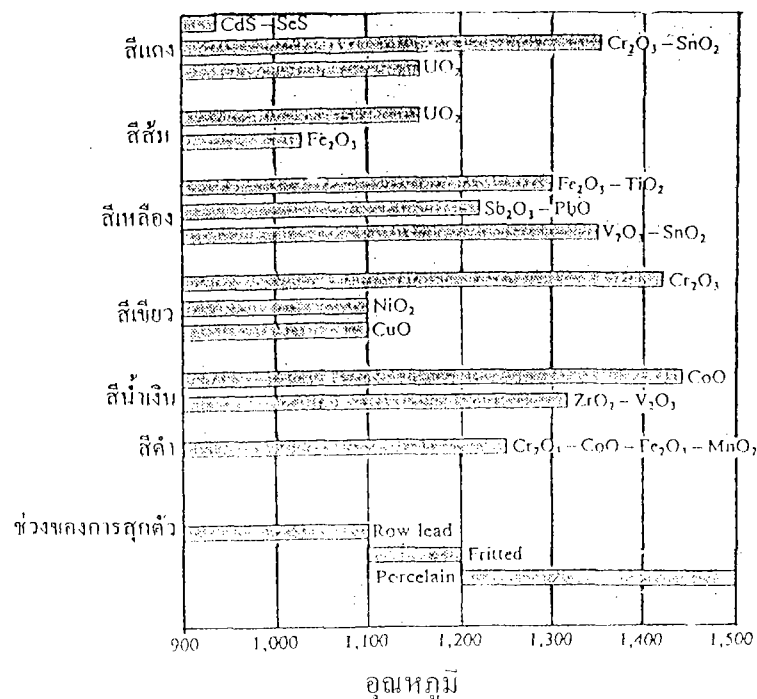
กลุ่มสีเขียว ประกอบด้วย โครมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,410 องศาเซลเซียส นิกเกิลออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส คอปเปอร์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีน้ำเงิน ประกอบด้วย เซอโคโรเนียมออกไซด์และวานาเดียมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,310 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีดำ ประกอบด้วย โครมออกไซด์ โคบอลต์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ แมงกานีสออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,250 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีเคลือบที่ใช้เคลือบ ประกอบด้วย เคลือบตะกั่วไฟดำทนความร้อนได้ถึง 900 - 1,110 องศาเซลเซียส เคลือบฟริตทนความร้อนได้ 1,100 - 1200 องศาเซลเซียส เคลือบพอร์สเลนทนความร้อนได้ 1,200 - 1500 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีน้ำเงิน ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 960 องศาเซลเซียสกับโครมออกไซด์กับวานาเดียมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 900 องศาเซลเซียส ซึ่งจะศึกษาได้ดังภาพประกอบ 11



ช่วงอุณหภูมิเสถียรสำหรับสีในเคลือบ

ภาพประกอบ 11 ความคงทนของสีในเคลือบต่ออุณหภูมิ 900 - 1,500 องศาเซลเซียส

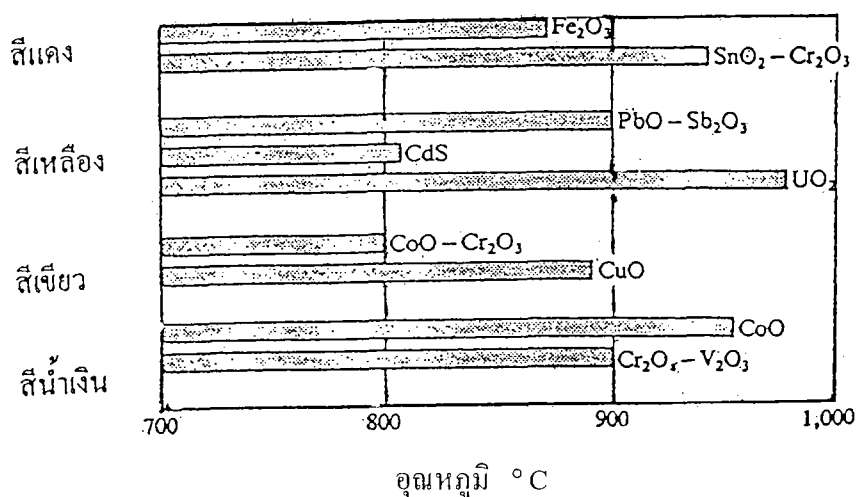
(ปรีดา พิมพ์ขาวจำ. 2535 : 245)

6.2 กลุ่มสีที่มีความทนความร้อนของสีบนเคลือบต่ออุณหภูมิ 700 – 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มสีต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มสีแดง ประกอบด้วย เหล็กออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 875 องศาเซลเซียส ดีบุกออกไซด์กับโครมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 940 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีเหลือง ประกอบด้วย ตะกั่วและพลวงทนความร้อนได้ถึง 900 องศาเซลเซียส แคดเมียมซัลเฟตทนความร้อนได้ถึง 805 องศาเซลเซียส ยูเรเนียมออกไซด์ ทนความร้อนได้ถึง 975 องศาเซลเซียส

กลุ่มสีเขียว ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์กับโครมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 800 องศาเซลเซียส คอปเปอร์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 890 องศาเซลเซียส ซึ่งจะศึกษาได้จากภาพประกอบ 12



ช่วงอุณหภูมิเสถียรสำหรับสีบนเคลือบ

ภาพประกอบ 12 ความทนของสีบนเคลือบต่ออุณหภูมิ 700 – 1,000 องศาเซลเซียส
(ปรีดา พิมพ์ขาวบำ. 2539 : 295)

6.3 กลุ่มสีที่มีความทนของสีได้เคลือบต่ออุณหภูมิ 1,000 – 1,500 องศาเซลเซียสซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มสีต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มสีแดง ประกอบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ กับโคบอลต์ออกไซด์ ทนความร้อนได้ถึง

1,500 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์กับ ดิบบุกออกไซด์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,300 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์และอลูมินาทนความร้อนได้ถึง 1,400 องศาเซลเซียส ทองทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส และยูเรเนียม ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส

กลุ่มสี่สาม ประกอบด้วย เหล็กออกไซด์กับไททาเนียมทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์กับเหล็กออกไซด์ สังกะสีออกไซด์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ไททาเนียมและสังกะสีออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,350 องศาเซลเซียส

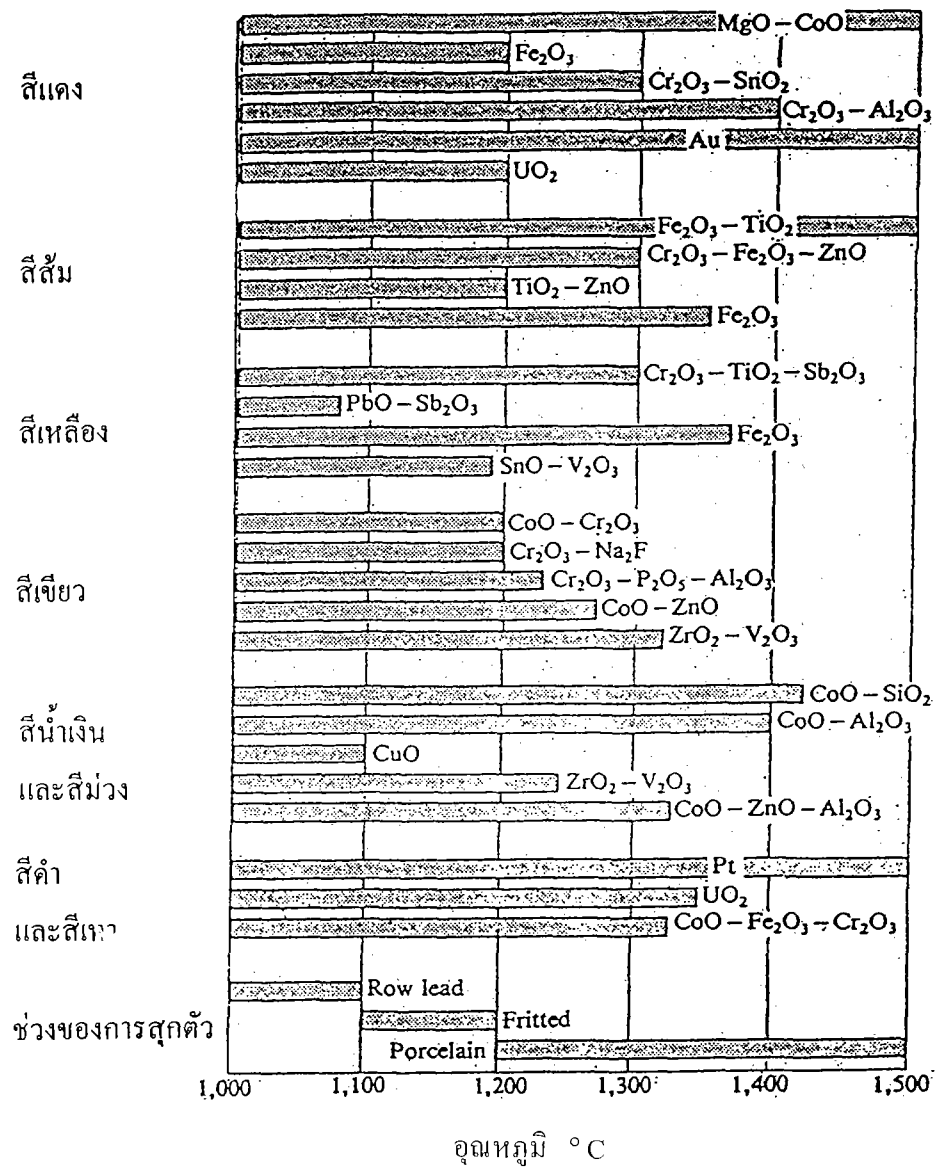
กลุ่มสี่เหลือง ประกอบด้วย โครมออกไซด์ ไททาเนียม พลวง ทนความร้อนได้ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ตะกั่วเหลือง พลวง ทนความร้อนได้ถึง 1,075 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,190 องศาเซลเซียส

กลุ่มสี่เขียว ประกอบด้วย โคบอลต์ออกไซด์ โครมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ โซเดียมฟลูออไรด์ทนความร้อนได้ถึง 1,200 องศาเซลเซียส โครมออกไซด์ ฟอสฟอรัสและออกไซด์ อลูมินาทนความร้อนได้ถึง 1,230 องศาเซลเซียส โคบอลต์ออกไซด์กับสังกะสีออกไซด์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,275 องศาเซลเซียส เซอร์โคเนียมกับวานาเดียมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,320 องศาเซลเซียส

กลุ่มสี่น้ำเงินและสีม่วงแดง ประกอบด้วยโคบอลต์ออกไซด์กับซิลิกาทนความร้อนได้ถึง 1,420 องศาเซลเซียส โคบอลต์ออกไซด์กับอลูมินาทนความร้อนได้ถึง 1,400 องศาเซลเซียส คอปเปอร์ออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,100 องศาเซลเซียส เซอร์โคเนียมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,240 องศาเซลเซียส โคบอลต์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ อลูมินา ทนความร้อนได้ถึง 1,320 องศาเซลเซียส

กลุ่มสี่ดำและสีเทา ประกอบด้วย แพลททินัมทนความร้อนได้ถึง 1,500 องศาเซลเซียส ยูเรเนียมออกไซด์ ทนความร้อนได้ถึง 1,350 องศาเซลเซียส โคบอลต์ออกไซด์ เหล็กออกไซด์ และโครมออกไซด์ทนความร้อนได้ถึง 1,320 องศาเซลเซียส

กลุ่มเคลือบที่ใช้เคลือบสีได้เคลือบ ประกอบด้วย เคลือบตะกั่วไฟฟ้า ทนความร้อนได้ 1,000 – 1,100 องศาเซลเซียส เคลือบฟริต ทนความร้อนได้ 1,100 – 1,200 องศาเซลเซียส เคลือบปอร์สเลนทนความร้อนได้ 1200 - 1,500 องศาเซลเซียส จะศึกษาได้จากภาพประกอบ 13



ช่วงอุณหภูมิเสถียรสำหรับสีได้เคลือบ

ภาพประกอบ 13 ความคงทนของสีได้เคลือบต่ออุณหภูมิ 1,000 - 1,500 องศาเซลเซียส
(ปรัดดา พิมพ์ขาวจำ. 2539 : 296)

จากภาพประกอบ 10, 11, 12 และ 13 แสดงให้เห็นถึง สีที่เกิดขึ้นตั้งแต่ในเคลือบ บนเคลือบ และได้เคลือบ อุณหภูมิต่างกันทำให้สีต่างกัน สารผสมต่างกันทำให้อุณหภูมิต่างกัน และทำให้สีต่างกัน สารตัวเดียวกันแต่ถ้าอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้สีเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน ดังนั้นอุณหภูมิมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีและสารที่ผสมในแต่ละตัว ซึ่งผู้วิจัยต้องคำนึงถึง

8. คุณสมบัติของสีได้เคลือบ

คุณสมบัติของสีได้เคลือบมีดังนี้คือ (Singer. 1960 : 606 - 609)

1. การละลายในเคลือบ วัตถุประสงค์ผสมในเคลือบเมื่อเผาแล้วจะทำให้สีเกิดขึ้นและละลายในเคลือบ แต่สีได้เคลือบจะเป็นสารที่สีที่ไม่ละลายในเคลือบ เคลือบส่วนใหญ่มีคุณสมบัติเป็นค่า ถ้าวัตถุดิบที่ให้สีมีคุณสมบัติเป็นกรดก็จะละลายในเคลือบ เพราะเคลือบมีสารประกอบซิลิกา ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด เมื่อเผารวมตัวกันจะทำให้ละลายในเคลือบได้ ดังนั้นวัตถุดิบที่ไม่ละลายในเคลือบคือ พวกที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง จึงใช้วัตถุดิบพวกนี้ทำสีได้เคลือบเพื่อป้องกันการละลายในเคลือบ

2. สีที่เกิดขึ้น เป็นผลของสารให้สีที่ทำปฏิกิริยากับสารประกอบพวกอลูมิเนียม บอแรก และซิลิเกต เกิดขึ้นหลังจากการเผาบรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน ตามแต่การทำปฏิกิริยากันของกลุ่มสีจะให้สีกลุ่มต่างๆ เช่น กลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง กลุ่มสีน้ำเงิน และกลุ่มสีอื่นๆ

3. ความเข้มของสี สีได้เคลือบจะต้องเข้มของสีอยู่ในระดับที่เข้มจนถึงระดับที่อ่อนขึ้นอยู่กับการเผาและออกไซด์ที่ใช้และปริมาณของวัตถุดิบ ตลอดจนบรรยากาศการเผา

4. ความสดใสของสี เป็นลักษณะของสีมีความสดใสไม่ขุ่นมัว จะมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ สีที่เหมาะสมสำหรับสีสำเร็จรูปได้เคลือบจะต้องมีความสดใสของสีจึงจะเป็นสีที่ดี

5. ความทนความร้อนและการคงสภาพของสี เป็นลักษณะของสีเมื่อนำไปเผาสามารถที่จะทนความร้อนได้โดยสีอยู่ในสภาพเดิมไม่เปลี่ยนสภาพ หรือทำให้สีผิดไปจากเดิมเมื่อได้รับความร้อน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการทดลอง

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ (laboratory experiment) เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมกับเซรามิกส์ มีขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัยทดลอง
2. ตัวแปรที่จะศึกษา
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. การดำเนินการวิจัย
5. สถานที่และระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

1. วัสดุที่ใช้ทดลอง ประกอบด้วยวัสดุดังนี้คือ

1.1 วัสดุที่ใช้ทำสีเขียวและสีชมพู

- 1.1.1 โพลีเอสเตอร์โครเมต
- 1.1.2 หินเขียวหุนมาน
- 1.1.3 ดินขาวออกไซด์
- 1.1.4 หินปูน
- 1.1.5 บอแรกซ์

1.2 วัสดุที่ใช้ทำสีน้ำตาลและสีเหลือง

- 1.2.1 เหล็กออกไซด์
- 1.2.2 อลูมินา
- 1.2.3 ดินขาวลำปาง
- 1.2.4 หินเขียวหุนมาน
- 1.2.5 โครมออกไซด์

1.3 วัสดุที่ใช้ทำสีน้ำเงิน

- 1.3.1 โคบอลต์ออกไซด์
- 1.3.2 ดินขาวลำปาง
- 1.3.3 หินเขียวหุนมาน

1.3.4 อลูมินา

1.3.5 โครมออกไซด์

2. ตัวแปรที่จะศึกษา ในการที่จะทำการทดลองวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรดังนี้

2.1 ตัวแปรต้นได้แก่

2.1.1 อัตราส่วนผสมของสีที่ใช้ทดลองจากการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ตารางสีเหลืองจัตุรัสเป็นตัวกำหนดกลุ่มตัวอย่าง อย่างมีระบบห่างกันจุดละ 5 หน่วย บนแผนภาพสีเหลืองจัตุรัสได้จำนวน 81 จุด แต่ละจุดประกอบด้วยส่วนผสม 4 ชนิด รวมกันแต่ละจุดมีค่าเท่ากับ 100 หน่วย โดยแต่ละจุดมีอัตราส่วนตามภาพประกอบ 16, 17 และ 18

ตารางแสดงอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ใช้ทำสีเขียนได้เคลือบ แต่ละจุดอ่านได้จากแผนภาพสีเหลืองจัตุรัสจะได้สูตรของสีทั้งหมด 81 x 3 กลุ่มสี เท่ากับ 243 สูตรส่วนผสม แต่ละสูตรจะต้องเผา 2 บรรยากาศ ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส รวมทั้งหมด 243 x 2 ถ้วย เท่ากับ 486 ถ้วย นำไปเผากับเคลือบสีที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน นำสีไปผสมน้ำ กาวกระดิน กลีเซอริน และดินขาว นำไปบดและเขียนลงบนชิ้นทดลองแล้วชุบเคลือบสีบรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

2.1.2 บรรยากาศในการเผาในการทดลองครั้งนี้ เป็นการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ คุณสมบัติของสีสำเร็จรูป หลังเผาได้เคลือบมีดังนี้

2.2.1 การละลายในเคลือบ

2.2.2 สีที่เกิดขึ้น

2.2.3 ความเข้มของสี

2.2.4 ความสดใสของสี

2.2.5 ความทนความร้อนและการคงสภาพของสี

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 ออกไซด์ของโลหะ

3.1.1.1 โครมออกไซด์

3.1.1.2 เหล็กออกไซด์

3.1.1.3 โคบอลต์ออกไซด์

- 3.1.2 โปแทสเซียมไดโครเมต
- 3.1.3 หินเจี๊วหนุมาน
- 3.1.4 ดิบูกอออกไซด์
- 3.1.5 หินปูน
- 3.1.6 บอแรกซ์
- 3.1.7 อลูมินา
- 3.1.8 ดินขาวลำปาง
- 3.1.9 โซดาเฟอสฟาร์
- 3.1.10 แบเรียมคาร์บอเนต
- 3.1.11 สังกะสีออกไซด์
- 3.1.12 ดินขาวระนอง
- 3.1.13 ทัลค์
- 3.1.14 โปแทสเซียมเฟอสฟาร์
- 3.1.15 กาวกระดิน
- 3.1.16 กลิเซอริน
- 3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือ ได้แก่
 - 3.2.1 เตาไฟฟ้า(electric kiln)
 - 3.2.2 เตาแก๊ส (gas kiln)
 - 3.2.3 เตาอบแห้ง
 - 3.2.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด มีหน่วยเป็นกรัมและมิลลิกรัม
 - 3.2.5 พู่กัน
 - 3.2.6 ถ้วยทดลอง
 - 3.2.7 กระจกเก็บสี
 - 3.2.8 ถังล้างสี
 - 3.2.9 ตะแกรงร่อนขนาด 120 และ 300 เมช (mesh)
 - 3.2.10 เครื่องวัดอุณหภูมิ
 - 3.2.11 ถ้วยตวง
 - 3.2.12 กระบอกตวง
 - 3.2.13 โกร่งบด
- 3.3.3 ตารางแสดงคุณสมบัติของสีสำเร็จรูปได้เคลือบ

3.3.4 แบบวิเคราะห์คุณสมบัติของสีสแตนด์เคลือบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คนพิจารณาเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นสีได้เคลือบ

3.3.4.1 การละลายในเคลือบ

3.3.4.2 สีที่เกิดขึ้น

3.3.4.3 ความเข้มของสี

3.3.4.4 ความสดใสของสี

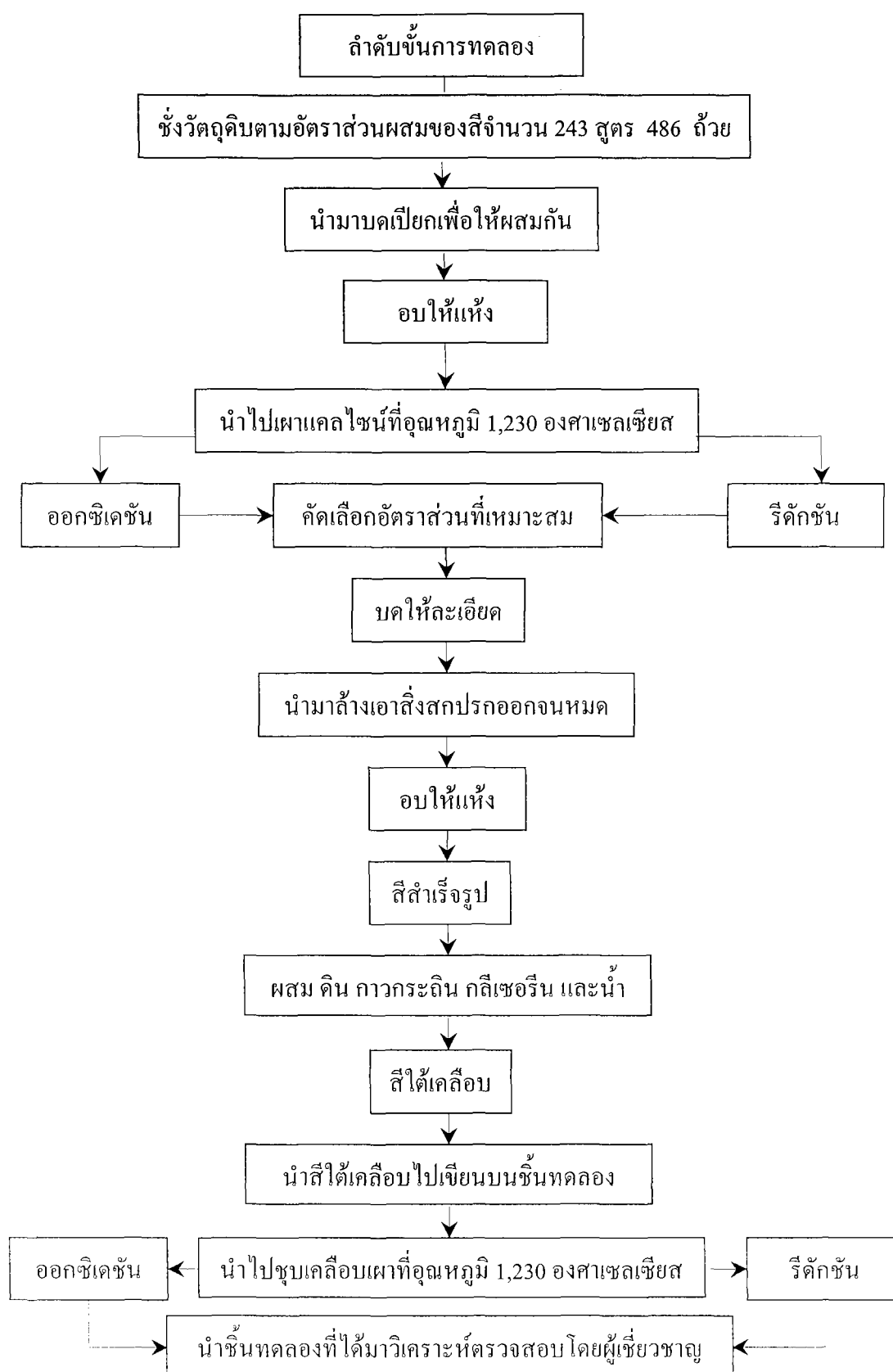
3.3.4.5 ความทนความร้อน และการคงสภาพของสี

4. การดำเนินการวิจัย

การทดลอง ครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งลำดับขั้นตอนออกเป็นดังนี้

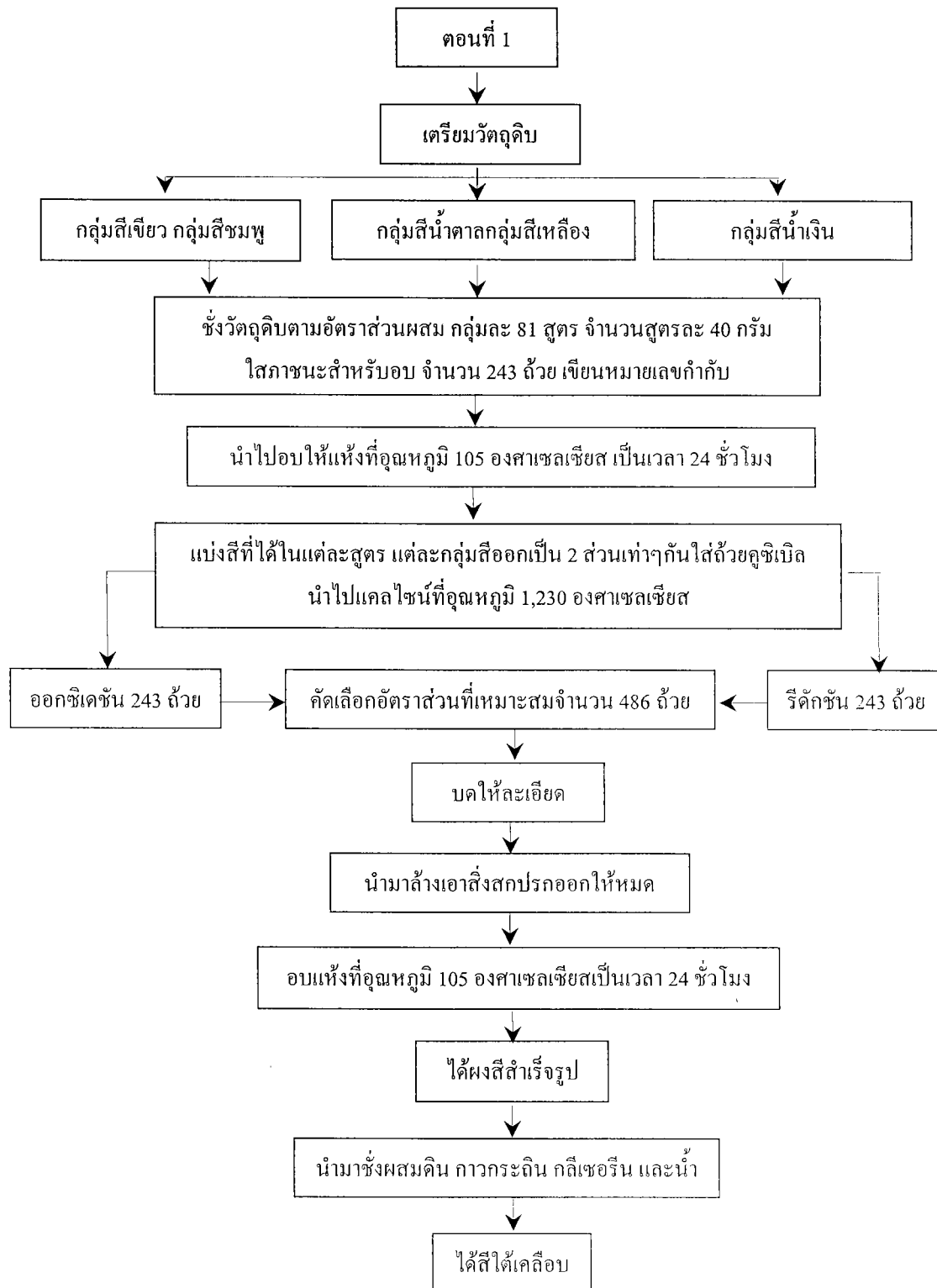
1. เตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง
2. ชั่งวัตถุดิบตามอัตราส่วนผสมของการทดลองโดยใช้ตารางสีเหลี่ยมจัตุรัสของฮอปเปอร์ ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 81 จุด 3 กลุ่มสี โดยชั่งอัตราส่วนผสมจุดละ 40 กรัม เพื่อนำไปทำสีทั้ง 3 กลุ่มสี
3. นำวัตถุดิบที่ชั่งไว้ไปบดด้วยโกรนบดมือโดยการบดเปียกผสมน้ำลงไป เพื่อช่วยให้บดละเอียดขึ้นและผสมกันได้ดี จากนั้นนำสีที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
4. นำวัตถุดิบแต่ละสูตรที่อบแล้วมาชั่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 20 กรัม ใส่ลงไปในถ้วยช็อคโกแลต ซึ่งเตรียมไว้แล้ว โดยเตรียมจากดินช็อคโกแลต ซึ่งนำมาปั้นและมีฝาปิดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 2 นิ้ว จำนวน 3 กลุ่มสี กลุ่มสีละ 162 ถ้วย ซึ่งแบ่งสำหรับเตรียมแผ่นเคลือบในบรรยากาศ 2 บรรยากาศ
5. นำวัตถุดิบที่ได้มาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน จำนวน 8 ชั่วโมง
6. ได้สีที่ผ่านการเคลือบจำนวนทั้งหมด 3 กลุ่มสี กลุ่มสีละ 2 บรรยากาศ จำนวนทั้งหมด 486 ถ้วย
7. เลือกอัตราส่วนผสมที่เกิดสีและสีไม่หลอมละลายเป็นแก้วมาบดให้ละเอียด
8. นำสีที่บดแล้วไปล้างเอาสิ่งสกปรกออก โดยใช้ น้ำอุ่นล้างประมาณ 5 ครั้ง
9. นำสีมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
10. นำสีที่ได้ไปชั่งใหม่ เนื่องจากสีที่ได้ผ่านการล้างสีทำให้น้ำหนักลดลงจาก 20 กรัม และนำไปผสมกับดินร้อยละ 30 กลีเซอรินร้อยละ 10 กาวกระฉินร้อยละ 10

11. นำส่วนผสมที่ได้มาบดเปียก จนสีละเอียดผ่านตะแกรงร่อน 300 เมช
 12. นำสีใส่กล่องสีที่เตรียมไว้ปิดฝาให้แน่น เพื่อเตรียมทดสอบสีกับชั้นทดลองที่เตรียมไว้
 13. เตรียมชั้นทดลอง ขนาด $3 \times 3 \times 0.5$ เซนติเมตร จำนวนไม่ต่ำกว่า 1944 ชิ้น โดยใช้ดินคอมพลาเวลเคย์ อัดลงบนแม่พิมพ์ที่เตรียมไว้ นำไปเผาอบสีกัด 800 องศาเซลเซียส
 14. นำชั้นทดลองแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม เขียนหมายเลขกำกับสำหรับเผาในบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยใช้สัญลักษณ์
 - “OO” แทนบรรยากาศการเผาเคลือบแบบออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบออกซิเดชัน
 - “OR” แทนบรรยากาศการเผาเคลือบแบบออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบรีดักชัน
 - “RO” แทนบรรยากาศการเผาเคลือบแบบรีดักชันทดสอบกับเคลือบออกซิเดชัน
 - “RR” แทนบรรยากาศการเผาเคลือบแบบรีดักชันทดสอบกับเคลือบรีดักชัน
 15. นำสีที่เลือกไว้จากข้อ 8 ไปเขียนบนชั้นทดลอง สูตรละ 2 ชิ้นต่อ 1 บรรยากาศ โดยเขียนเป็นรูปวงกลมและรูปวงแหวน อย่างละ 1 ชิ้น
 16. นำชั้นทดลองไปชุบเคลือบสีที่ได้เตรียมไว้
 17. นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน จำนวน 972 ชิ้นทดลอง บรรยากาศรีดักชัน 972 ชิ้นทดลอง
 18. นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวิเคราะห์คุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเป็นสีได้เคลือบ ได้แก่ สีที่เกิดขึ้น การละลายในเคลือบ ความเข้มของสี ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี
 19. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาสรุปผล เสนอแนะ
- ลำดับขั้นตอนการทดลองครั้งนี้สรุปเป็นภาพโดยรวมดังภาพประกอบ 14

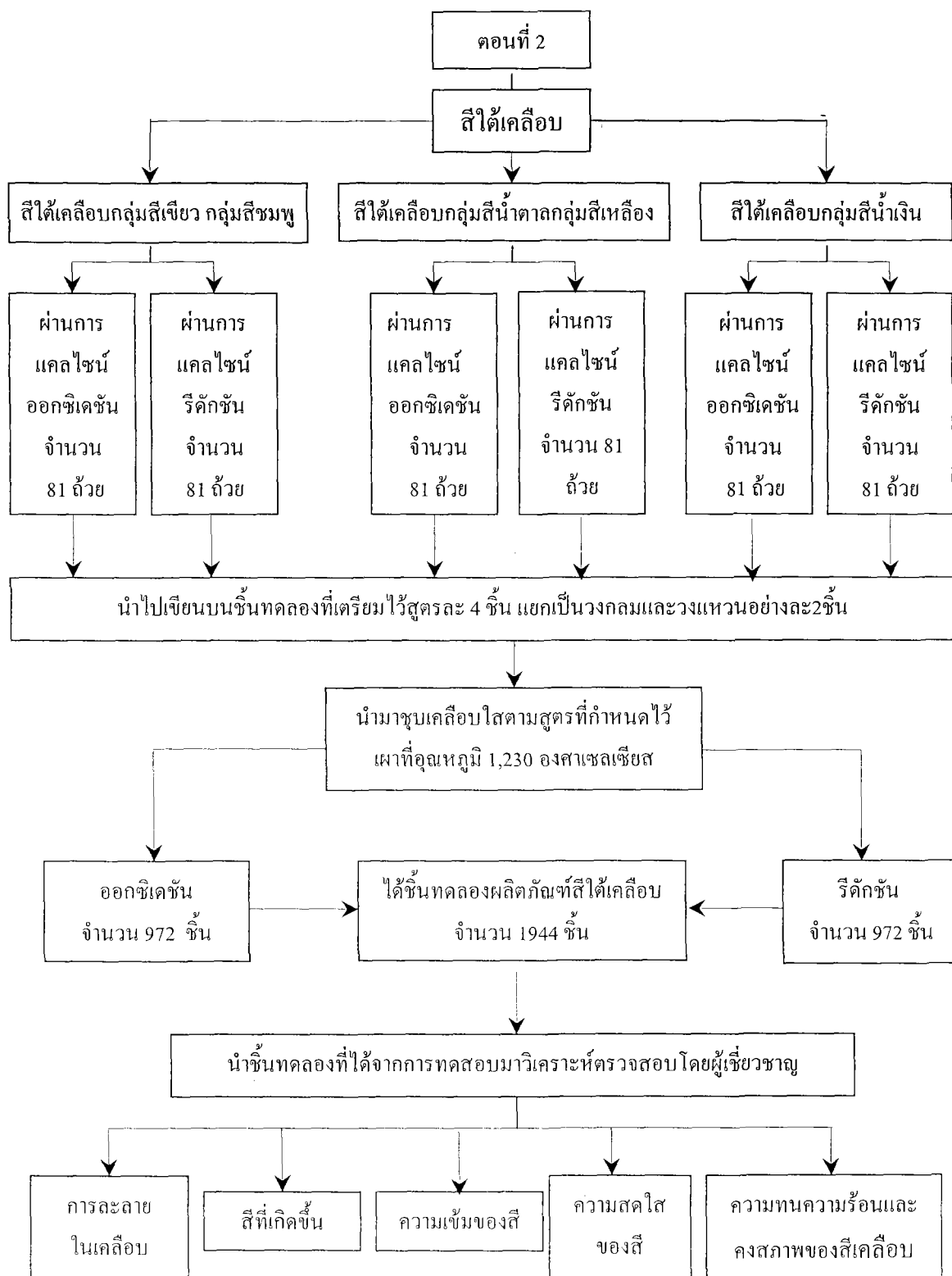


ภาพประกอบ 14 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการทดลอง

จากภาพประกอบ 14 เป็นภาพรวมของการทดลอง ผู้วิจัยได้ทำการลำดับขั้นตอนย่อยออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังภาพประกอบ 15 และ 16



ภาพประกอบ 15 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการทดลองสีได้เคลือบ ตอนที่ 1



ภาพประกอบ 16 แผนภูมิแสดงการทดสอบคุณสมบัติของสืได้เคลือบตอนที่ 2

5. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการทดลอง

5.1 สถานที่ในการทดลองครั้งนี้ใช้สถานที่สำหรับทดลองวิจัยที่ห้องปฏิบัติการในโปรแกรม วิชา เซรามิกส์ ภาควิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย รหัส 42000 ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้เป็นสถานที่เตรียมวัตถุดิบและใช้เผาไฟฟ้า เตา แก๊ส ทดลองเผา บรรยากาศออกซิเดชัน และรีดักชัน

5.2 ระยะเวลาที่ทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง เป็นระยะเวลา 9 เดือน คือตั้งแต่เดือน มีนาคม 2541 ถึง พฤศจิกายน 2541

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ที่มีประสบการณ์ ไม่น้อยกว่า 5 ปี ซึ่งเป็นผู้สอนในสาขาวิชาเซรามิกส์ โดยวิเคราะห์ผลการทดลอง ตามตาราง 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 และ 24 จากที่ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานไว้คือ ได้ สีได้เคลือบ กลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง และกลุ่มสีน้ำเงิน สามารถใช้งานได้ งานที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

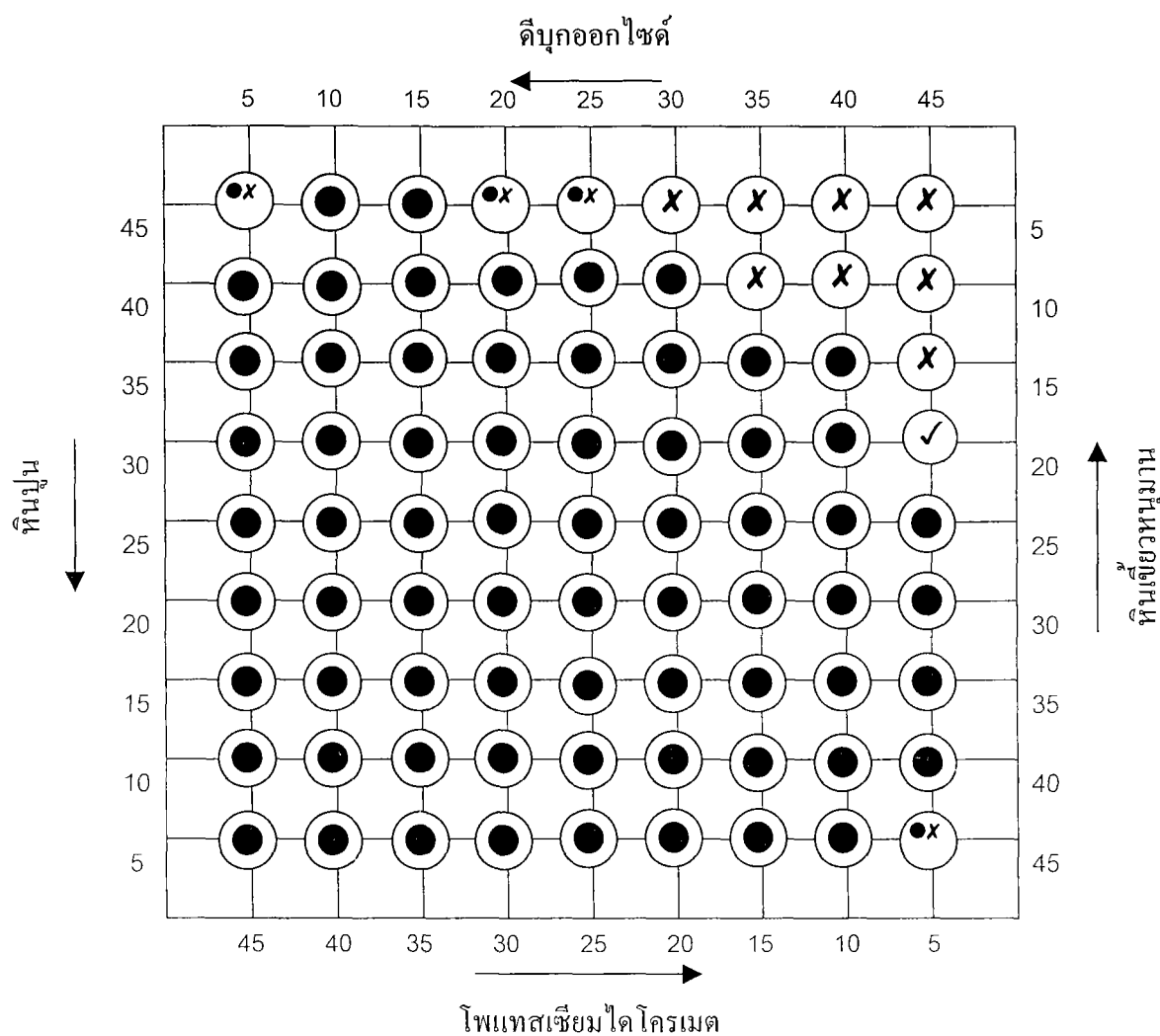
เกณฑ์ที่กำหนดคุณสมบัติของสีได้เคลือบที่ให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์สีได้เคลือบกำหนดไว้ ดังนี้

1. การละลายในเคลือบ สีได้เคลือบที่ใช้งานได้จะต้องไม่มีการละลายในเคลือบในชิ้นงานทดลองนั้นๆ
2. สีที่เกิดขึ้น จะต้องเป็นสีตรงตามสมมติฐาน ก็จะต้องอยู่ในกลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง และกลุ่มสีน้ำเงิน เท่านั้น กลุ่มสีหมายถึง สีที่มีสีนั้นเป็นองค์ประกอบอยู่
3. ความเข้มของสี สีที่ใช้เขียนสีได้เคลือบจะต้องมีระดับความเข้มของสีอยู่ในระดับที่เข้ม
4. ความสดใสของสี สีที่ใช้เขียนสีได้เคลือบจะต้องมีความสดใสของสี และสีจะต้องไม่ขุ่นมัว
5. ความทนความร้อนและคงสภาพของสี สีที่ใช้เขียนสีได้เคลือบจะต้องมีความทนความร้อนได้และสีอยู่ในสภาพเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อทดสอบกับเคลือบใส

เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านซึ่งได้จากตาราง 13 ถึงตาราง 24 มาแปรผลตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ข้างต้นจะได้คุณสมบัติของสีได้เคลือบตามภาพประกอบ 17 ถึงภาพประกอบ 52 แยกเป็น 3 กลุ่มสีคือ

1. กลุ่มสีเขียวและสีชมพู

1.1 กลุ่มสีเขียวและสีชมพู ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อน และคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 17 ถึงภาพประกอบ 19



- หมายถึง สีที่มีความเข้ม ไม่มีการละลายในเค็ลือบ
- x หมายถึง สีที่มีความเข้มและมีการละลายในเค็ลือบ
- ✓ หมายถึง สีที่ไม่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเค็ลือบ
- x หมายถึง สีที่ไม่มีความเข้มและมีการละลายในเค็ลือบ

ภาพประกอบ 18 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเค็ลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู บรรยากาศการเผาแคลไซน์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเค็ลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 17 พบว่ามีกลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู มีสีที่เกิดขึ้น 18 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีเขียว ได้แก่ สีเขียวเข้ม 3 สูตร สีเขียว 9 สูตร สีเขียวน้ำตาล 4 สูตร สีเขียวขี้ม้า 2 สูตร สีน้ำตาลเขียว 12 สูตร และ สีเขียวเทา 1 สูตร รวมทั้งหมด 31 สูตร

2. กลุ่มสีชมพู ได้แก่ สีชมพูอ่อน 11 สูตร สีชมพู 5 สูตร สีชมพูแดง 7 สูตรและสีชมพูจาง 1 สูตร รวมทั้งหมด 24 สูตร

นอกจากนั้นสีจะอยู่ในกลุ่มสีอื่นๆ เช่น สีน้ำตาล 14 สูตร สีน้ำตาลอ่อน 2 สูตร สีเทา 1 สูตร สีน้ำตาลเทา 2 สูตร สีเทาอ่อน 2 สูตร สีน้ำตาลแดง 1 สูตร สีน้ำตาลเข้ม 3 สูตร และ สีเทาแดง 1 สูตร รวมทั้งหมด 26 สูตร

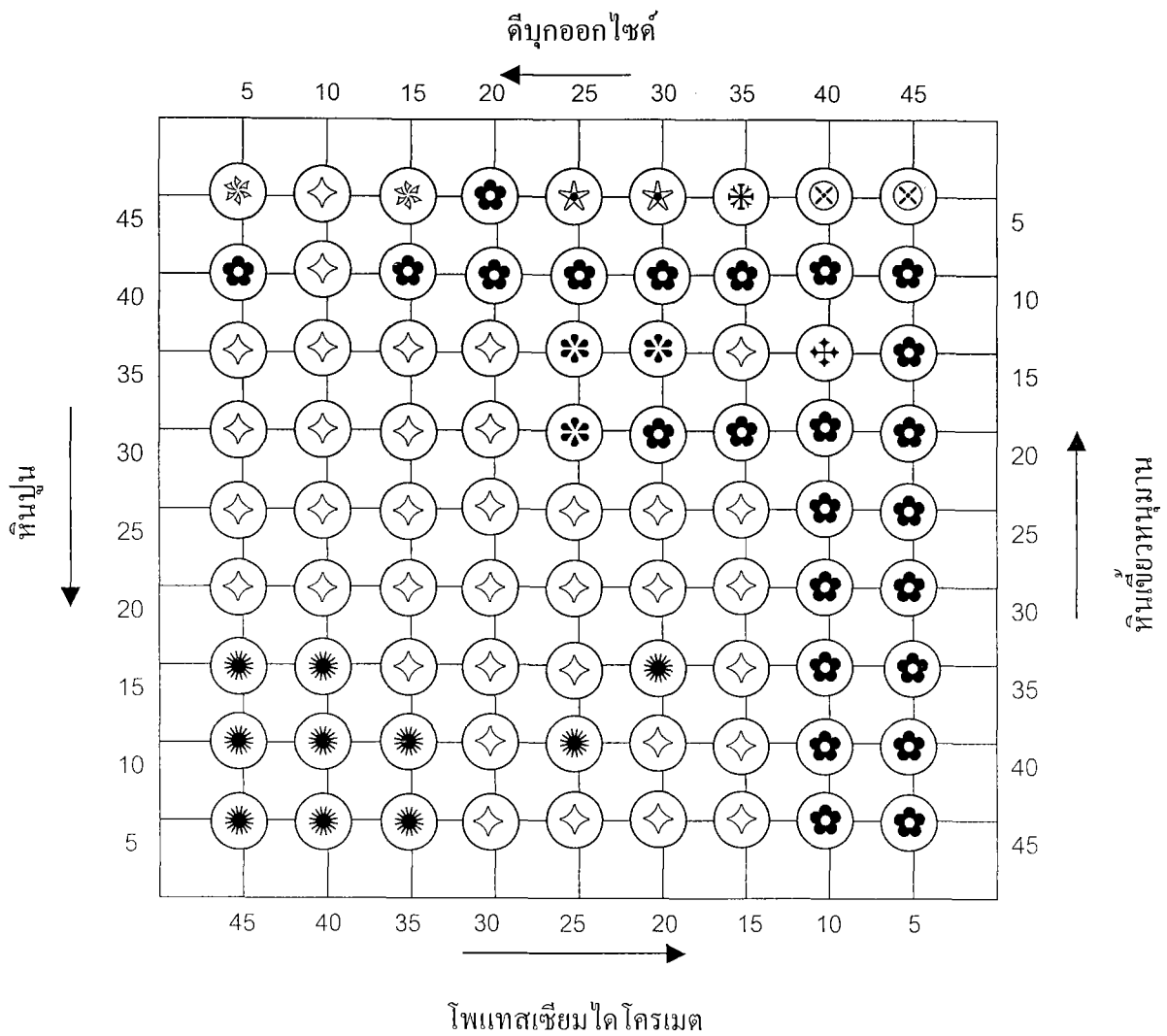
ดังนั้น สีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียวและสีชมพูมีทั้งหมด 55 สูตร

จากภาพประกอบ 18 พบว่ากลุ่มสีชมพูและสีเขียวมีความเข้มของสีทั้งหมด 72 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 69 สูตร ดังนั้นสีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบอยู่ 68 สูตร

จากภาพประกอบ 19 พบว่า กลุ่มสีชมพูและสีเขียวที่มีความสดใสทั้งหมด 60 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีอยู่ทั้งหมด 68 สูตร ดังนั้น สีที่มีความสดใสและทนความร้อนและคงสภาพของสีมีทั้งหมด

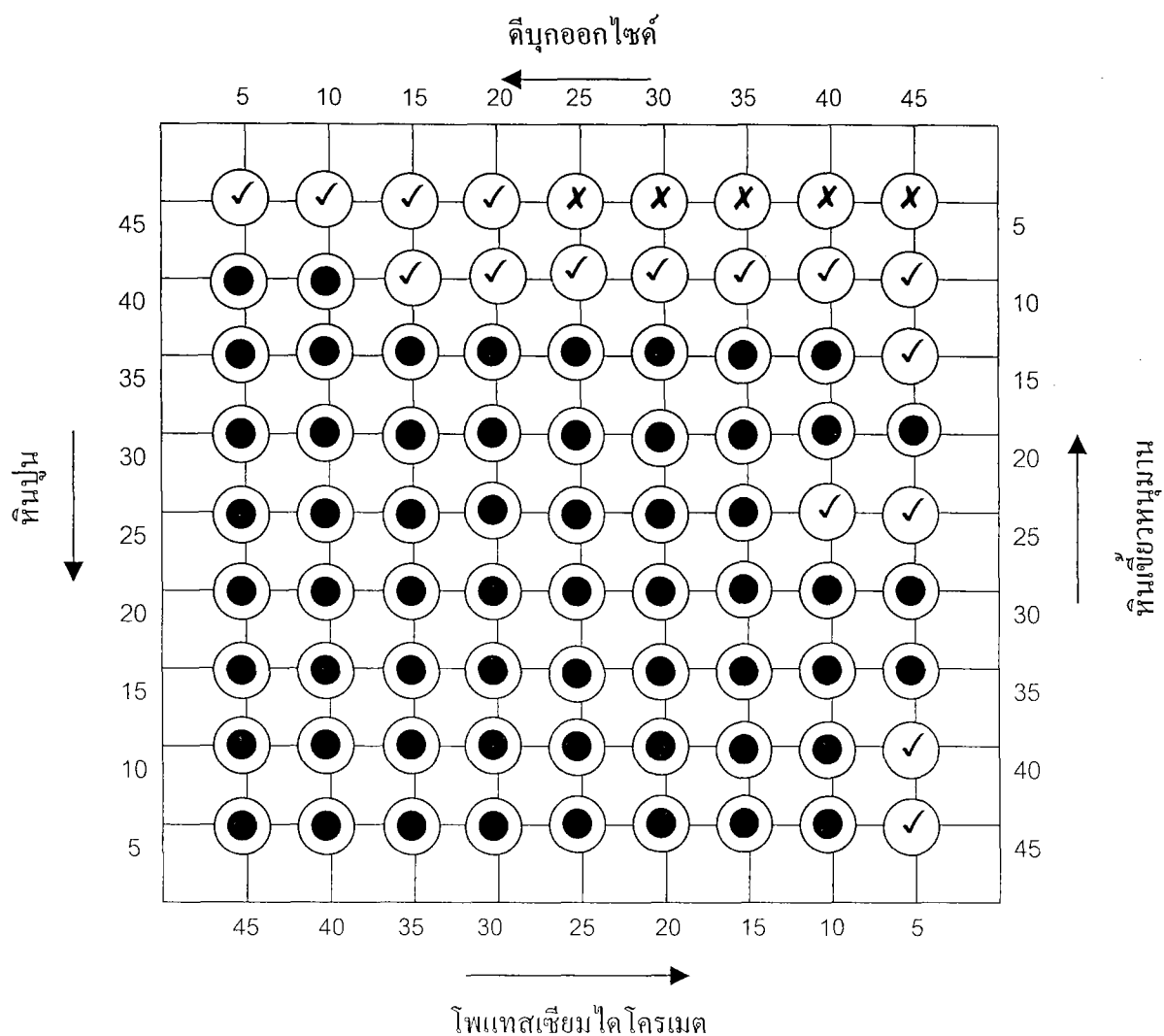
จากภาพประกอบ 17, 18 และ 19 สรุปได้ว่า สีที่ใช้งานได้มีเกณฑ์ครบตามกำหนดนั้นอยู่ในกลุ่มสีเขียวและสีชมพูทั้งหมด 38 สูตร แบ่งออกเป็น กลุ่มสีเขียว 28 สูตร กลุ่มสีชมพู 10 สูตร

1.2 กลุ่มสีเขียวและสีชมพู ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 20 ถึงภาพประกอบ 22



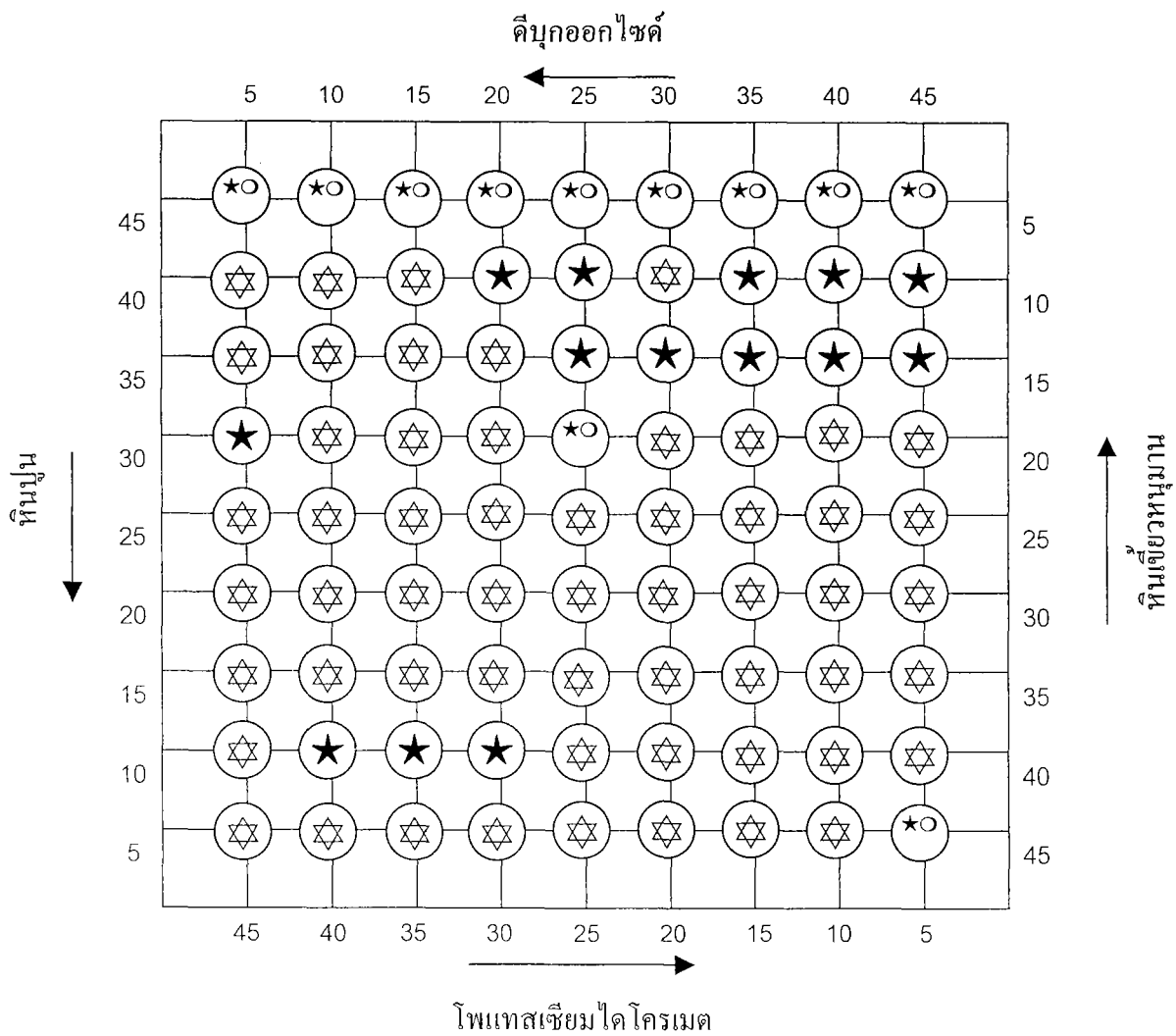
- | | | | | | |
|--|-----------------------|--|----------------------|--|-----------------------|
| | หมายถึง สีเขียวเข้ม | | หมายถึง สีเขียว | | หมายถึง สีเขียวอ่อน |
| | หมายถึง สีเขียวเหลือง | | หมายถึง สีเขียวจางๆ | | หมายถึง สีเขียวจาง |
| | หมายถึง สีเขียวเทา | | หมายถึง สีเหลืองอ่อน | | หมายถึง สีเขียวจางมาก |

ภาพประกอบ 20 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีข้าว สีชมพู บรรยากาศการเผาแคลไซต์
ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



- หมายถึง สีที่มีความเข้ม และไม่มีการละลายในเค็ลือบ
- ✓ หมายถึง สีที่ไม่มี ความเข้ม และไม่มีการละลายในเค็ลือบ
- X หมายถึง สีที่ไม่มี ความเข้ม และมีการละลายในเค็ลือบ

ภาพประกอบ 21 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเค็ลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว
สีชมพู บรรยากาการเผาแคลไซน์ออกซิเดชั่น บรรยากาการทดสอบเค็ลือบรีดักชัน อุณหภูมิ
1,230 องศาเซลเซียส



- ★○ หมายถึง สี่ที่ไม่มีควมสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ★● หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ★✕ หมายถึง สี่ที่ไม่มีควมสดใสและไม่มีควมทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ★+ หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและไม่มีควมทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 22 แสดงความสดใสของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่จากผลการทดลองกลุ่มสี่เขียว สี่ชมพู บรรยากาการเผาแคลไซน์ออกซิเดชั่น บรรยากาการทดสอบเคลื่อนรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 20 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพูมีสีเกิดขึ้น 9 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีเขียวได้แก่ สีเขียวเข้ม 10 สูตร สีเขียว 36 สูตร สีเขียวอ่อน 24 สูตร สีเขียวเหลือง 3 สูตร สีเขียวจาง ๆ 1 สูตร สีเขียวจาง 2 สูตร สีเขียวเทา 1 สูตร และสีเขียวจางมาก 2 สูตร รวมทั้งหมด 79 สูตร

2. กลุ่มสีอื่น ๆ คือกลุ่มสีเหลืองอ่อน 2 สูตร รวมทั้งหมด 2 สูตร

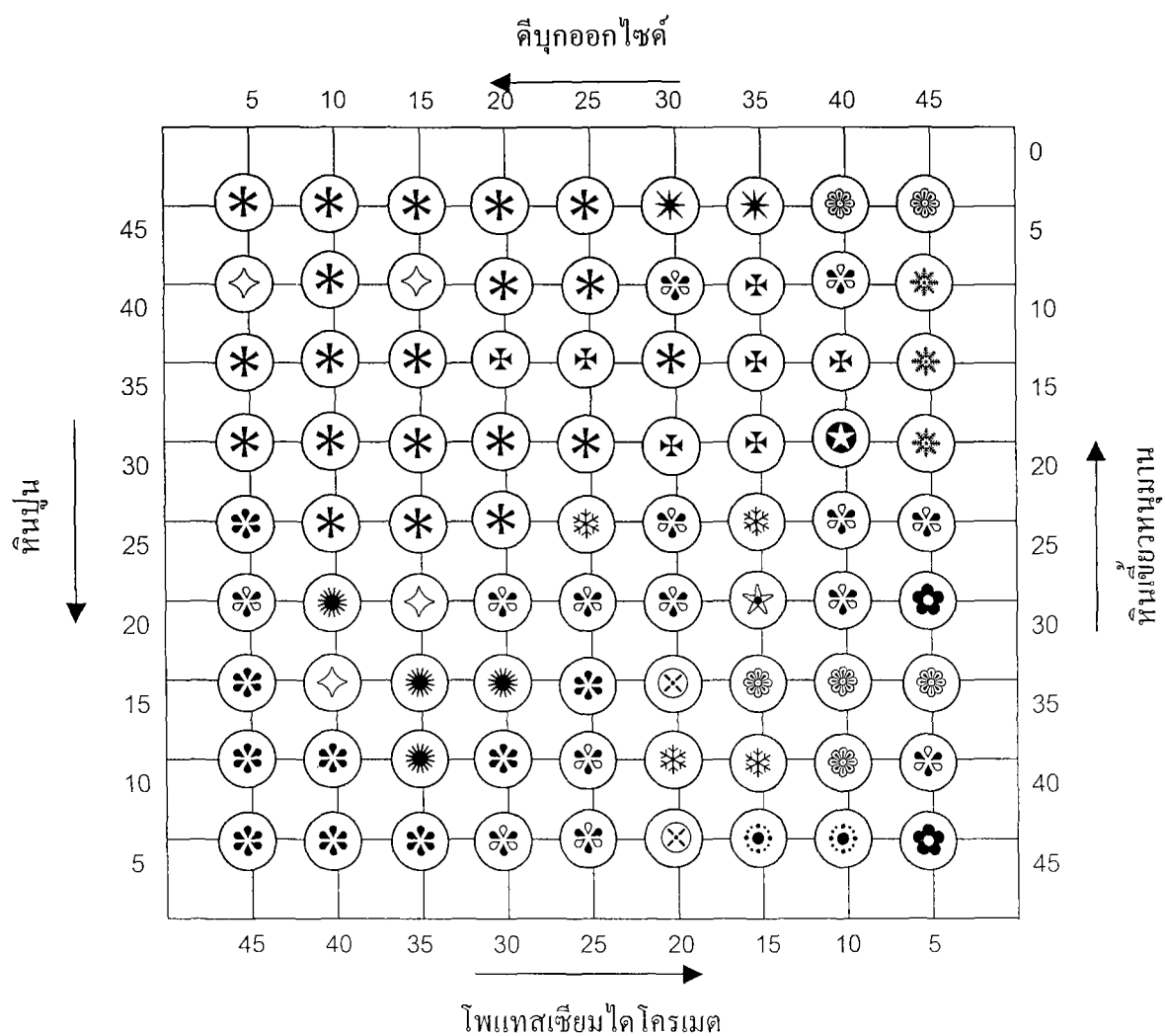
ดังนั้นสีอยู่ในกลุ่มสีเขียว กลุ่มสีชมพู มีทั้งหมด 79 สูตร

จากภาพประกอบ 21 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพู มีความเข้มของสีทั้งหมด 60 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบ 76 สูตร ดังนั้นสีที่ไม่มีการละลายในเคลือบมีอยู่ทั้งหมด 60 สูตร

จากภาพประกอบ 22 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพู ที่มีความสดใสมีทั้งหมด 56 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีมีทั้งหมด 70 สูตร สีที่มีความสดใสและทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 56 สูตร

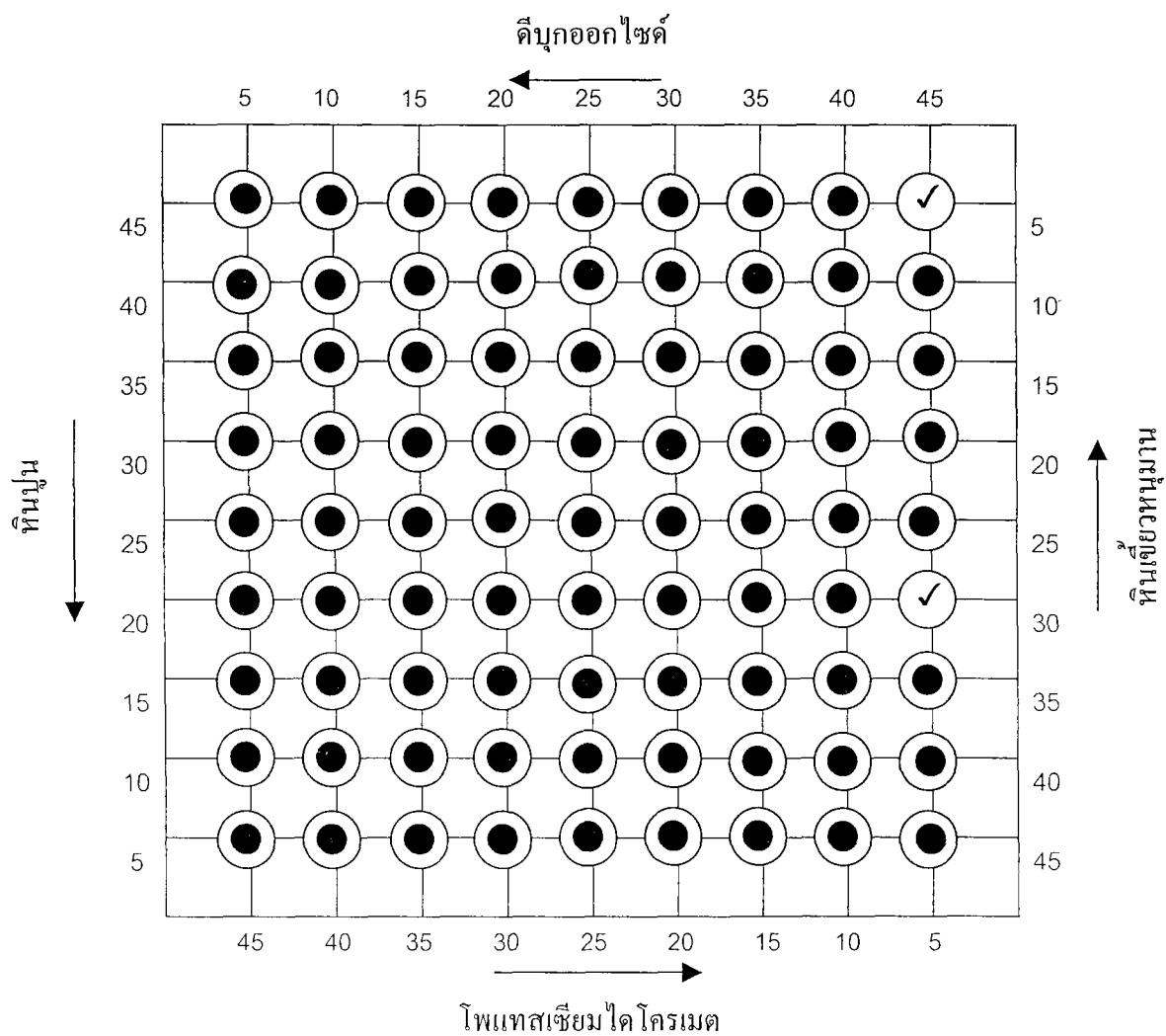
จากภาพประกอบ 20, 21 และ 22 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีเขียว สีชมพู ทั้งหมด 51 สูตร แบ่งเป็นกลุ่มสีเขียว 51 สูตร กลุ่มสีชมพูไม่มี

1.3 กลุ่มสีเขียวและสีชมพู ที่เผาเคลือบแบบบริดจ์กันและเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 23 ถึงภาพประกอบ 25



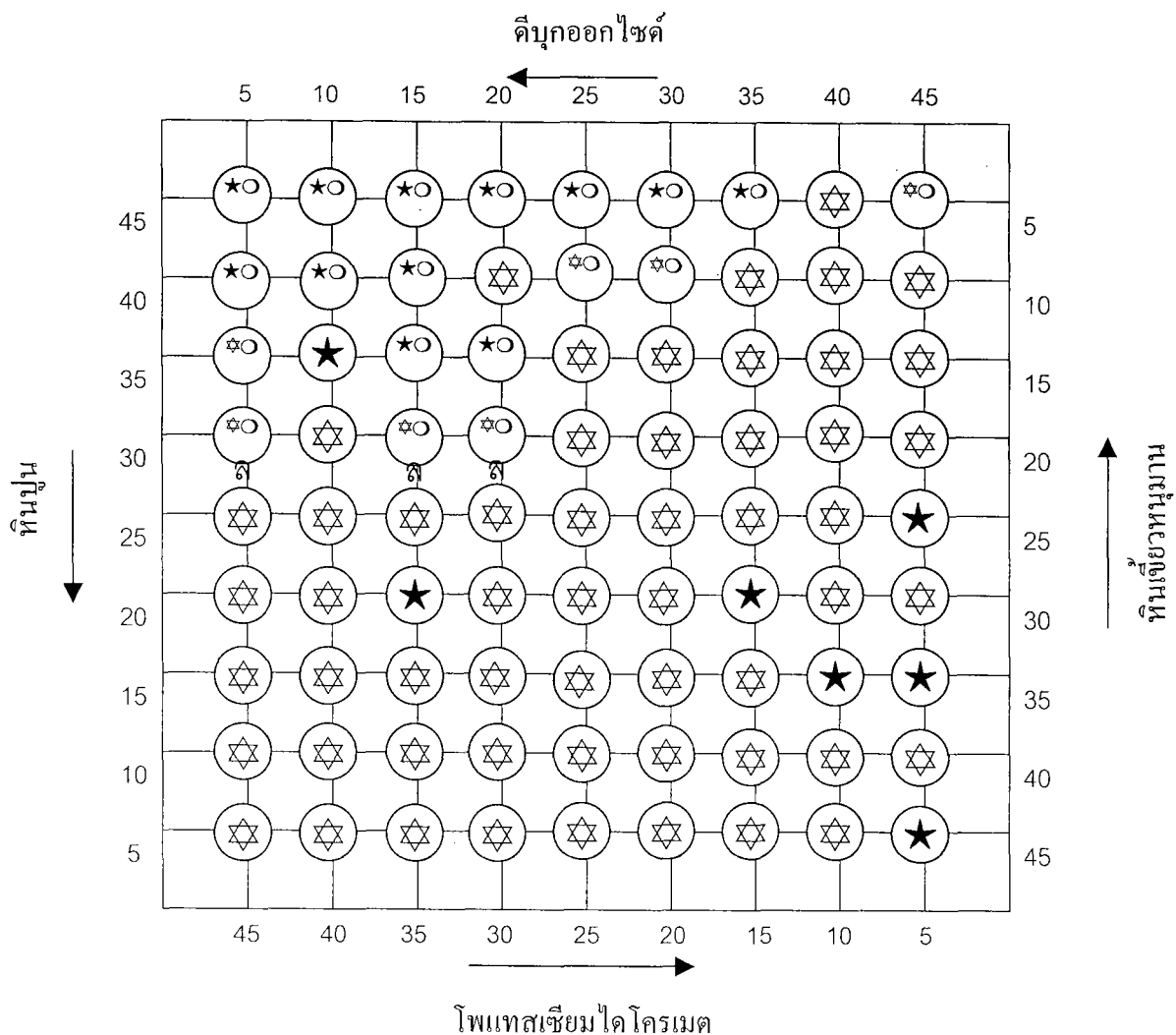
- | | | | | | |
|--|---------------------|--|-----------------------|--|-----------------------|
| | หมายถึง สีเขียวโครม | | หมายถึง สีเขียว | | หมายถึง สีน้ำตาลเขียว |
| | หมายถึง สีน้ำตาล | | หมายถึง สีชมพูอ่อน | | หมายถึง สีเทาม่วง |
| | หมายถึง สีม่วงเทา | | หมายถึง สีชมพู | | หมายถึง สีน้ำตาลอ่อน |
| | หมายถึง สีชมพูแดง | | หมายถึง สีน้ำตาลแดง | | หมายถึง สีน้ำตาลเข้ม |
| | หมายถึง สีชมพูเข้ม | | หมายถึง สีเขียวน้ำตาล | | หมายถึง สีม่วง |

ภาพประกอบ 23 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว สีชมพู บรรยายภาพการเผาผลาญไนซ์
 รัศมีชั้น บรรยายภาพการทดสอบเกลือบอกลักษณะ อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



- หมายถึง สีที่มีความเข้ม และไม่มีการละลายในเค็ลือบ
- ✓ หมายถึง สีที่ไม่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเค็ลือบ

ภาพประกอบ 24 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเค็ลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว
สีชมพู บรรยายการเผาแคลไซต์ รีดักชัน บรรยายการทดสอบเค็ลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ
1,230 องศาเซลเซียส



- ★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีคุณสมบัติและความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ☆ หมายถึง สี่ที่มีคุณสมบัติและความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ★○ หมายถึง สี่ที่ไม่มีคุณสมบัติและไม่มีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ☆○ หมายถึง สี่ที่มีคุณสมบัติและไม่มีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 25 แสดงคุณสมบัติของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่จากการทดลองกลุ่มสี่เขียว สีชมพู บรรยายการเผาแคลเซียมรีดักชันบรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 23 กลุ่มสีเขียวกลุ่มสีชมพู มีสีเกิดขึ้น 15 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีเขียว ได้แก่ สีเขียวโครม 4 สูตร สีเขียว 4 สูตร สีนํ้าตาลเขียว 10 สูตร และสีนํ้าตาล 24 สูตร รวมทั้งหมด 42 สูตร

2. กลุ่มสีชมพู ได้แก่ สีชมพูอ่อน 2 สูตร สีชมพู 6 สูตร สีชมพูแดง 3 สูตร และสีชมพูเข้ม 12 สูตร

นอกจากนั้นสีจะอยู่ในกลุ่มสีอื่นๆ เช่น สีนํ้าตาล 8 สูตร สีม่วง 4 สูตร สีนํ้าตาลแดง 7 สูตร สีเทาม่วง 1 สูตร สีนํ้าตาลอ่อน 2 สูตร สีนํ้าตาลเข้ม 2 สูตร และสีม่วง 3 สูตร รวมทั้งหมด 27 สูตร

ดังนั้น สีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียว และกลุ่มสีชมพู มีทั้งหมด 56 สูตร

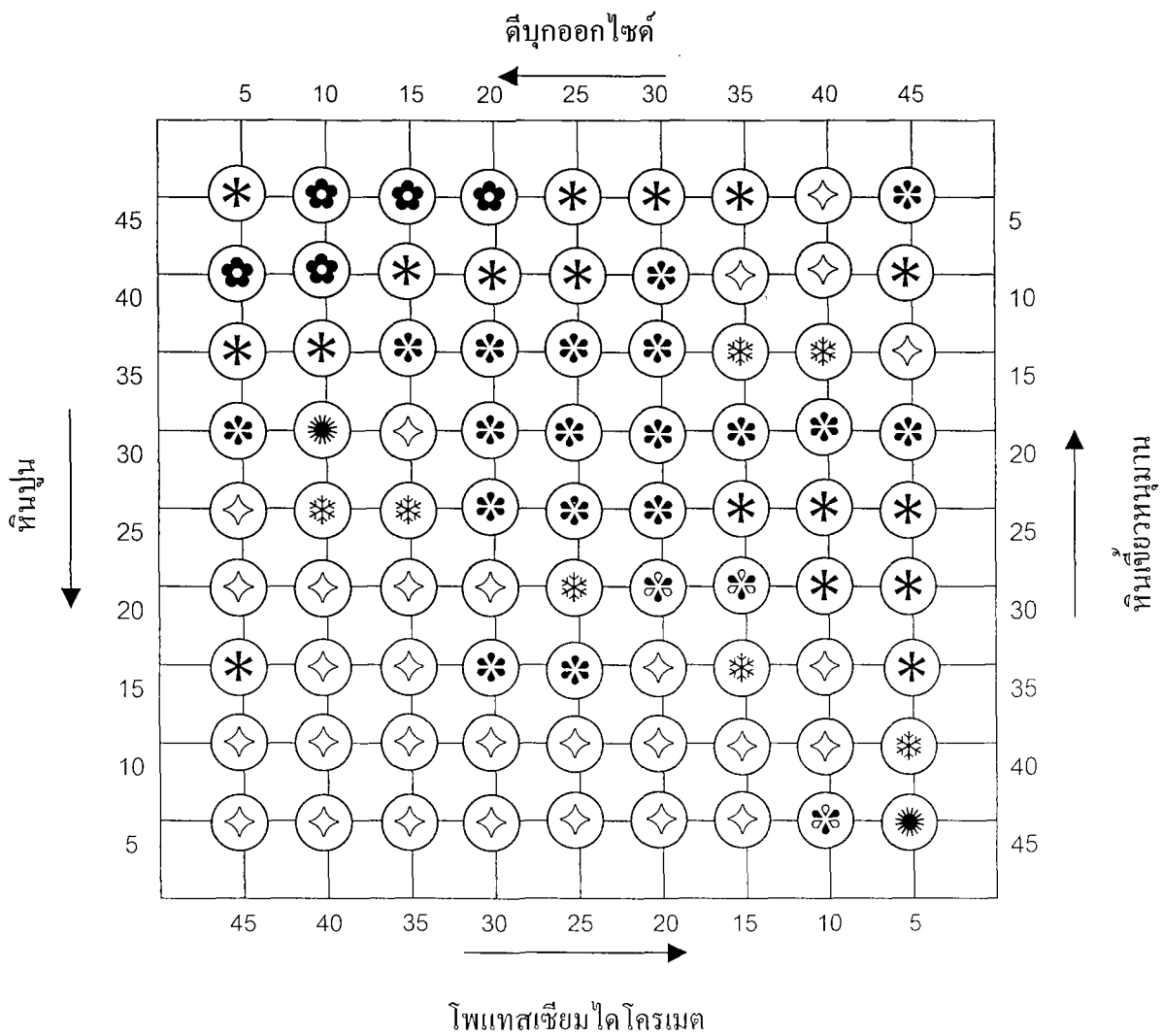
จากภาพประกอบ 24 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพูมีความเข้มของสีทั้งหมด 79 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบ 81 สูตร ดังนั้นสีมีความเข้มและไม่ละลายในเคลือบอยู่ 79 สูตร

จากภาพประกอบ 25 พบว่า กลุ่มสีเขียว สีชมพู ที่มีความสดใสทั้งหมด 63 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี ทั้งหมด 62 สูตร

ดังนั้น สีที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี ทั้งหมด 55 สูตร

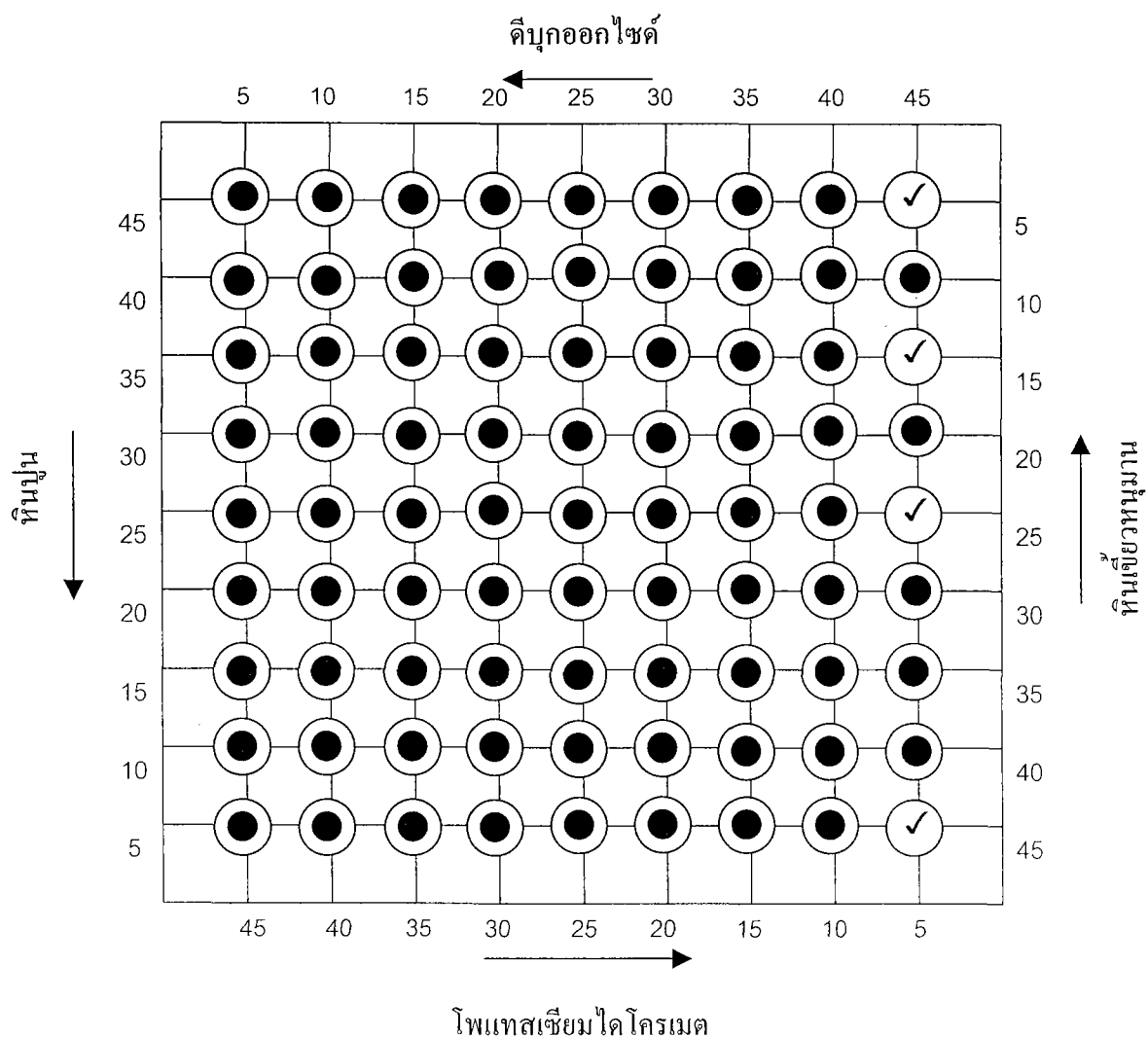
จากภาพประกอบ 23, 24 และ 25 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นอยู่ในกลุ่มสีเขียวและกลุ่มสีชมพู 32 สูตร แบ่งออกเป็นกลุ่มสีเขียว 24 สูตร และกลุ่มสีชมพู 8 สูตร

1.4 กลุ่มสีเขียวและสีชมพู ที่เผาเคลือบแบบรีดักชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 26 ถึงภาพประกอบ 28

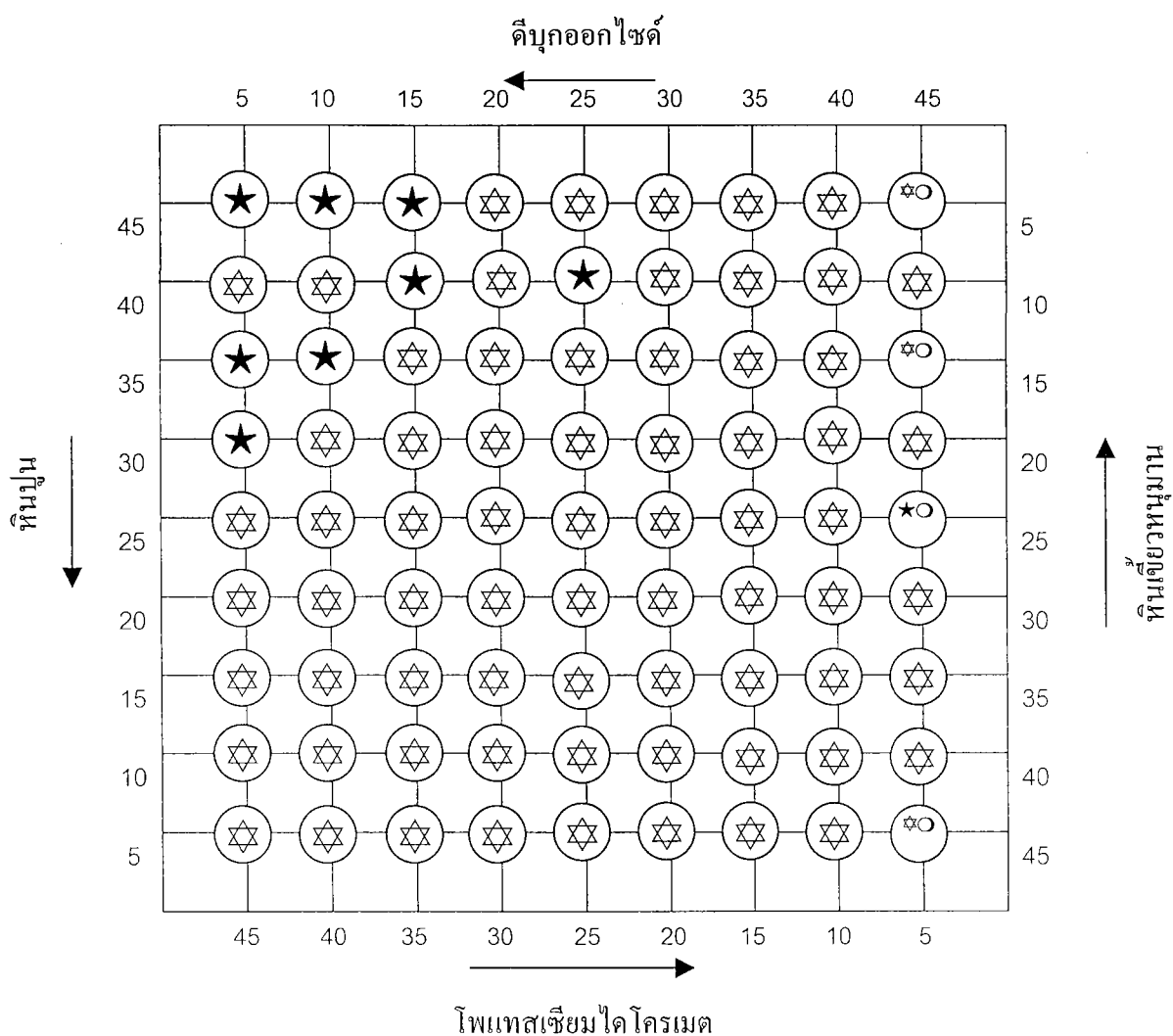


- | | | | | | |
|---|-----------------------|---|--------------------|---|------------------------|
| ☀ | หมายถึง สีเขียวเข้ม | ◇ | หมายถึง สีเขียว | ✿ | หมายถึง สีเขียวตองอ่อน |
| ✿ | หมายถึง สีเขียวอ่อน | ⊗ | หมายถึง สีเขียวเทา | ⊗ | หมายถึง สีเขียวเหลือง |
| ✱ | หมายถึง สีเขียวน้ำตาล | | | | |

ภาพประกอบ 26 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียวน้ำตาล บรยากาศการเผาแคลเซียม
รีดักชัน บรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 27 แสดงความแข็งของสีและการละลายในเคีลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีเขียว
 สีชมพู บรรยายการเผาแคลไซต์ รีดักชัน บรรยายการทดสอบเคีลือบรีดักชัน อุณหภูมิ
 1,230 องศาเซลเซียส



- ★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีควมสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ☆ หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ★○ หมายถึง สี่ที่ไม่มีควมสดใสและไม่มีควมทนความร้อนและคงสภาพของสี่
- ☆○ หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและไม่มีควมทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 28 แสดงควมสดใสของสี่และควมทนความร้อนและคงสภาพของสี่จากผลการทดลองกลุ่มสี่เขียว สี่ชมพู บรรยาการเผาแคลไซน์รีดักชันบรรยาการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 26 พบว่า กลุ่มสีเขียว สีชมพูมีสีที่เกิดขึ้น 7 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้คือ กลุ่มสีเขียว ได้แก่ สีเขียวเข้ม 2 สูตร สีเขียว 29 สูตร สีเขียวทองอ่อน 18 สูตร สีเขียวอ่อน 3 สูตร สีเขียวเทา 5 สูตร สีเขียวเหลือง 7 สูตร สีเขียวน้ำตาล 17 สูตร กลุ่มสีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียว สีชมพู รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 27 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพู มีความเข้มของสีทั้งหมด 77 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 81 สูตร

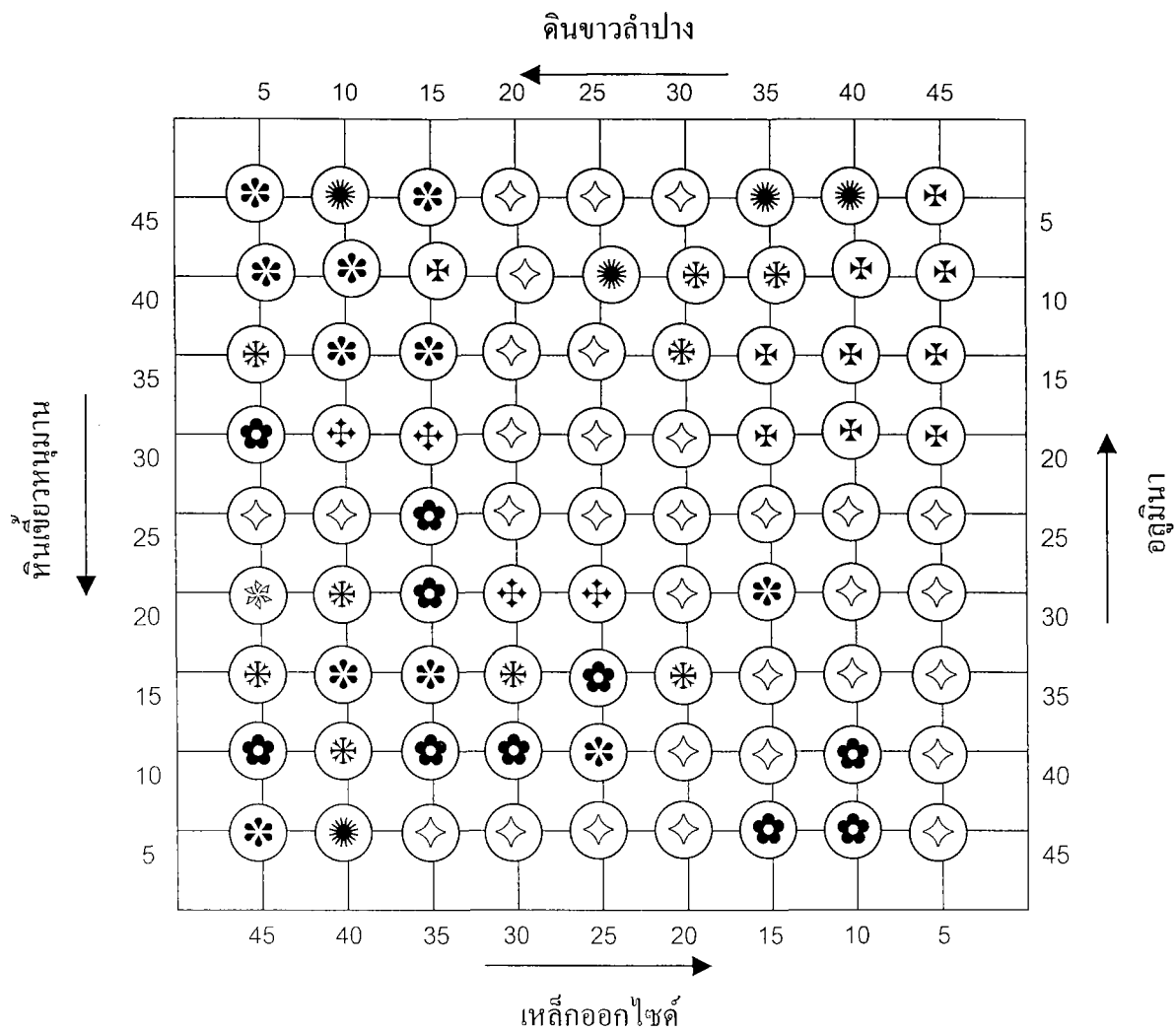
ดังนั้น สีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบมีทั้งหมด 77 สูตร

จากภาพประกอบ 28 พบว่ากลุ่มสีเขียว สีชมพู มีความสดใสทั้งหมด 72 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีอยู่ทั้งหมด 77 สูตร ดังนั้นสีที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี 69 สูตร

จากภาพประกอบ 26, 27 และ 28 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีเขียวและสีชมพูมีทั้งหมด 69 สูตร แบ่งออกเป็นสีเขียว 69 สูตร กลุ่มสีชมพูไม่มี

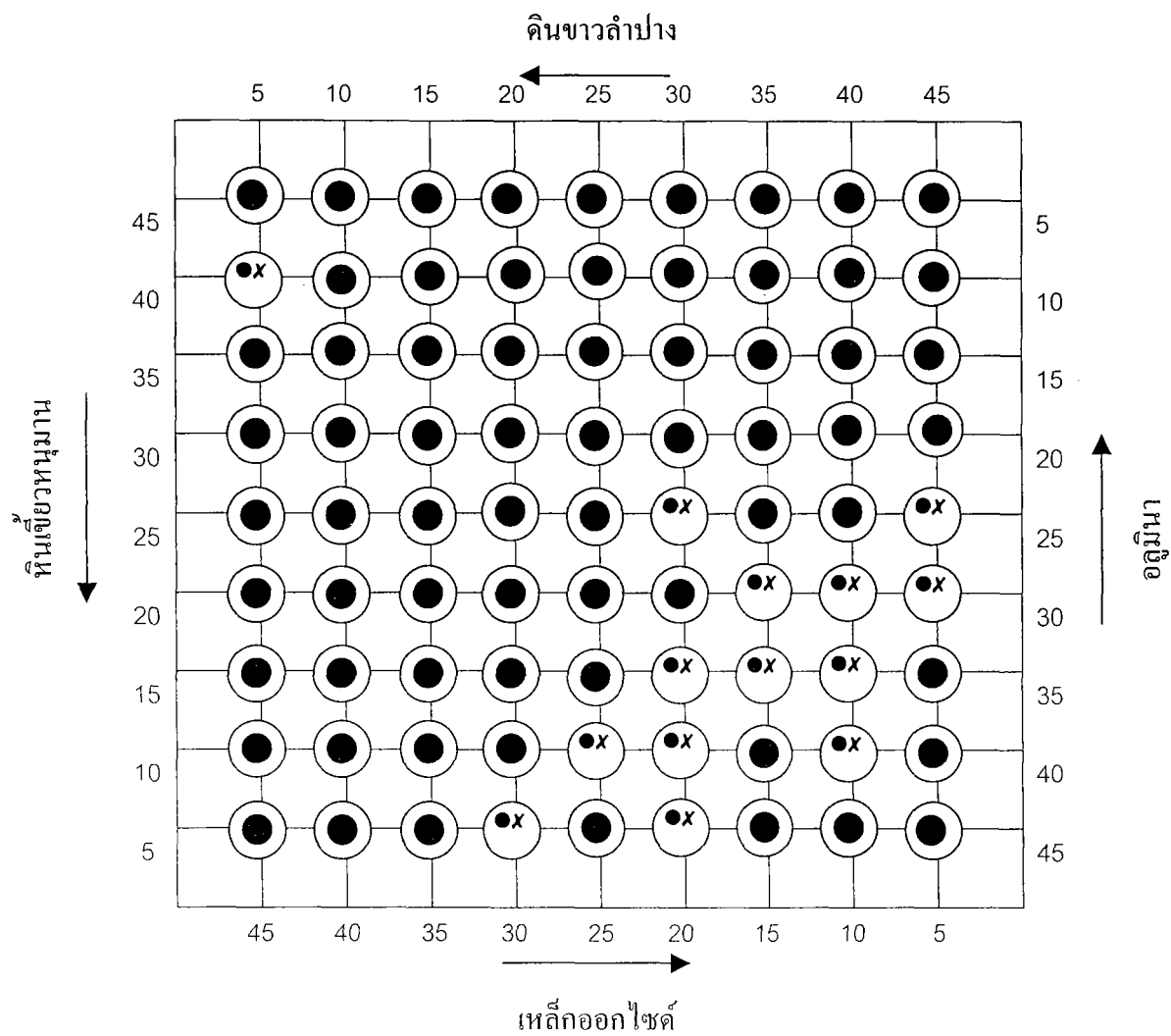
2. กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง

2.1 กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 29 ถึงภาพประกอบ 31



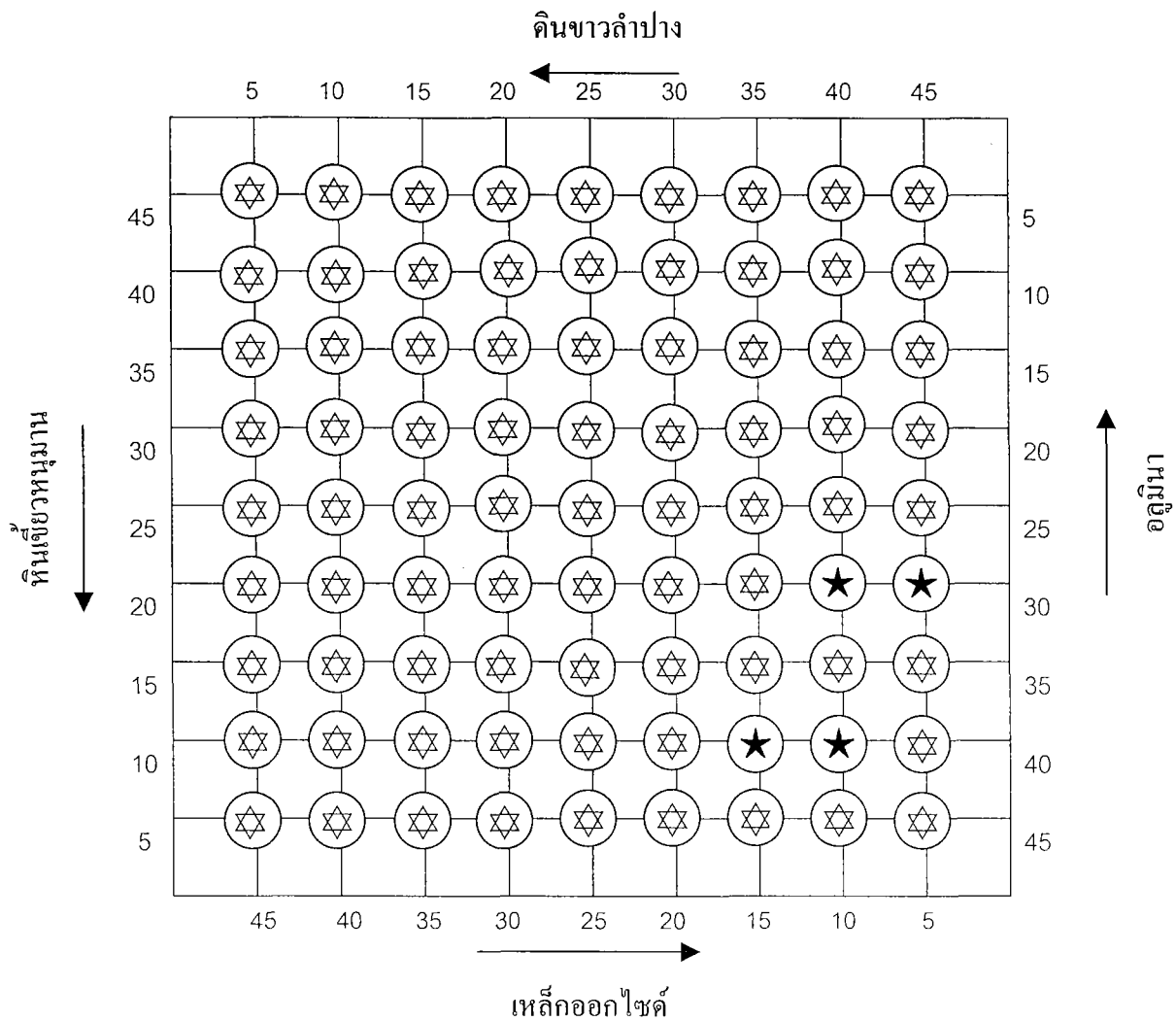
- | | | | | | |
|---|--------------------|---|--------------------|---|-------------------|
| ☀ | หมายถึง น้ำตาลเข้ม | ◇ | หมายถึง น้ำตาล | 🌸 | หมายถึง น้ำตาลดำ |
| ✱ | หมายถึง น้ำตาลเทา | ✱ | หมายถึง น้ำตาลเทา | ✱ | หมายถึง น้ำตาลแดง |
| ✱ | หมายถึง สีดำ | ✱ | หมายถึง สีดำน้ำตาล | | |

ภาพประกอบ 29 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยายการเผา
แคลไซต์ออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



- หมายถึง สีที่มีความเข้ม ไม่มีการละลายในเคือบ
- x หมายถึง สีที่มีความเข้มและมีการละลายในเคือบ

ภาพประกอบ 30 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล
สีเหลือง บรรยายการเผาแคลไซต์ออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเคือบออกซิเดชัน
อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สีที่ไม่มีควมสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี

☆ หมายถึง สีที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี

ภาพประกอบ 31 แสดงความสดใสของสีและความทนความร้อนและคงสภาพของสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยายการเผาแคลไซต์ออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 29 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีสีเกิดขึ้น 8 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีน้ำตาล ได้แก่ สีน้ำตาลเข้ม 5 สูตร สีน้ำตาล 31 สูตร สีน้ำตาลดำ 10 สูตร สีน้ำตาลกาแฟ 11 สูตร สีน้ำตาลเทา 9 สูตร สีน้ำตาลแดง 10 สูตร สีดำน้ำตาล 1 สูตร รวมกลุ่มสีที่เกิดสีน้ำตาล 77 สูตร

2. กลุ่มสีอื่นๆ คือกลุ่มสีดำ 4 สูตร

จากภาพประกอบ 30 พบว่ากลุ่มสีน้ำตาลกลุ่มสีเหลืองมีความเข้ม 81 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบ 67 สูตร

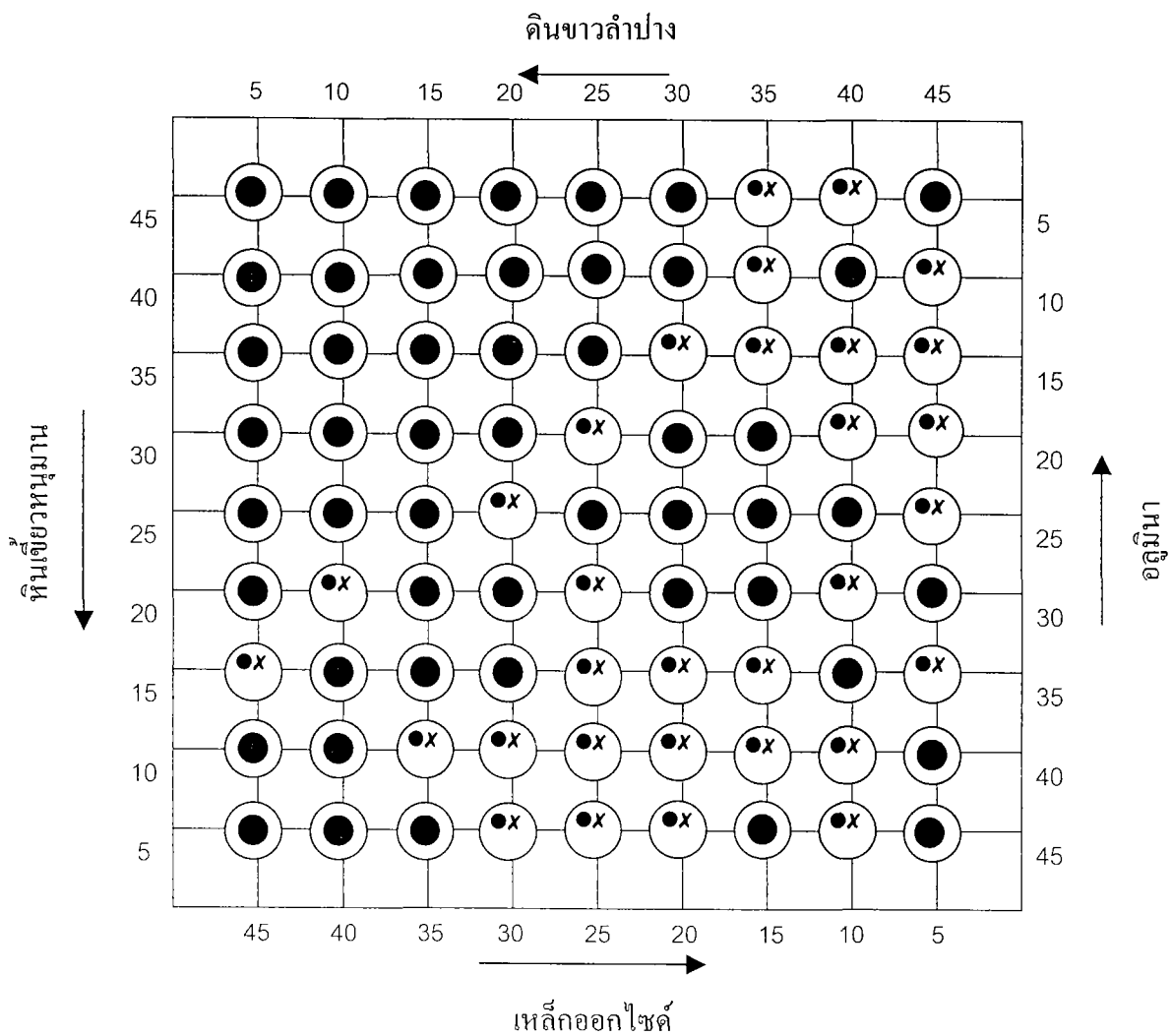
ดังนั้น สีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายในเคลือบมีทั้งหมด 67 สูตร

จากภาพประกอบ 31 พบว่ากลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีความสดใสทั้งหมด 77 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร

ดังนั้น สีที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 77 สูตร

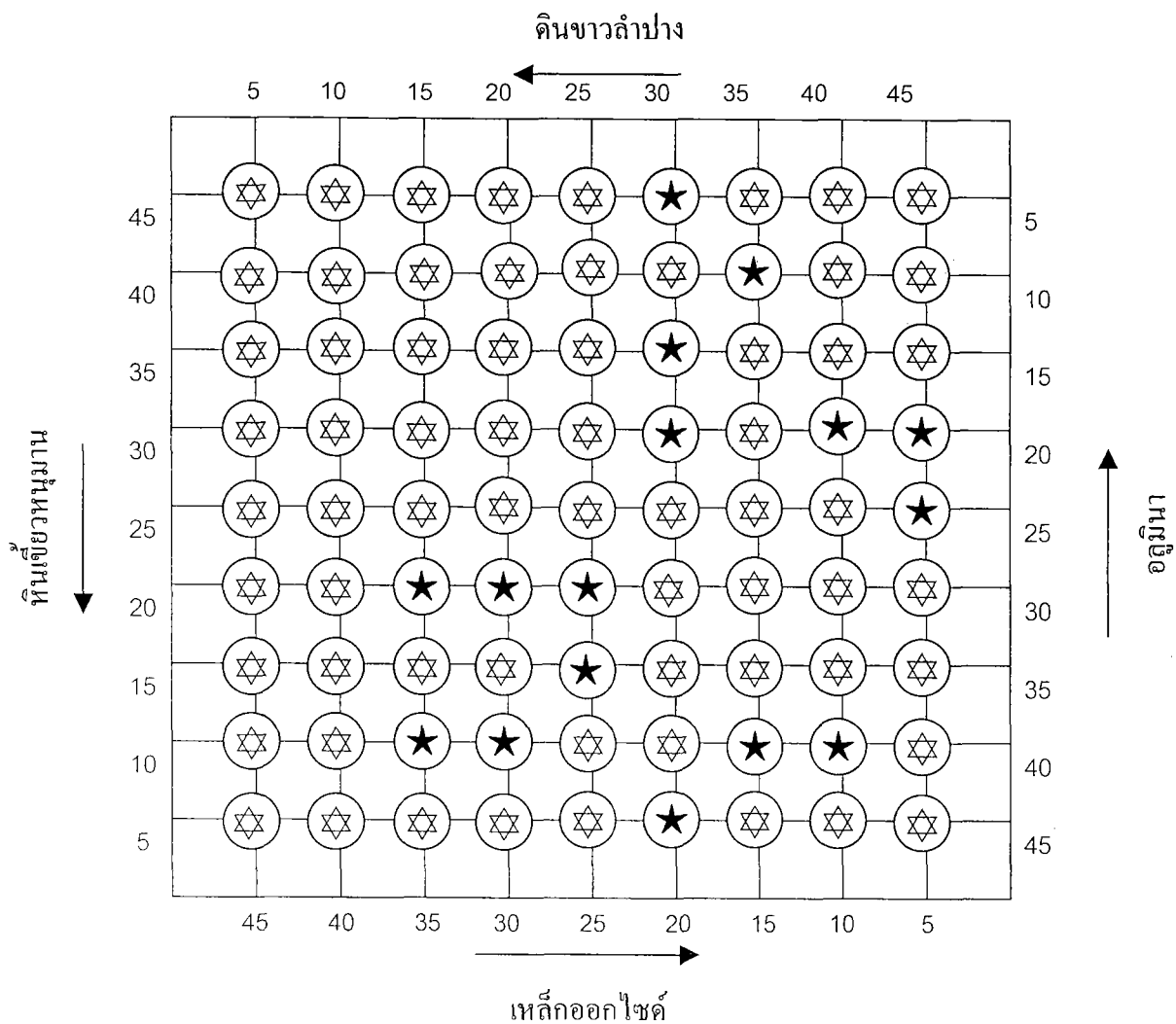
จากภาพประกอบ 29, 30 และ 31 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำตาลมีทั้งหมด 62 สูตร เป็นกลุ่มสีน้ำตาลทั้ง 62 สูตร ส่วนกลุ่มสีเหลืองไม่มี

2.2 กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 32 ถึงภาพประกอบ 34



- หมายถึง สีที่มีความเข้ม ไม่มีการละลายในเคลือบ
- x หมายถึง สีที่มีความเข้มและมีการละลายในเคลือบ

ภาพประกอบ 33 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยากาศการเผาแคลไซน์ออกซิเดชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีสุขภาพดีและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

☆ หมายถึง สี่ที่มีสุขภาพดีและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 34 แสดงความสดใหม่ของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่ จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สี่เหลือง บรรยายการเผาแคลไซต์ออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 32 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีสีเกิดขึ้น 10 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีน้ำตาลได้แก่ สีน้ำตาลกาแฟ 1 สูตร สีน้ำตาลเหลือง 10 สูตร สีน้ำตาล 4 สูตร สีน้ำตาลเทา 13 สูตร สีดำน้ำตาล 7 สูตร สีน้ำตาลดำ 13 สูตร สีเหลืองน้ำตาล 17 สูตร รวมทั้งหมด 65 สูตร

2. กลุ่มสีเหลือง ได้แก่ สีเหลืองอ่อน 6 สูตร สีเหลืองดำ 4 สูตร รวมทั้งหมด 10 สูตร

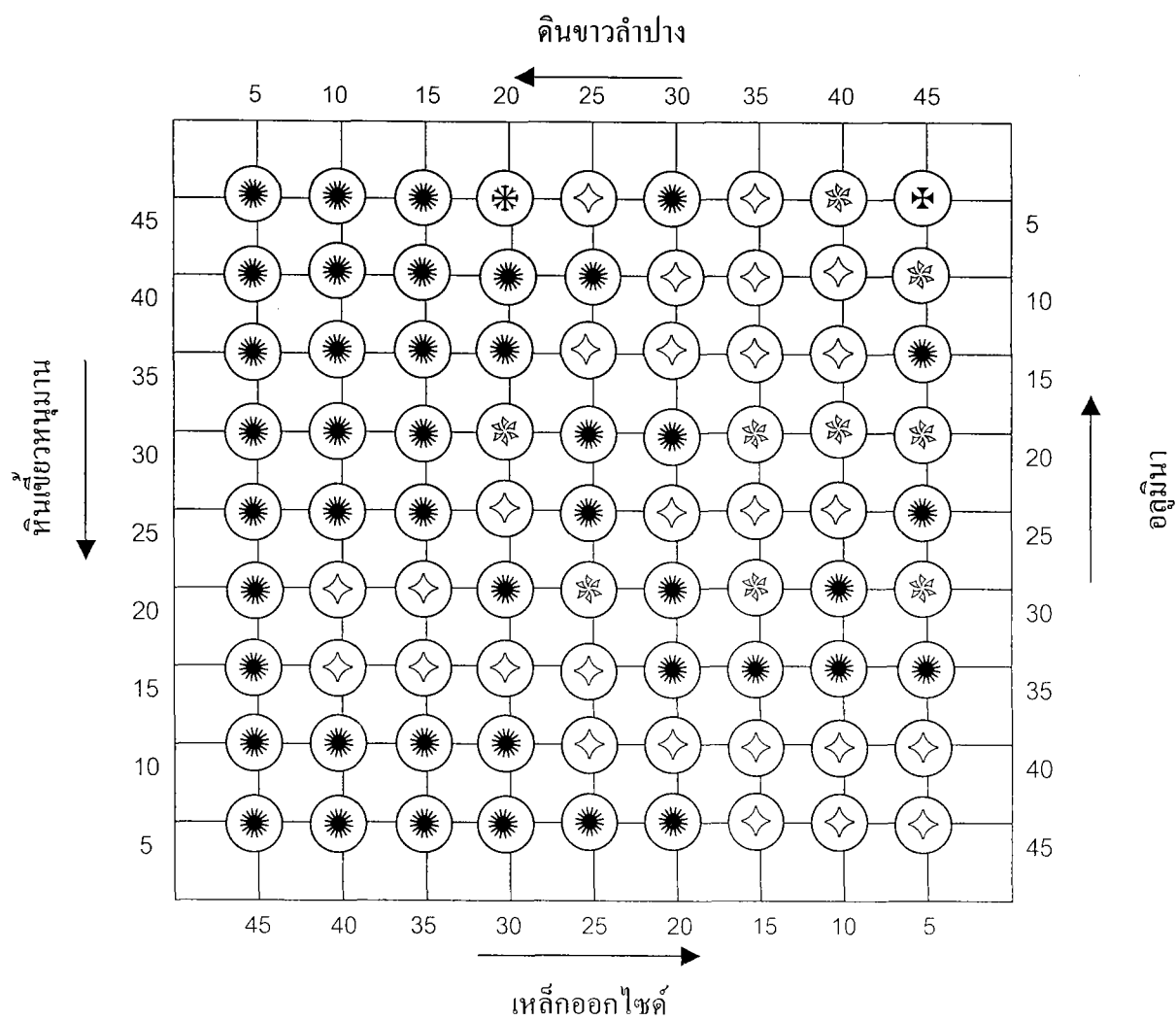
3. กลุ่มสีอื่นๆ ได้แก่ สีดำ 6 สูตร

จากภาพประกอบ 33 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล และกลุ่มสีเหลืองมีความเข้ม 81 สูตร มีสีที่ไม่มีการละลายในเคลือบ 50 สูตร ดังนั้น มีสีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบ 50 สูตร

จากภาพประกอบ 34 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาลและกลุ่มสีเหลือง มีความสดใสทั้งหมด 65 สูตร มีสีที่มีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้นสีที่มีความสดใส มีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 65 สูตร

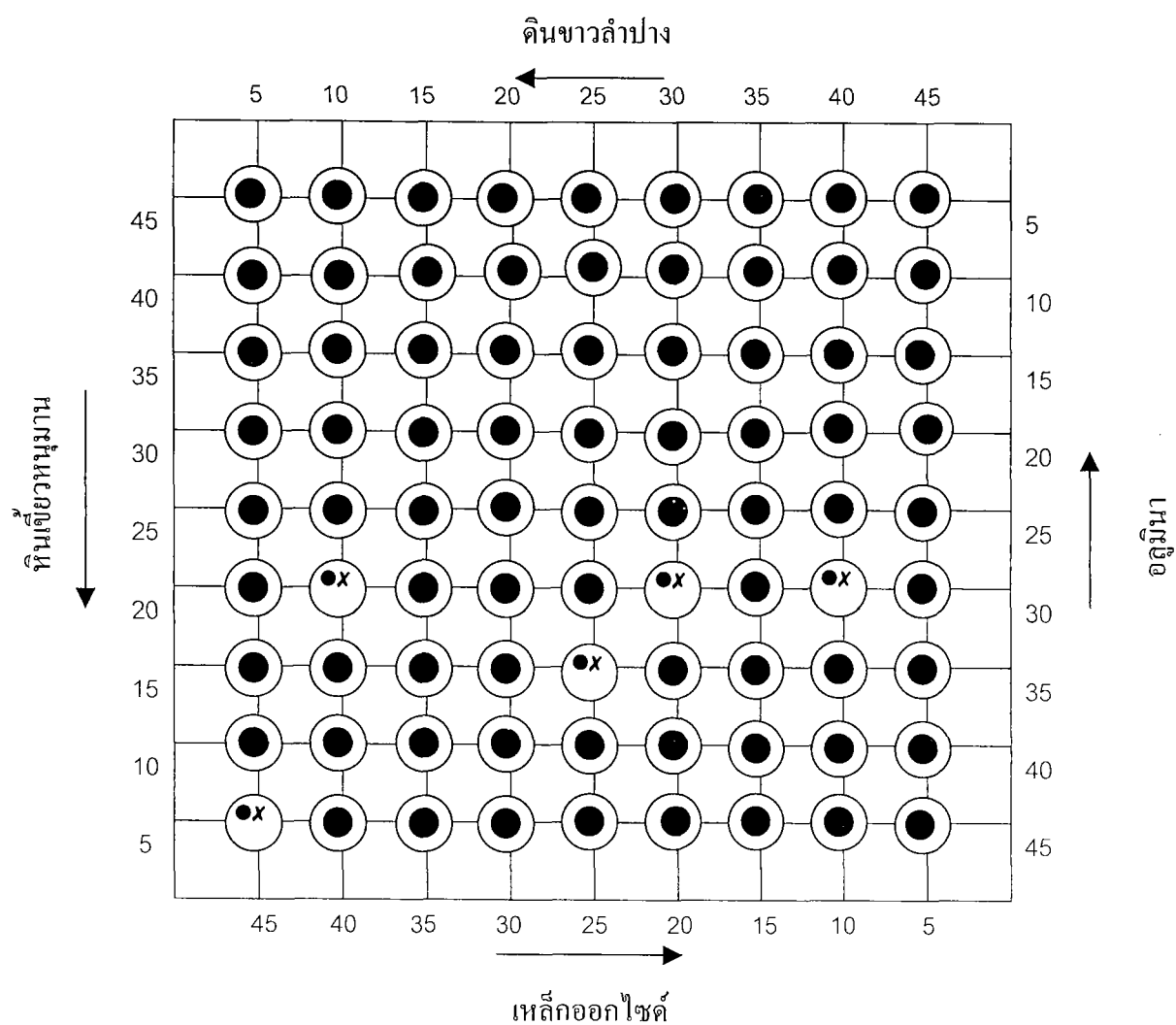
จากภาพประกอบ 32, 33 และ 34 สรุปได้ว่า สีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำตาล และสีเหลือง มีทั้งหมด 41 สูตร แบ่งเป็นกลุ่มสีน้ำตาลทั้งหมด 34 สูตร และกลุ่มสีเหลือง 7 สูตร

2.3 กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาเคลือบแบบรีดักชัน และเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 35 ถึงภาพประกอบ 37

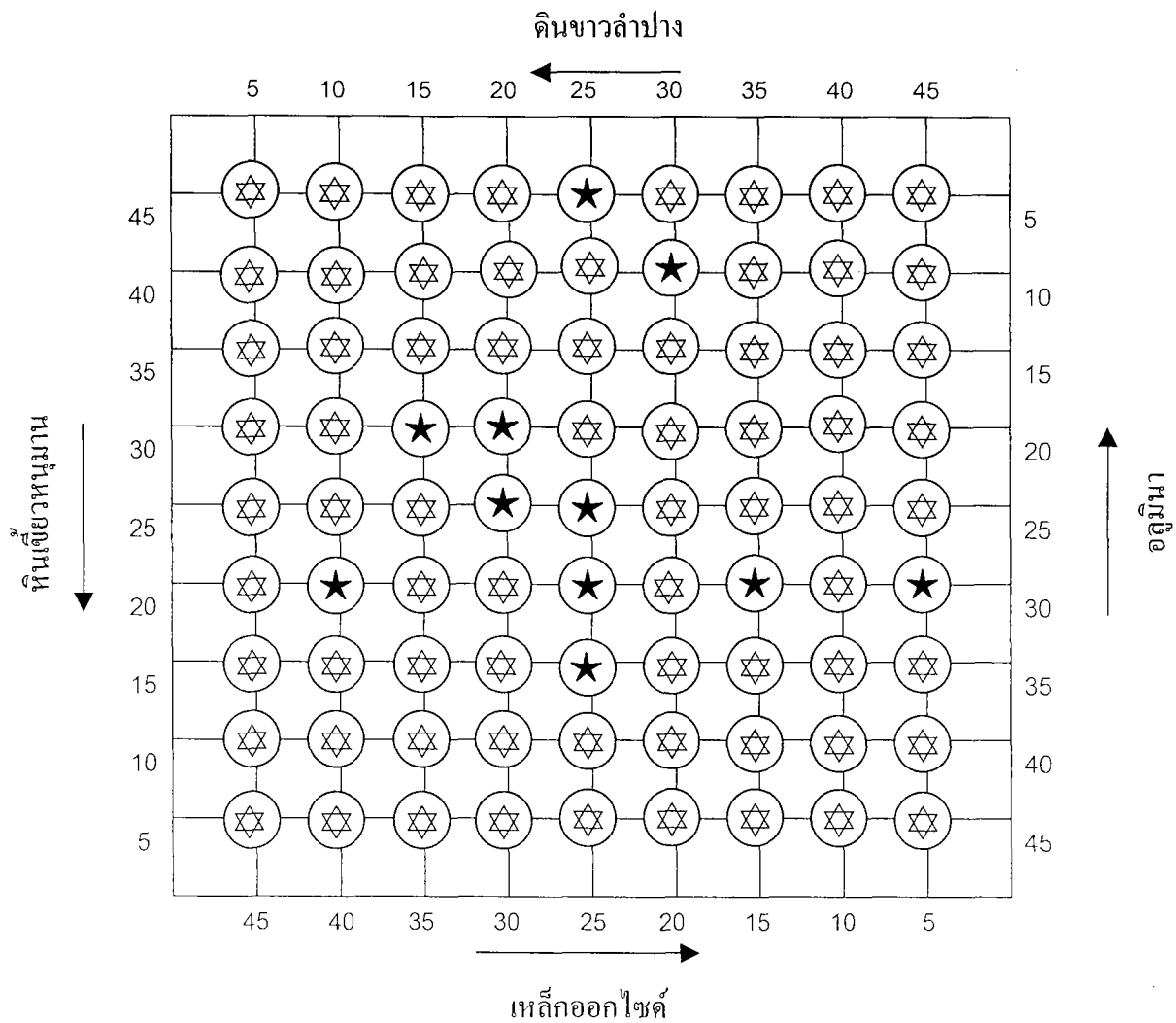


- ☀ หมายถึง น้ำตาลเข้ม
 ◇ หมายถึง น้ำตาล
 ⊕ หมายถึง น้ำตาลแดง
- ✱ หมายถึง น้ำตาลเทา
 ✴ หมายถึง น้ำตาลอ่อน

ภาพประกอบ 35 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลืองบรรยากาศการเผา
แคลไซต์ระดับชั้น บรรยากาศการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 36 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเค็ลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล
สีเหลือง บรรยายภาพการเผาเคลือบสีน้ำร้อนชั้น บรรยายภาพการทดสอบเค็ลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ
1,230 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีดาวและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

☆ หมายถึง สี่ที่มีดาวและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 37 แสดงความสดใหม่ของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่ จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สี่เหลือง บรรยายการเผาแคลเซียมรีดักชัน บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

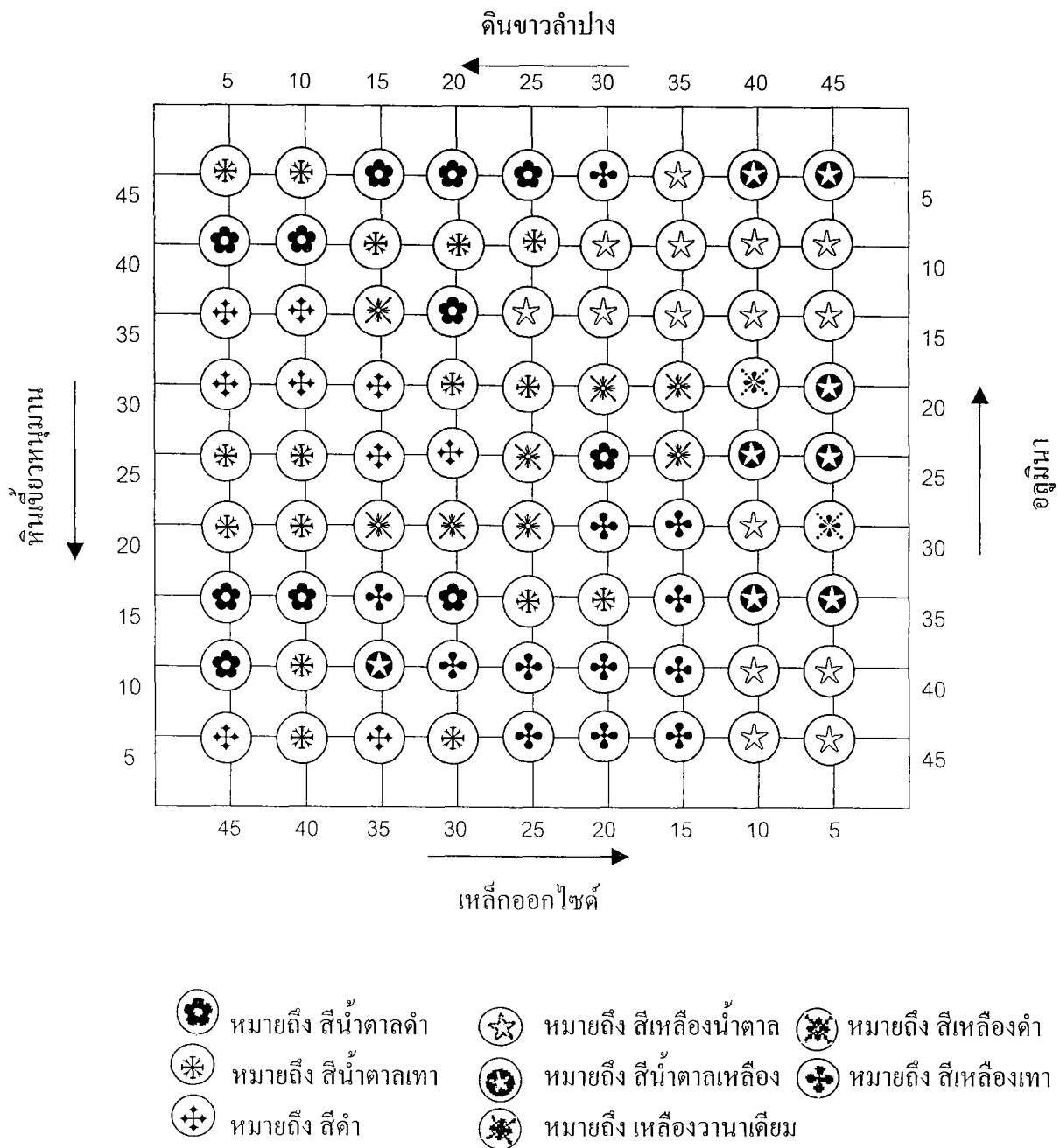
จากภาพประกอบ 35 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีสีเกิดขึ้น 5 สี ดังนั้นคือ กลุ่มสีน้ำตาล ได้แก่ สีน้ำตาลเข้ม 43 สูตร สีน้ำตาล 27 สูตร สีน้ำตาลแดง 1 สูตร สีน้ำตาลเทา 1 สูตร และสีน้ำตาลอ่อน 1 สูตร รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 36 พบว่ากลุ่มสีน้ำตาลและกลุ่มสีเหลืองมีความเข้ม 81 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบ 76 สูตร ดังนั้น มีสีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 76 สูตร

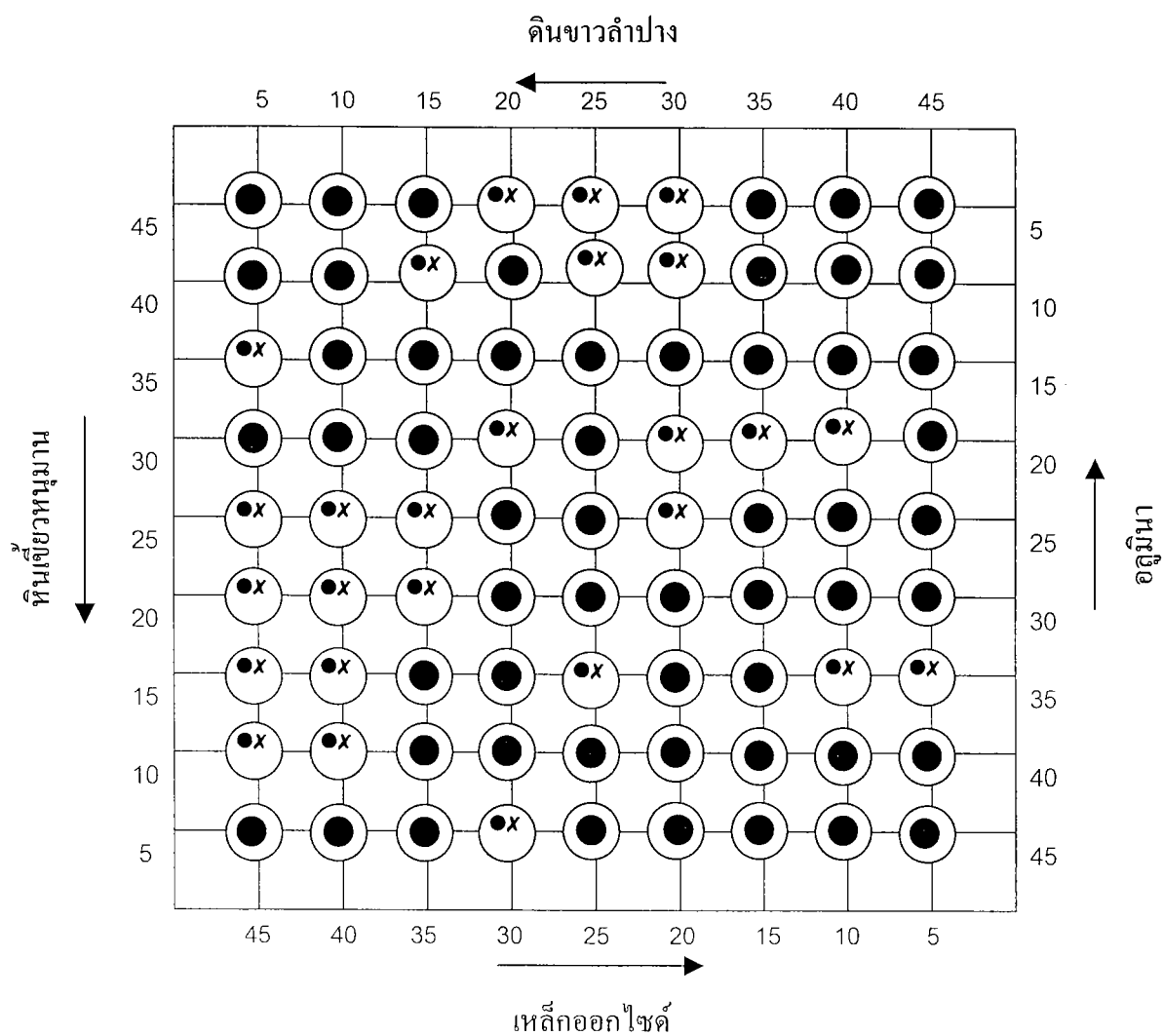
จากภาพประกอบ 37 พบว่ากลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีความสดใสของสีทั้งหมดจำนวน 70 สูตร สีที่มีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้นสีที่มีความสดใสนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 70 สูตร

จากภาพประกอบ 35, 36 และ 37 สรุปได้ว่า สีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองมีทั้งหมด 67 สูตร เป็นกลุ่มสีน้ำตาลทั้งหมด 67 สูตร

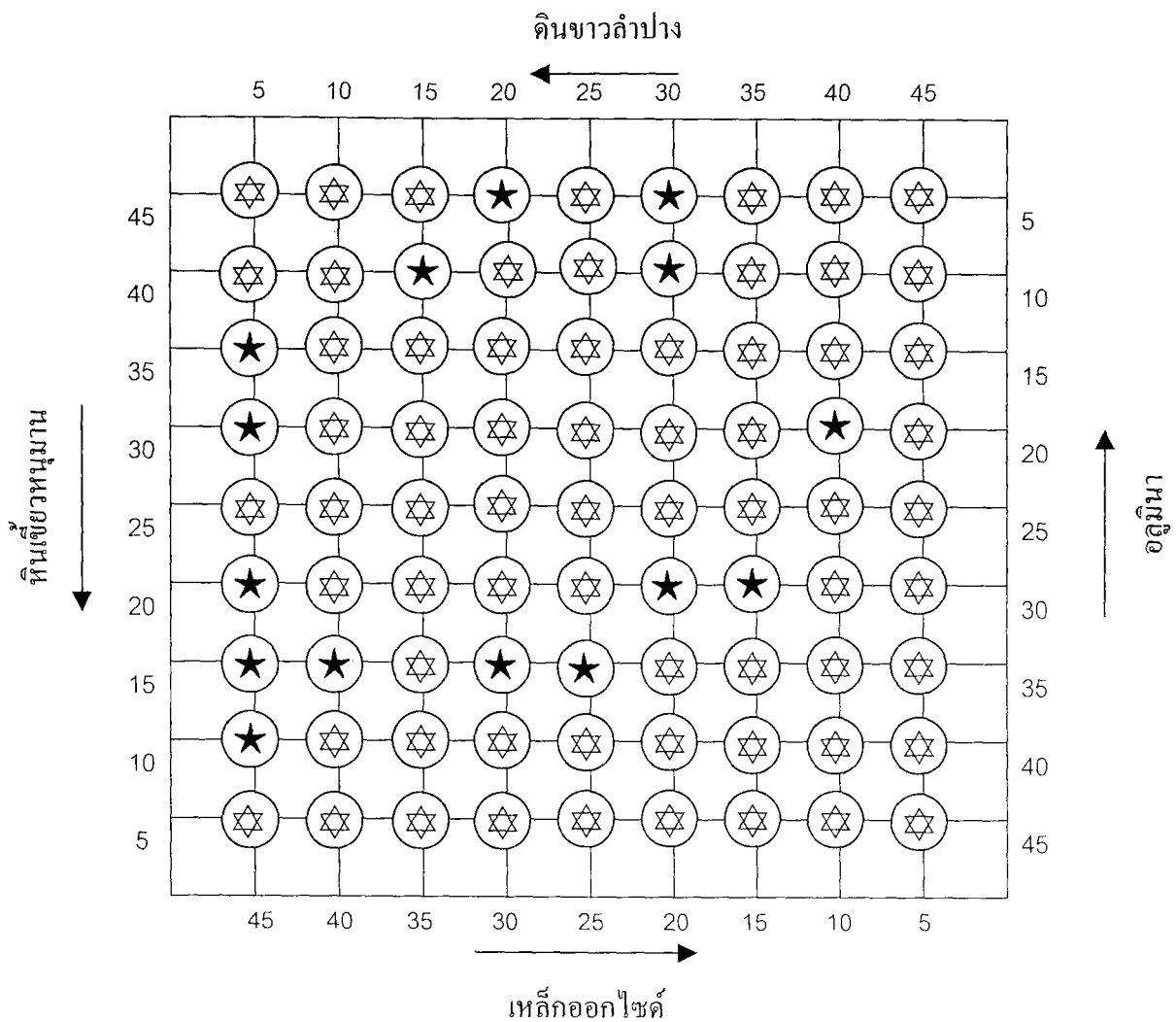
2.4 กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาเคลือบแบบรีดักชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 38 ถึงภาพประกอบ 40



ภาพประกอบ 38 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยายการเผา
แคลไซต์ระดับชั้น บรรยายการทดสอบเคลือบระดับชั้น อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 39 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเค็ลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล
สีเหลือง บรรยายการเผาแคลไซต์ที่ระดับชั้น บรรยายการทดสอบเค็ลือบที่ระดับชั้น อุณหภูมิ
1,230 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีความสะดวกและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

☆ หมายถึง สี่ที่มีความสะดวกและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 40 แสดงความสะดวกของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่ จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง บรรยายการเผาแคลเซียมรีดักชัน บรรยายการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 38 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีสีที่เกิดขึ้น 8 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้

1. กลุ่มสีน้ำตาล ได้แก่ สีน้ำตาลเทา 16 สูตร สีน้ำตาลดำ 11 สูตร สีน้ำตาลเหลือง 8 สูตร สีเหลืองน้ำตาล 15 สูตร รวมทั้งหมด 50 สูตร

2. กลุ่มสีเหลือง ได้แก่ สีเหลืองวานาเดียม 2 สูตร สีเหลืองเทา 12 สูตร สีเหลืองดำ 8 สูตร รวมทั้งหมด 22 สูตร

3. กลุ่มสีอื่นๆ ได้แก่ สีดำ 9 สูตร

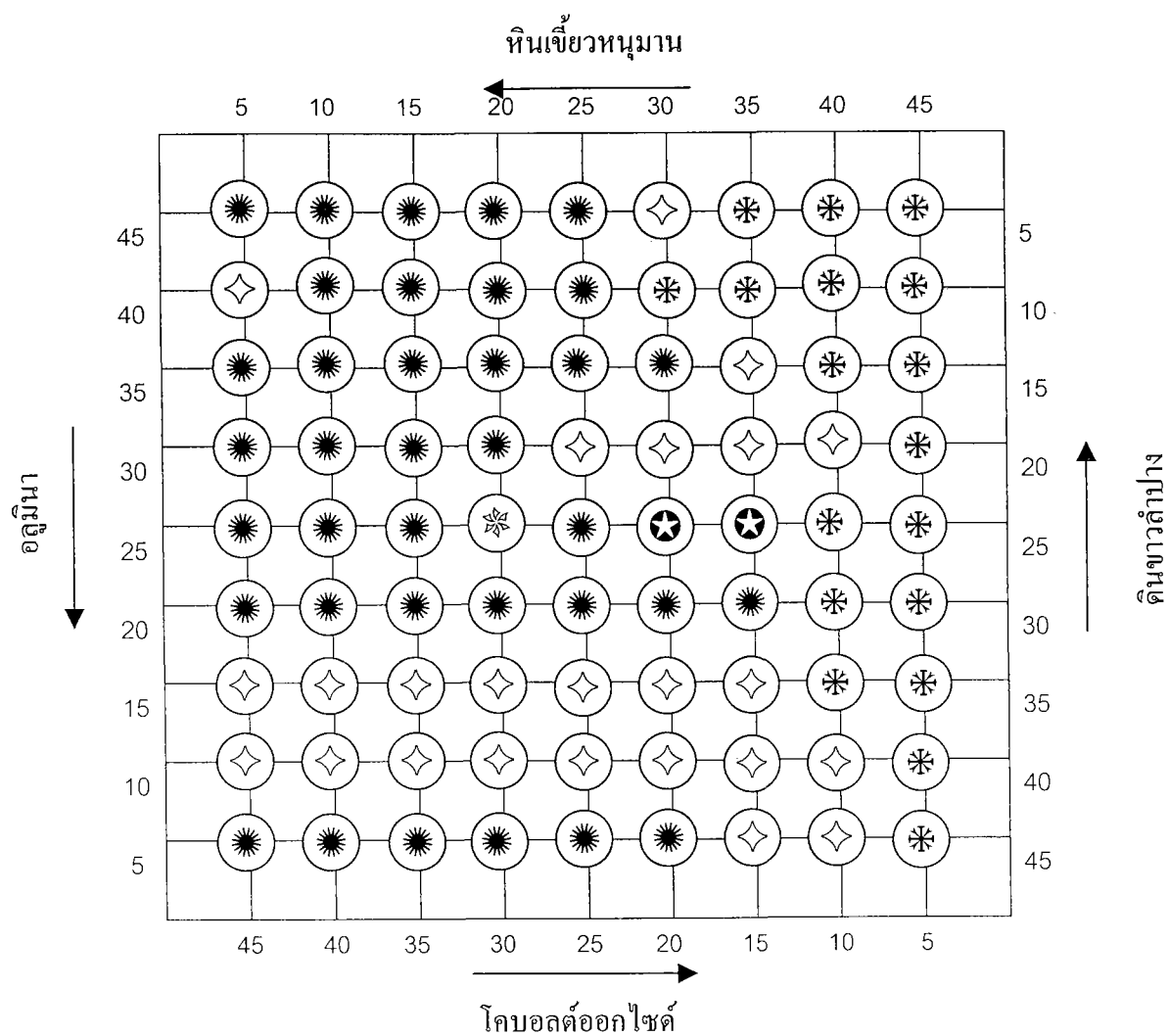
จากภาพประกอบ 39 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลือง มีความเข้มของสี ทั้งหมด 81 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบ 55 สูตร ดังนั้นสีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 55 สูตร

จากภาพประกอบ 40 พบว่า กลุ่มสีน้ำตาล กลุ่มสีเหลืองมีความสดใสของสีทั้งหมด 66 สูตร มีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้นสีที่มีความสดใสของสีและความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 66 สูตร

จากภาพประกอบ 38, 39 และ 40 สรุปได้ว่า สีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำตาลมีทั้งหมด 45 สูตร แบ่งเป็นสีน้ำตาล 30 สูตร และที่เหลือเป็นสีเหลือง 15 สูตร

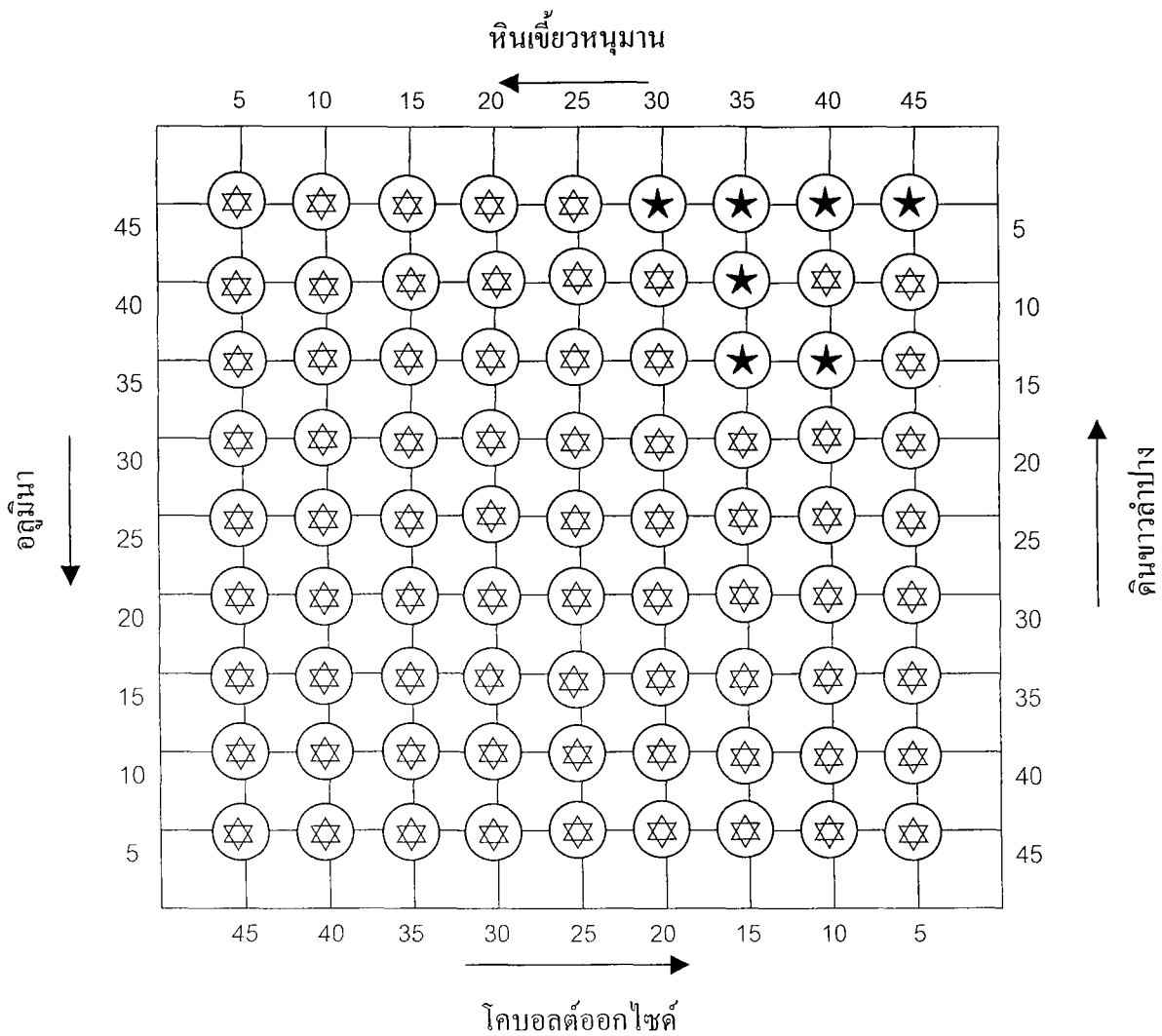
3. กลุ่มสีน้ำเงิน

3.1 กลุ่มสีน้ำเงิน ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 41 ถึงภาพประกอบ 43



- (Sun symbol) หมายถึง สี่น้ำเงินเข้ม (Diamond symbol) หมายถึง สี่น้ำเงิน (Star symbol) หมายถึง สี่เท้าน้ำเงิน
 (Sun symbol with cross) หมายถึง สี่น้ำเงินเทา (Sun symbol with star) หมายถึง สี่น้ำเงินโคบอลต์

ภาพประกอบ 41 แสดงการเกิดสี่จากผลการทดลองกลุ่มสี่น้ำเงิน บรรยายการเผาแคลไซต์
 ออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเกลือบอออกไซด์ออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



-  หมายถึง สี่ที่ไม่มี ความสดใ ส和有 ความทน ความร้อน และคง สภาพ ของ สี่
-  หมายถึง สี่ที่มี ความสดใ ส和有 ความทน ความร้อน และคง สภาพ ของ สี่

ภาพประกอบ 43 แสดงความสดใสของสีและความทนความร้อนและคงสภาพของสี จากผลการทดสอบกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการเผาแคลโซร็อกซิเดชั่น บรรยากาศการทดสอบเคลือบออกซิเดชั่น อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

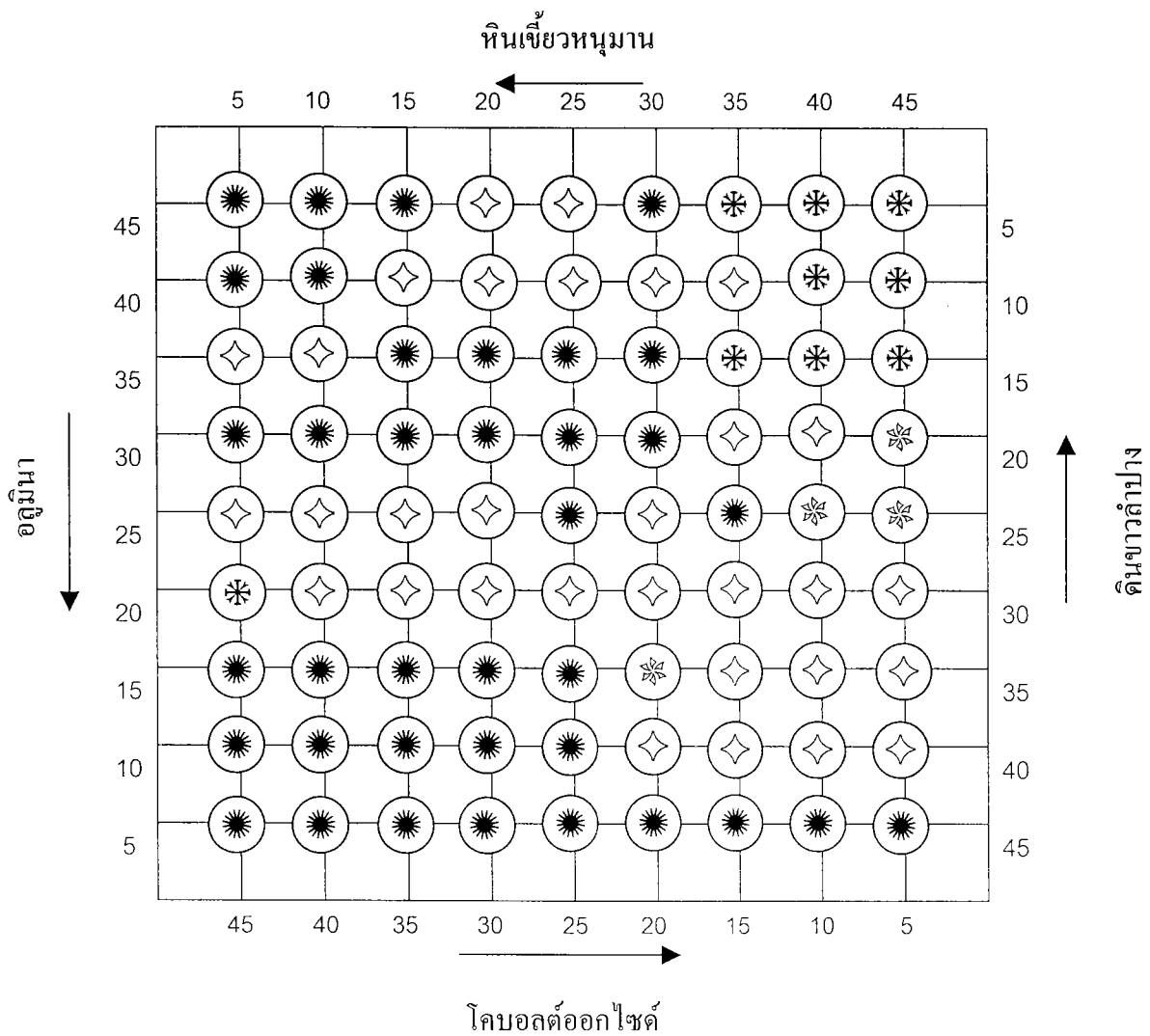
จากภาพประกอบ 41 พบว่า มีกลุ่มสีน้ำเงิน เกิดขึ้น 5 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้ คือ อยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน ได้แก่ สีน้ำเงินเข้ม 36 สูตร สีน้ำเงิน 24 สูตร สีน้ำเงินเทา 18 สูตร สีน้ำเงินโบลด์ 1 สูตร สีเทาน้ำเงิน 2 สูตร รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 42 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงิน มีความเข้มของสีทั้งหมด 81 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายในเคลือบมีทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 43 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินที่มีความสดใสของสีทั้งหมด 74 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความสดใสและทนความร้อนและคงสภาพของสีมีทั้งหมด 74 สูตร

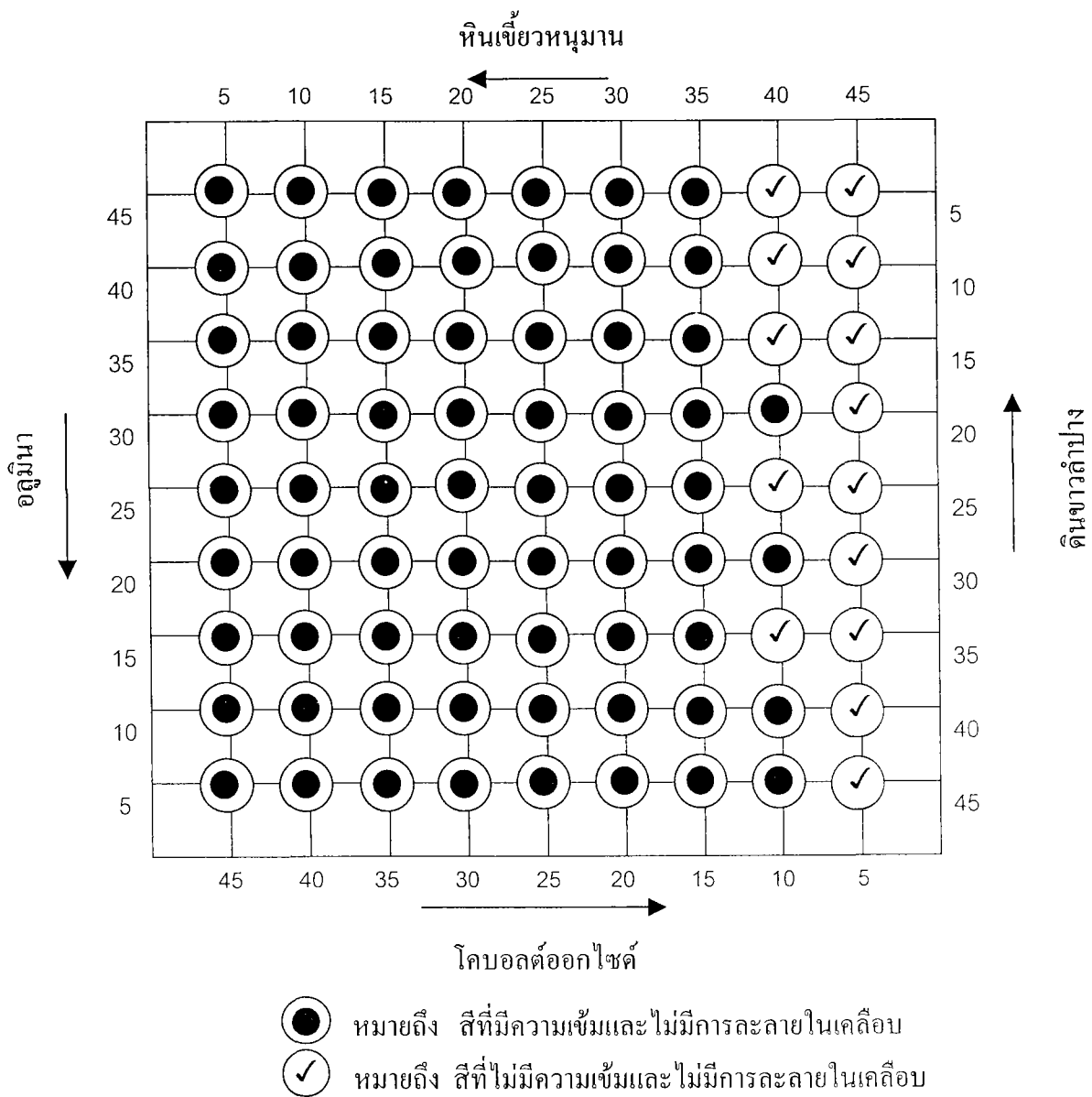
จากภาพประกอบ 41, 42 และ 43 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำเงิน มีทั้งหมด 74 สูตร

3.2 กลุ่มสีน้ำเงิน ที่เผาเคลือบแบบออกซิเดชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 44 ถึงภาพประกอบ 46

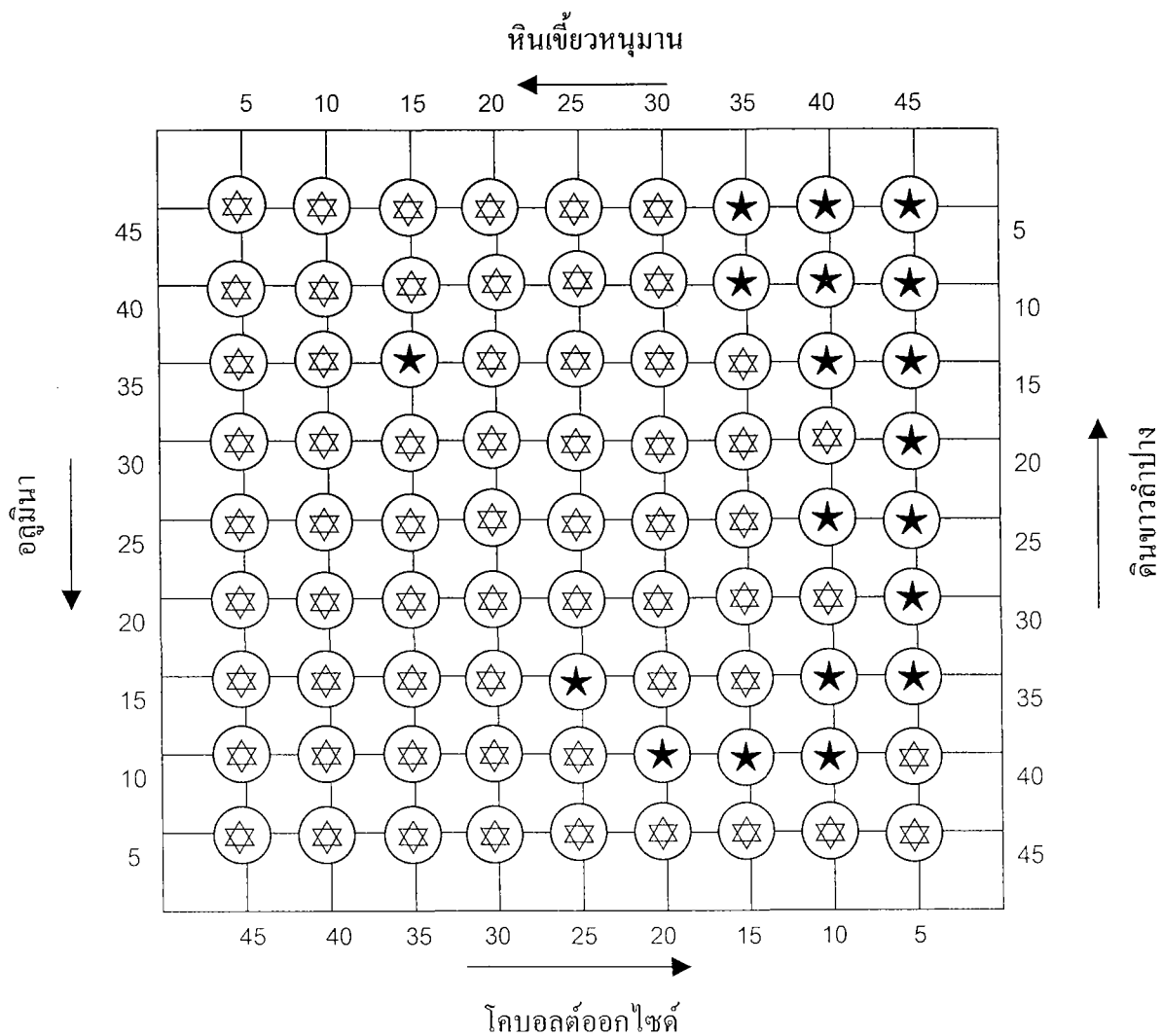


- ☀ หมายถึง น้ำเงินเข้ม ◇ หมายถึง น้ำเงิน
 ⊕ หมายถึง น้ำเงินเทา ☆ หมายถึง น้ำเงินโคบอลต์

ภาพประกอบ 44 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มน้ำเงิน บรรยายภาพการเผาเคลือบ
 ออกซิเดชัน บรรยายภาพการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 45 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบจากการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน
 บรรยายการเผาเคลือบสีออกซิเดชัน บรรยายการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230
 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

☆ หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 46 แสดงความสดใสของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่ จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายภาสการเผาเคลือบสีออกซิเดชั่น บรรยายภาสการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

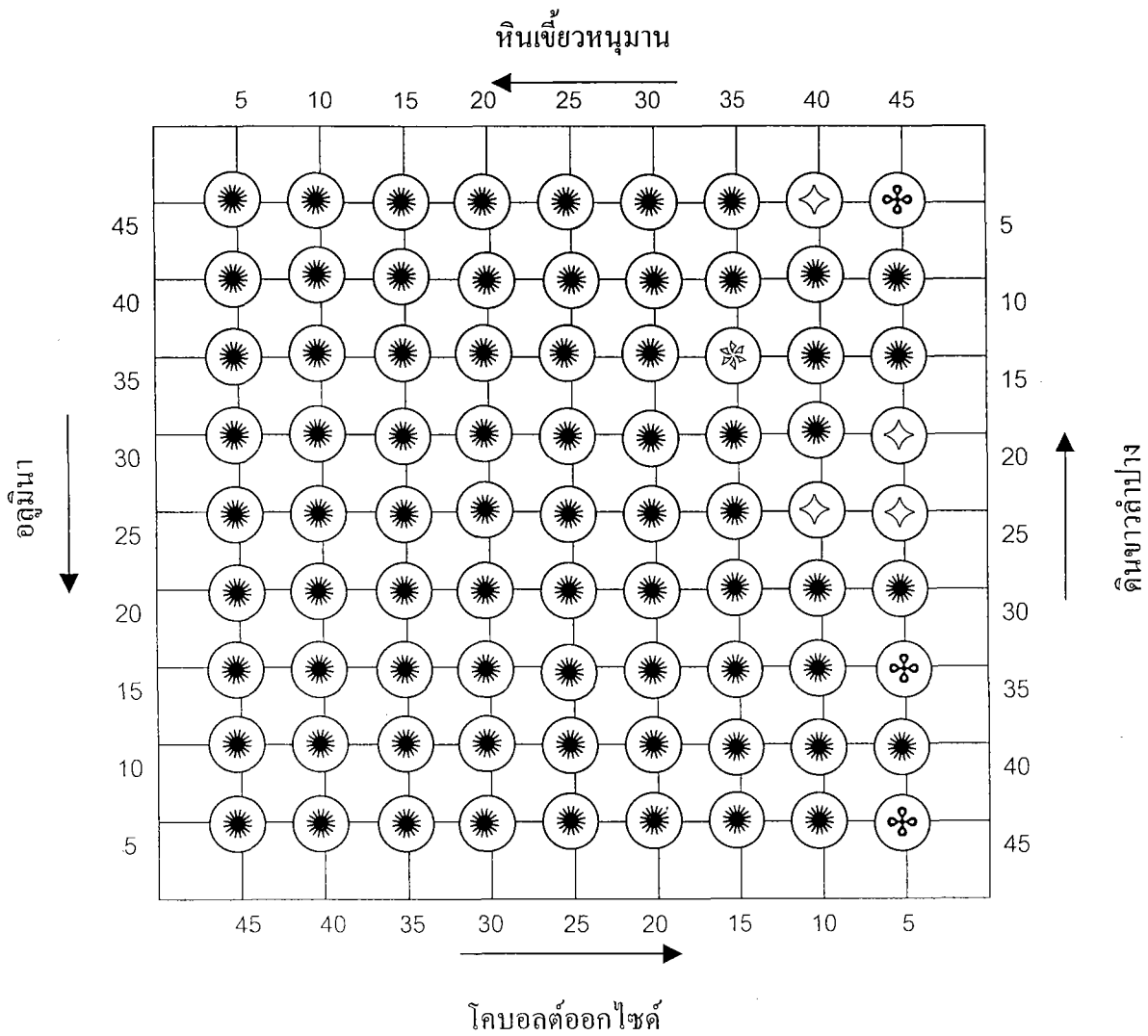
จากภาพประกอบ 44 พบว่า มีกลุ่มสีน้ำเงิน เกิดขึ้น 4 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้คือ สี อยู่ใน
กลุ่มสีน้ำเงิน ได้แก่ สีน้ำเงินเข้ม 37 สูตร สีน้ำเงิน 31 สูตร สีน้ำเงินเทา 9 สูตร และสีน้ำเงิน
โบลด์ 4 สูตร รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 45 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงิน มีความเข้มของสีทั้งหมด 67 สูตร สีไม่มีการ
ละลายในเคลือบทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายในเคลือบมีอยู่
67 สูตร

จากภาพประกอบ 46 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินที่มีความสดใสทั้งหมด 62 สูตร สีมีความทน
ความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความสดใสและทนความร้อนและคง
สภาพของสี มีทั้งหมด 62 สูตร

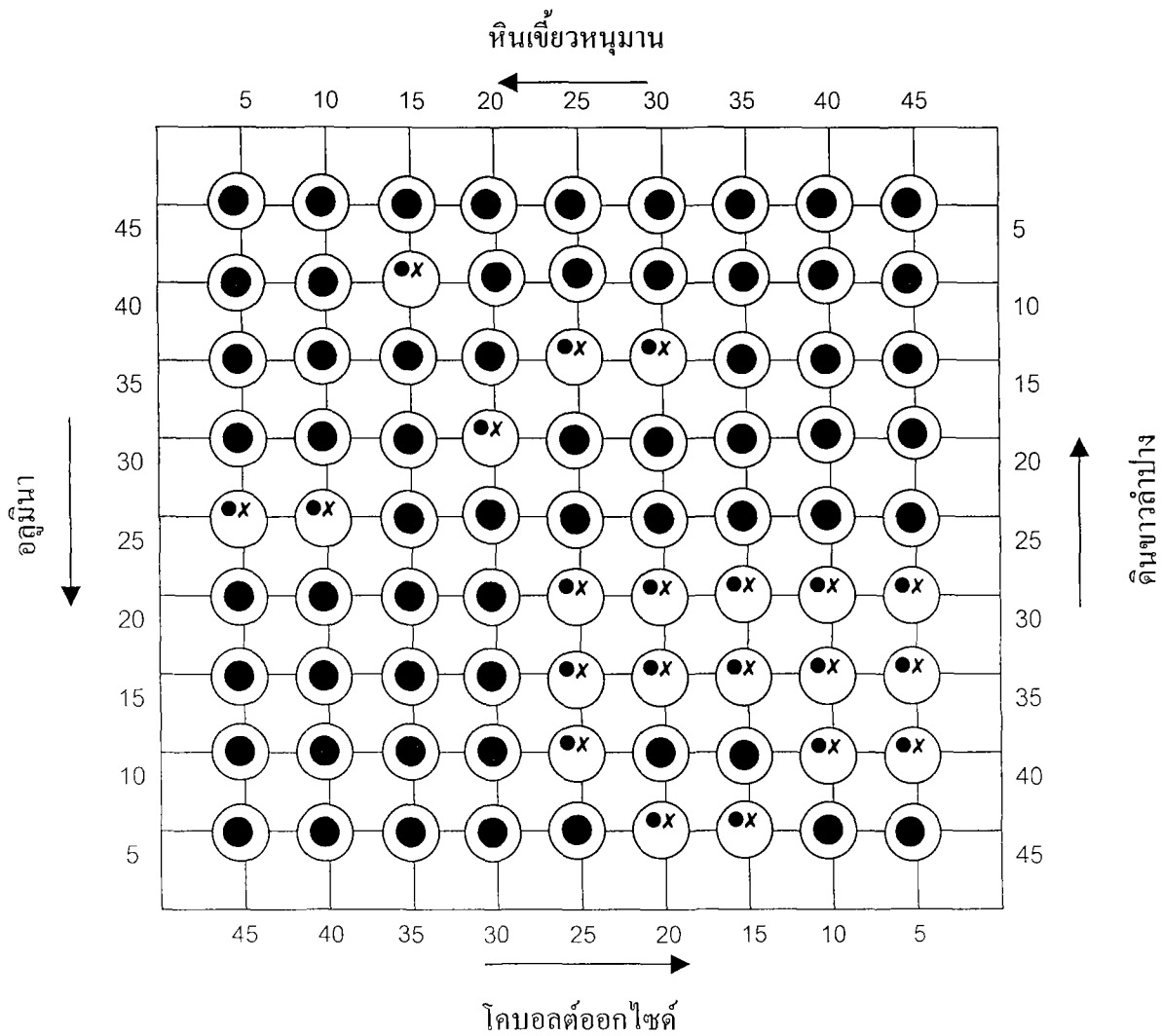
จากภาพประกอบ 44, 45 และ 46 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสี
น้ำเงินมีทั้งหมด 60 สูตร

3.3 กลุ่มสีน้ำเงิน ที่เผาเคลือบแบบรีดักชันและเผาเคลือบออกซิเดชัน แสดงการเกิดสี
ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี
ตามภาพประกอบ 47 ถึงภาพประกอบ 49



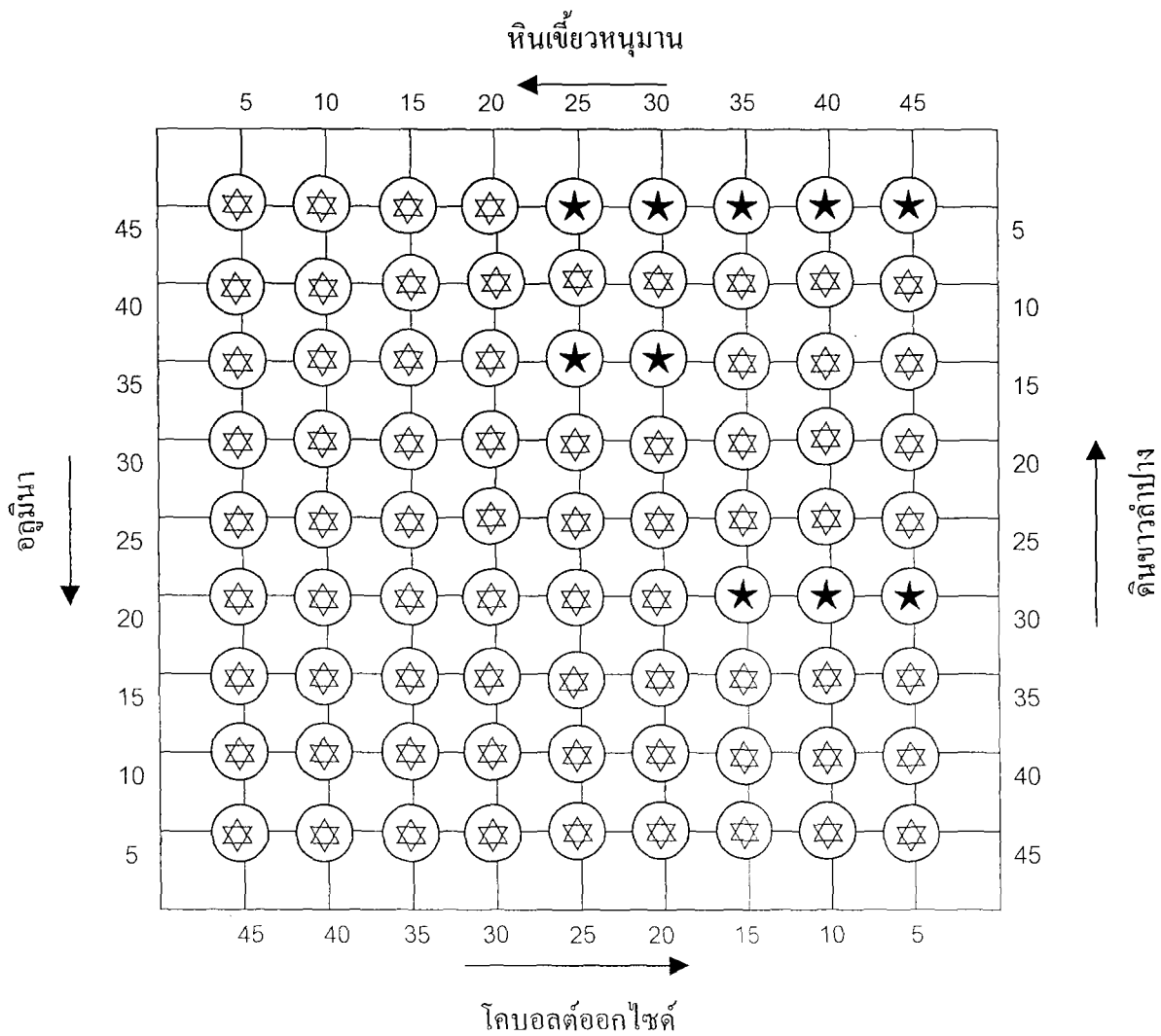
- | | | | |
|---|------------------------|---|------------------------|
| ☀ | หมายถึง น้ำเงินเข้ม | ◇ | หมายถึง น้ำเงิน |
| ☸ | หมายถึง น้ำเงินฟลิค็อก | ★ | หมายถึง น้ำเงินโคบอลต์ |

ภาพประกอบ 47 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาแคลไซน์
รีดักชัน บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



- หมายถึง สีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบ
 ●x หมายถึง สีที่มีความเข้มและมีการละลายในเคลือบ

ภาพประกอบ 48 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน
 บรรยายการเผาเคลือบสีน้ำเงินระดับขั้น บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230
 องศาเซลเซียส



★ หมายถึง สีที่ไม่มีควมสดใสและความทนความร้อนและคงสภาพของสี

☆ หมายถึง สีที่มีความสดใสและความทนความร้อนและคงสภาพของสี

ภาพประกอบ 49 แสดงความสดใสของสีและความทนความร้อนและคงสภาพของสี จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาแคลไซน์รีดักชัน บรรยายการทดสอบเคลือบออกซิเดชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

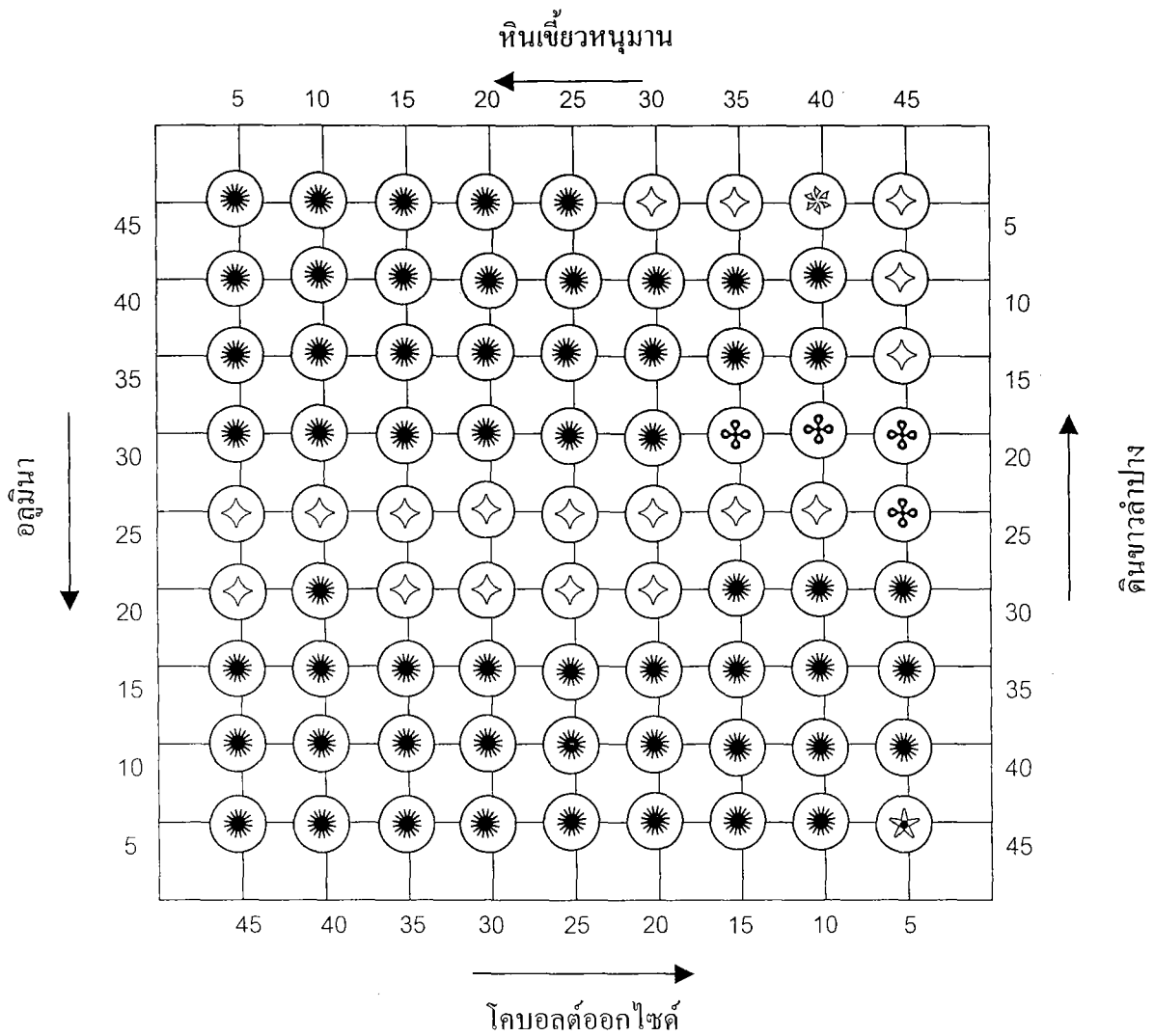
จากภาพประกอบ 47 พบว่า มีกลุ่มสีน้ำเงินเกิดขึ้น 4 สี แบ่งกลุ่มได้ดังนี้คือ สีอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงินได้แก่ สีน้ำเงินเข้ม 73 สูตร สีน้ำเงิน 4 สูตร สีน้ำเงินพลีค็อก 3 สูตรและสีน้ำเงินโคบอลต์ 1 สูตร รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 48 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินมีความเข้มของสีทั้งหมด 81 สูตร สีที่ไม่มีการละลายในเคลือบ 60 สูตร ดังนั้นสีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายในเคลือบมีอยู่ 60 สูตร

จากภาพประกอบ 49 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินที่มีความสดใสมีทั้งหมด 71 สูตร สีที่มีความทนความร้อนและคงสภาพของสีมีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้นสีที่มีความสดใสของสีและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีมีทั้งหมด 71 สูตร

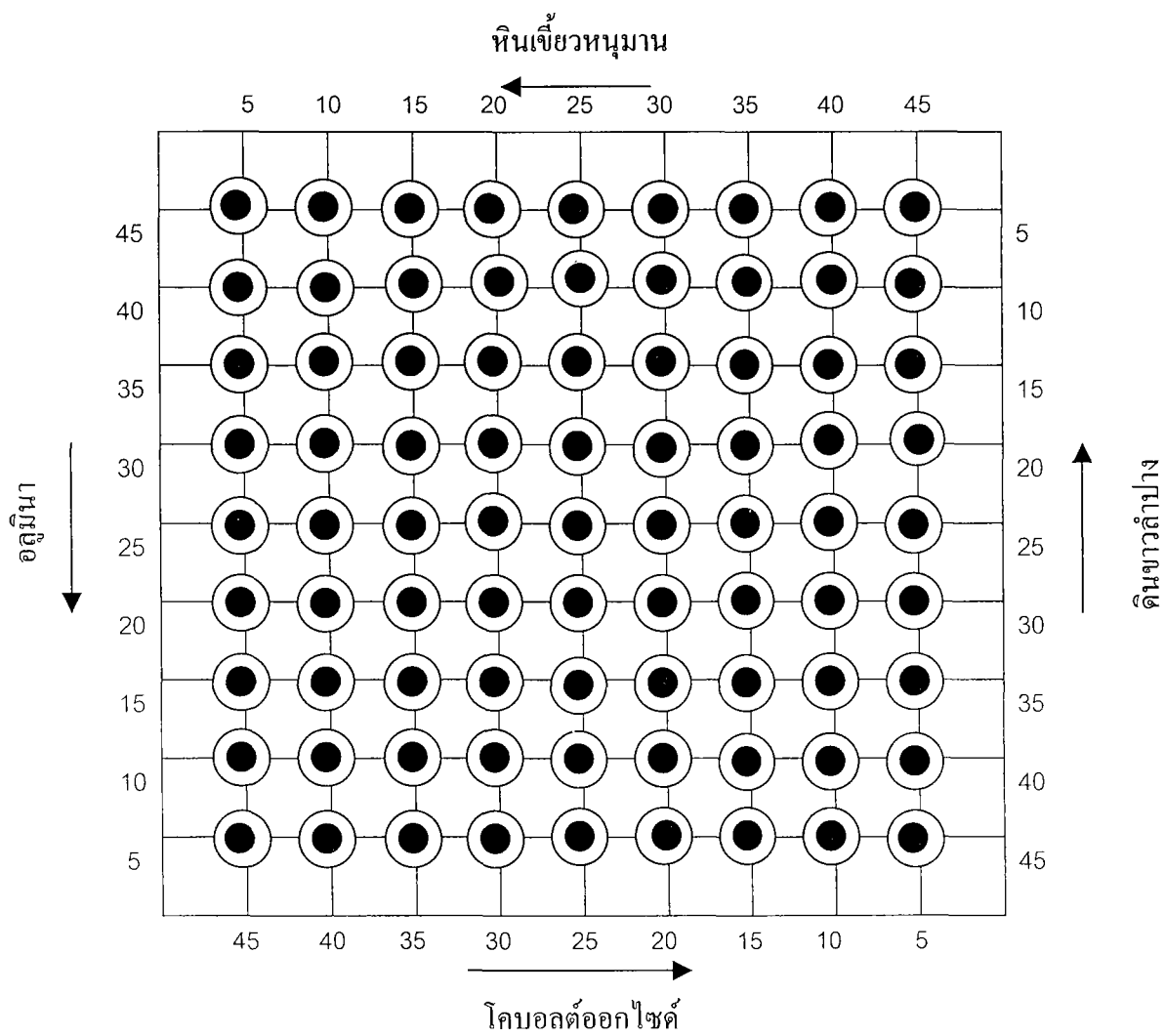
จากภาพประกอบ 47, 48 และ 49 สรุปได้ว่า สีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำเงินมีทั้งหมด 55 สูตร

3.4 กลุ่มสีน้ำเงิน ที่เผาเคลือบแบบรีดักชันและเผาเคลือบรีดักชัน แสดงการเกิดสี ความเข้มของสี การละลายในเคลือบ ความสดใสของสี และความทนความร้อนและคงสภาพของสี ตามภาพประกอบ 50 ถึงภาพประกอบ 52



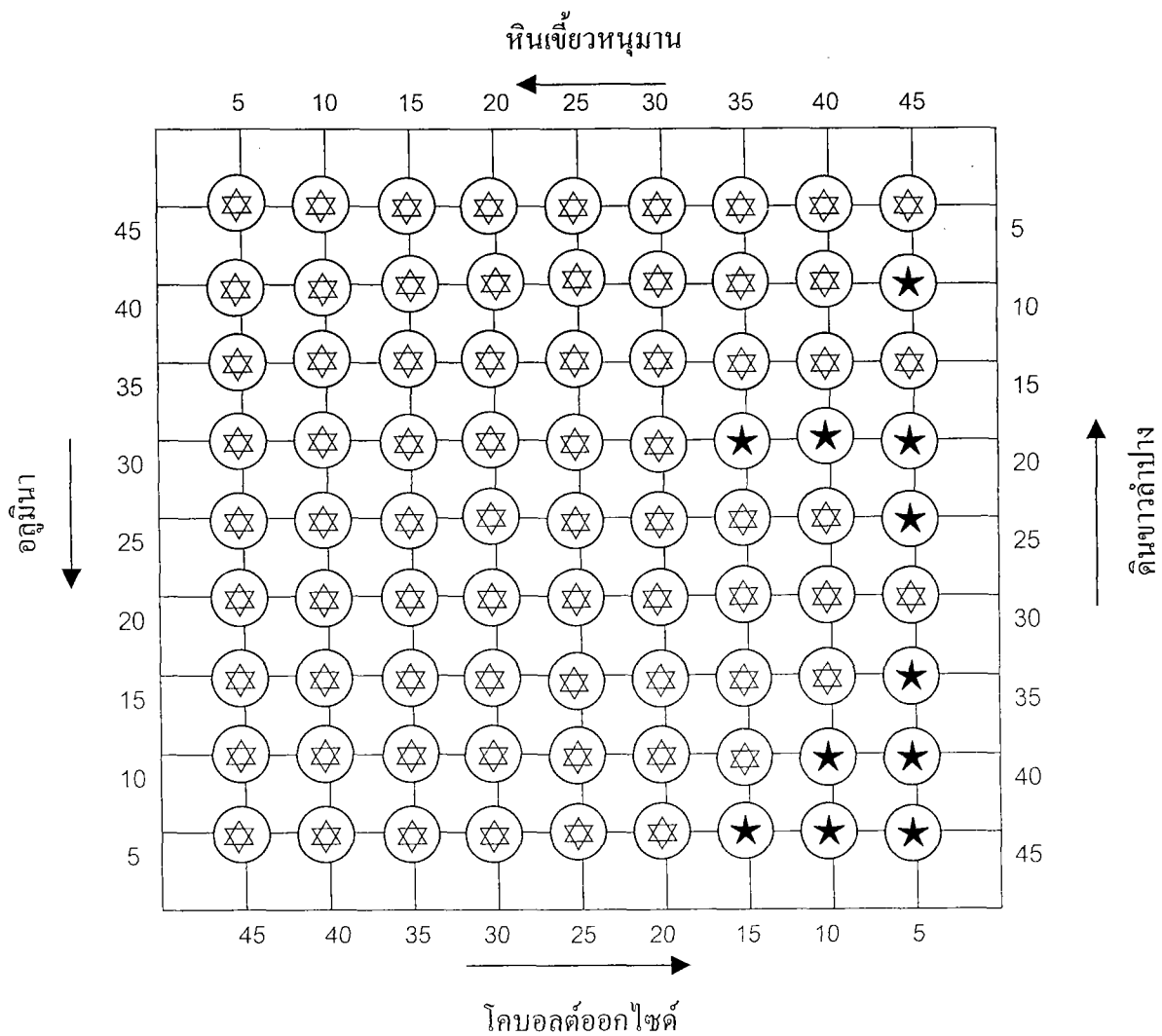
- | | | | |
|---|------------------------|---|------------------------|
|  | หมายถึง น้ำเงินเข้ม |  | หมายถึง น้ำเงิน |
|  | หมายถึง น้ำเงินพลีค็อก |  | หมายถึง น้ำเงินโคบอลต์ |
|  | หมายถึง น้ำเงินอ่อน | | |

ภาพประกอบ 50 แสดงการเกิดสีจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยากาศการเผาเคล้าไนน์
รีดักชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส



● หมายถึง สีที่มีความเข้มและไม่มีการละลายในเคลือบ

ภาพประกอบ 51 แสดงความเข้มของสีและการละลายในเคลือบจากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน
บรรยากาศการเผาแคลไซน์รีดักชัน บรรยากาศการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศา
เซลเซียส



★ หมายถึง สี่ที่ไม่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

☆ หมายถึง สี่ที่มีความสดใสและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสี่

ภาพประกอบ 52 แสดงความสดใสของสี่และความทนความร้อนและคงสภาพของสี่ จากผลการทดลองกลุ่มสีน้ำเงิน บรรยายการเผาแคลไซต์รีดักชัน บรรยายการทดสอบเคลือบรีดักชัน อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

จากภาพประกอบ 50 พบว่า มีกลุ่มสีน้ำเงินเกิดขึ้น แบ่งกลุ่มได้ดังนี้ คือ สีที่อยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน ได้แก่ สีน้ำเงินเข้ม 57 สูตร สีน้ำเงิน 18 สูตร สีน้ำเงินพลีค็อก 4 สูตร สีน้ำเงินโคบอลต์ 1 สูตร และสีน้ำเงินอ่อน 1 สูตร รวมทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 51 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินมีความเข้มของสีทั้งหมด 81 สูตร สีไม่มีการละลายในเคลือบทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความเข้มของสีและไม่มีการละลายทั้งหมด 81 สูตร

จากภาพประกอบ 52 พบว่า กลุ่มสีน้ำเงินที่มีความสดใสของสีทั้งหมด 70 สูตร สีมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 81 สูตร ดังนั้น สีที่มีความสดใสของสีและมีความทนความร้อนและคงสภาพของสีทั้งหมด 70 สูตร

จากภาพประกอบ 50, 51 และ 52 สรุปได้ว่าสีที่ใช้งานได้ตามเกณฑ์กำหนดนั้นในกลุ่มสีน้ำเงินมีทั้งหมด 70 สูตร

สรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. กลุ่มสีเขียว สีชมพู พบว่ามีกลุ่มสีเขียว สีชมพูเกิดขึ้นและใช้งานได้ร้อยละ 72.22 แยกเป็นกลุ่มสีเขียว ร้อยละ 65.54 และสีชมพู ร้อยละ 6.68
2. กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง พบว่ามีกลุ่มสีน้ำตาล สีเหลืองเกิดขึ้นและใช้งานได้ร้อยละ 81.93 แยกเป็นกลุ่มสีน้ำตาล ร้อยละ 73.54 และสีเหลือง ร้อยละ 8.39
3. กลุ่มสีน้ำเงิน พบว่ามีกลุ่มสีน้ำเงินเกิดขึ้นและใช้งานได้ร้อยละ 98.69

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเกิดสีตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ถ้าเกิดสีอื่นก็จะคัดออกไปไม่นำมาคิดคำนวณด้วย สีที่ใช้งานได้จะต้องไม่มีการละลายในเคลือบ สีมีความสดใส มีความเข้มของสี ทนความร้อนและคงสภาพของสีโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทำสีได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใสอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยายภาพการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน

จุดมุ่งหมายการทดลอง

การทดลองมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดลองอัตราส่วนผสมสีตกแต่งได้เคลือบอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียสบรรยายภาพออกซิเดชันและรีดักชัน โดยนำออกไซด์ของโลหะทำปฏิกิริยากับสารประกอบพวกอลูมินेट โบเรต ซิลิเกต จากวัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีเขียวและสีชมพูคือ หินเขียวหนุมาน โพแทสเซียมไดโครเมต ดิบบุกออกไซด์ วัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง คือ เหล็กออกไซด์ อลูมินา ดินขาวล่าป่าง หินเขียวหนุมาน และวัตถุดิบที่ใช้ทำสีในกลุ่มสีน้ำเงิน คือ โคบอลต์ออกไซด์ ดินขาวล่าป่าง หินเขียวหนุมาน อลูมินา และทดสอบคุณสมบัติของสีได้เคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยายภาพออกซิเดชันและรีดักชัน ซึ่งการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ใช้การสุ่มตัวอย่างอัตราส่วนระหว่างส่วนผสมวัตถุดิบบนแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส จำนวน 3 กลุ่มสี กลุ่มสีละ 81 จุด นำอัตราส่วนผสมดังกล่าว มาทดลองเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยายภาพออกซิเดชันและรีดักชัน เลือกว่าอัตราส่วนที่ไม่หลอมละลายเป็นแก้ว และมีการเกิดสีไปทดลองในตอนที่ 2

ตอนที่ 2 นำอัตราส่วนผสมของสีได้เคลือบที่มีอัตราส่วนที่เหมาะสมเป็นสีไปผสมกาวกระฉิน กลีเซอริน ดินขาว น้ำ นำไปเขียนสีได้เคลือบทดสอบกับเคลือบใสอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยายภาพออกซิเดชันและรีดักชัน แล้วนำมาให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์และเปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นกับตารางสีสำเร็จรูปของบริษัท โอเรียลตัล เซราเทค

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย โพแทสเซียมไดโครเมต หินเขียวหนุมาน

ดิบูกอออกไซด์ หินปูน บอแรกซ์ เฟอริกออกไซด์ อลูมินา ดินขาวลำปาง โครมิกออกไซด์ โคบอลต์ ออกไซด์

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีดังนี้คือ

1. เตาไฟฟ้า (electric kiln)
2. เตาแก๊ส (gas kiln)
3. ตู้อบ
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าชนิดละเอียด มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม และกรัม
5. พู่กัน
6. ถ้วยทดลอง
7. กระจงเก็บสี
8. ถังล้างสี
9. ตระแกรงร่อนขนาด 120, 300 เมช (mesh)
10. เครื่องวัดอุณหภูมิ
11. ถ้วยตวง
12. กระบอกตวง
13. โกร่งบด
14. แป้นหมุนสำหรับटकแต่ง

การดำเนินการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยแต่ละตอนมีลำดับขั้นการทดลองดังนี้คือ
การทดลองตอนที่ 1 มีลำดับขั้นการทดลอง คือ

1. นำวัตถุดิบมาชั่งตามอัตราส่วนผสม
2. นำมาบดเปียกเพื่อให้ผสมกัน
3. นำไปอบแห้ง
4. นำใส่ถ้วยทดลองมีฝาปิด แล้วนำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

5. คัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมจากสี่ที่ได้ ไม่หลอมเป็นแก้วและเกิดสี

6. นำสีมาบดเปียกแล้วอบแห้ง จะได้ผงสีสำเร็จรูป

การทดลองตอนที่ 2 มีลำดับขั้นตอนการทดลองคือ

1. นำสีมาชั่งผสมดินร้อยละ 30 ทุกสูตร ผสมกาวกระดิน 10 หยด กลีเซอริน 10 หยด น้ำ 2 เท่า ของสี

2. นำมาเขียนลงบนชิ้นทดลองโดยใช้ฟู่กันจีน ลงบนชิ้นทดลอง สูตรละ 2 ชิ้น

3. เขียนอักษรกำกับชิ้นทดลองทั้ง 2 บรรยากาศ โดยถ้าเผาบรรยากาศรีดักชันให้ใช้ “R” และเผาออกซิเดชันให้ใช้ “O”

4. นำไปชุบเคลือบใส แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส

5. นำผลการทดลองที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์เพื่อเทียบหาคุณสมบัติของสีสำเร็จรูปได้เคลือบในคุณสมบัติที่เกี่ยวกับ การละลายในเคลือบ สีที่เกิดขึ้น ความเข้มของสี ความสดใสของสี การคงทนความร้อนและการคงสภาพของสี

ผลการทดลอง

จากการทดลองได้ผลการทดลองแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้ ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำส่วนผสมของสีจำนวนกลุ่มละ 81 จุด ในแต่ละกลุ่มประกอบด้วย ส่วนผสมของสารที่ให้ทำให้เกิดกลุ่มสีดังนี้ คือ กลุ่มสีเขียว สีชมพู ซึ่งมีสารที่ให้สีคือ หินเขียวหนุมาน โพแทสเซียมไดโครเมต ดินบุกออกไซด์ หินปูน ร้อยละ 5 ถึง 45 จำนวน 81 จุด และเพิ่มบอแรกซ์ร้อยละ 3 ผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนผสมของสีที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมมุติฐาน อยู่ในกลุ่มสีเขียวและกลุ่มสีชมพู โดยจะแบ่งออกได้ ดังนี้ คือ แคลไซน์ ออกซิเดชัน กลุ่มที่ให้สีเขียวได้แก่ จุดที่ 1,2,3,4,5,6,7,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42, 43,51,52,53,54,55,56,57,58,71,72,73 รวมทั้งหมด 46 จุด ส่วนกลุ่มสีชมพู ได้แคลไซน์ออกซิเดชันได้แก่ จุดที่ 8,9,10,11,26,27,28,29,44,45,46,47,48,49,50,59,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,74,75, 76,77,78,79,80,71, รวมทั้งหมด 35 จุด โดยประกอบด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต ร้อยละ 5 – 10 หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5 – 45 ดินบุกออกไซด์ร้อยละ 5 – 45 หินปูน ร้อยละ 5 – 45 แคลไซน์รีดักชัน กลุ่มสีเขียวได้แก่ จุดที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,30 31, 32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42,43,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,65,66,67,68,69,7 0,71,72,73,74,75,76,77 รวมทั้งหมด 66 จุด โดยประกอบด้วย โพแทสเซียมไดโครเมต ร้อยละ 5 – 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 – 45 ดินบุกออกไซด์ร้อยละ 5 – 45 หินปูนร้อยละ 5 – 45 แคลไซน์

รีดักชันกลุ่มสีเขียวได้แก่ จุดที่ 11,27,28,29,44,45,46,47,48,63,64,78,79,80,81, จำนวน 15 จุด ประกอบด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต ร้อยละ 5 – 15 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 – 40 ดินบุกออกไซด์ ร้อยละ 35 – 45 หินปูน ร้อยละ 10 – 45

กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ซึ่งมีสารให้สีคือ เฟอริกออกไซด์ อลูมินา ดินขาวลำปาง หินเขียวหนุมาน ร้อยละ 5 ถึง 45 จำนวน 81 จุด เพิ่ม โครมิกออกไซด์ ร้อยละ 2 เผาแคลไซต์ที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส จะได้สีในกลุ่มสีน้ำตาลทั้งหมด 81 สูตร โดยจะออกสีโทนน้ำตาล ไม่มีสีที่แคลไซต์ออกในกลุ่มสีเหลือง

แคลไซต์รีดักชันจะได้สีน้ำตาลปนดำ ทั้ง 81 สูตร โดยสีจะเข้มกว่าบรรยากาศรีดักชัน

กลุ่มสีน้ำเงิน ซึ่งมีสารให้สี คือ โคบอลต์ออกไซด์ ดินขาวลำปาง หินเขียวหนุมาน อลูมินา และเพิ่มโครมิกออกไซด์ ร้อยละ 2 เผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชัน จะได้สีในกลุ่มสีน้ำเงินเข้มทั้ง 81 สูตร

แคลไซต์รีดักชันจะได้กลุ่มสีน้ำเงิน สดใส กว่าสีในกลุ่มออกซิเดชัน จำนวน 81 สูตร

จากการทดลองสูตรทั้ง 3 กลุ่มสี ไม่มีการหลอมละลายเป็นแก้ว แสดงว่าสามารถนำมาทำเป็นสีสำเร็จรูปในขั้นตอนที่ 2 ได้

ตอนที่ 2 นำสีสำเร็จรูปที่ได้ทั้ง 3 กลุ่มสี บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน จำนวน 486 ถ้วยทดลอง มาบด ล้างน้ำอุ่น จนสารที่ตกค้างออกหมดแล้ว โดยสังเกตจาก น้ำที่ล้างออกไม่มีฝ้าและสีละลาย ลอยอยู่ข้างบน นำสีทั้งหมดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำผงสีที่ได้มาชั่ง ผสมกับดิน กาวกระถิน กลิเซอริน และ น้ำ นำไปบดให้ละเอียด นำมาเขียนลงบนชิ้นทดลองที่เตรียมไว้ จำนวนสูตรละ 2 ชิ้นทดลอง ทดสอบกับเคลือบ 2 บรรยากาศ คือ ออกซิเดชัน และรีดักชัน จำนวนชิ้นทดลองทั้งหมด 1944 ชิ้น นำไปเผาที่อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส ได้สีที่ทดสอบเคลือบออกมา นำไปวิเคราะห์โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้วิเคราะห์คุณสมบัติของสีดังนี้คือ การละลายในเคลือบ ดูจากสีที่เขียนลงบนชิ้นทดลอง มีการละลายเกิดขึ้นหรือไม่ละลายโดยใช้สายดาววิเคราะห์อย่างพินิจ สีที่เกิดขึ้น การดูสีโดยเทียบกับตารางสีของบริษัท โอเรียลคัล เซราเทค ความเข้มของสี สังเกตจากสีที่เกิดขึ้นเข้มพอที่จะเขียนลงบนผลิตภัณฑ์ได้ ความสดใสของสีสังเกตจากสีมีความสดใสไม่ขุ่นมัว ความทนความร้อนและคงสภาพของสี สังเกตสีเมื่อสีทำปฏิกิริยากับเคลือบ สีไม่จางหายไปและไม่เกิดปฏิกิริยากับเคลือบ

สีที่ได้จากการทดสอบเคลือบปรากฏผลดังนี้

1. กลุ่มสีเขียว เผาแคลไซต์ ออกซิเดชัน ทดสอบเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน

สีที่ได้ทดลองนำมาทดสอบกับเคลือบปรากฏผลการทดลองพบว่า กลุ่มที่สีใกล้เคียงกับสีของบริษัท โอเรียลคัล เซราเทคมีดังนี้คือ สูตรที่อยู่ในกลุ่มสีเขียว สีชมพู ใกล้เคียง กับสีในกลุ่มรหัสสี

สูตรที่ 19 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 25 ใกล้เคียงกับ 20507B เกรย์ (gray)

สูตรที่ 28 ใกล้เคียงกับ 20747B แมรูน (maroon)

สูตรที่ 36 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 45 ใกล้เคียงกับ 20747B แมรูน (maroon)

สูตรที่ 57 ใกล้เคียงกับ 20506 บราวน์เกรย์ (brown gray)

สูตรที่ 61 ใกล้เคียงกับ 20749 คาร์คแมรูน (darkmaroon)

สูตรที่ 72 ใกล้เคียงกับ 21677 คาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 74 ใกล้เคียงกับ 20747 แมรูน (maroon)

สูตรที่ 75 ใกล้เคียงกับ 20747A แมรูน (maroon)

กลุ่มสีที่ใช้ได้ ใกล้เคียงกับ บริษัทสีมีสีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียวอยู่ 2 สูตร คือ สูตรที่ 19 และ สูตรที่ 36 ส่วนสีที่อยู่ใกล้เคียงกับสีชมพู คือ สูตรที่ 28, 45, 61, 74, 75 สูตรที่ใช้ได้ตามสมมติฐานที่วางไว้ คือ สูตรที่ 19, 28, 36, 45, 61, 74, 75

กลุ่มสีเขียวเผาเคลนไนส์ รีคักชัน ทดสอบเคลือบออกซิเดชัน สีที่ได้จากการทดลองนำมาทดสอบกับเคลือบปรากฏผลการทดลองพบว่า กลุ่มสีที่มีสีใกล้เคียงกับบริษัทโอเรียลตัด เซราเทค คือ สูตรสีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียว ชมพูใกล้เคียงกับสีในกลุ่มสีรหัสสี

สูตรที่ 4 ใกล้เคียงกับ 21721 ไอรอน เรด (iron red)

สูตรที่ 10 ใกล้เคียงกับ 21677 คาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 13 ใกล้เคียงกับ 20507B เกรย์ (gray)

สูตรที่ 16 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 22 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 35 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 38 ใกล้เคียงกับ 21644 คอฟฟี่แบล็ค (coffe black)

สูตรที่ 39 ใกล้เคียงกับ 21644 คอฟฟี่แบล็ค (coffe black)

สูตรที่ 40 ใกล้เคียงกับ 21644 คอฟฟี่แบล็ค (coffe black)

สูตรที่ 46 ใกล้เคียงกับ 20747A แมรูน (maroon)

สูตรที่ 47 ใกล้เคียงกับ 20747A แมรูน (maroon)

สูตรที่ 63 ใกล้เคียงกับ 20757A พิงค์ (pink)

กลุ่มสีที่ใช้ได้ ใกล้เคียงกับ บริษัทสีมีสีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียวอยู่ 7 สูตร คือ สูตรที่ 16, 17, 22, 35, 46, 47, 63 ส่วนสีที่อยู่ใกล้เคียงกับสีชมพู คือ สูตรที่ 46, 47, 63 สูตรที่ใช้ได้ตามสมมติฐาน

ที่ตั้งไว้ คือสูตรที่ 16, 17, 22, 35, 46, 47, 63

กลุ่มสีเขียวเผาเคลไขน้ออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบรีดักชัน สีที่ได้จากการทดลองนำมาทดสอบกับเคลือบปรากฏผลการทดลองพบว่า กลุ่มสีที่มีสีใกล้เคียงของบริษัทโอเรียลคัล เซราเทค ดังนี้ คือ

สูตรที่ 2 ใกล้เคียงกับ 20101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 3 ใกล้เคียงกับ 20104A กรีน (green)

สูตรที่ 5 ใกล้เคียงกับ 21104A กรีน (green)

สูตรที่ 6 ใกล้เคียงกับ 21106B พลิก็อคกรีน (peacock green)

สูตรที่ 12 ใกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 13 ใกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 18 ใกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 19 ใกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 30 ใกล้เคียงกับ 20102 พลิก็อคกรีน (peacock green)

สูตรที่ 37 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 38 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 39 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 41 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 50 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 57 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 69 ใกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

กลุ่มที่เผาทดสอบเคลือบบรรยากาศรีดักชัน จะไม่มีกลุ่มสีชมพูปนอยู่เลย

กลุ่มสีที่ใช้ได้ ใกล้เคียงกับ บริษัทสีมีสีที่อยู่ในกลุ่มสีเขียวได้แก่ สูตรที่ 2, 3, 5, 6, 12, 13, 18, 19, 30, 37, 38, 39, 41, 50, 57, 59 สูตรที่ไม่ได้ตามสมมติฐานคือ สูตรที่ 50 , 59 เนื่องจากสีไม่มีความสดใสและไม่ทนความร้อน

กลุ่มสีเขียวเผาเคลไขนรีดักชันทดสอบกับเคลือบเผาบรรยากาศรีดักชันสีที่ได้จากการทดลองนำมาทดสอบกับเคลือบปรากฏผลการทดลองพบว่า กลุ่มสีที่ได้ใกล้เคียงกัน กับ บริษัทโอเรียลคัล เซราเทค ดังนี้คือ

สูตรที่ 1 ใกล้เคียงกับ 21101 โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 2 ใกล้เคียงกับ 21104 กรีน (green)

สูตรที่ 3 ใกล้เคียงกับ 21104 กรีน (green)

สูตรที่ 4 โกล้เคียงกับ 20104B กรีน (green)

สูตรที่ 5 โกล้เคียงกับ 21104 กรีน (green)

สูตรที่ 5 โกล้เคียงกับ 21104B กรีน (green)

สูตรที่ 13 โกล้เคียงกับ 20104B กรีน (green)

สูตรที่ 14 โกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 16 โกล้เคียงกับ 20101B โครมกรีน (chrom green)

สูตรที่ 21 โกล้เคียงกับ 21104 กรีน (green)

สูตรที่ 30 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 31 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 38 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 41 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 49 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

สูตรที่ 50 โกล้เคียงกับ MG-4A มอสส์กรีน (moss green)

กลุ่มสีที่ได้โกล้เคียงกับ บริษัทสีในกลุ่มสีเขียวได้แก่ สูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 13, 14, 16, 21, 30, 31, 38, 41, 49, 50 สีที่ใช้งานได้เป็นไปตามสมมติฐานคือสูตรสีทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น

กลุ่มที่ทดสอบเคลือบบรรยากาศสีจะไม่มีกลุ่มสีชมพูปนอยู่เลย

กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลือง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสีบริษัทโอเรียลคัล เซราเทค ผลการทดสอบเปรียบเทียบคือ เมื่อนำเอาสีน้ำตาล สีเหลืองไปเคล็ไชน์ออกซิเจน และเผาบรรยากาศออกซิเจนเมื่อเทียบกับตารางสีของบริษัทโอเรียลคัล เซราเทค จะได้สีดังนี้คือ

สูตรที่ 1 โกล้เคียงกับ 20650 คาร์คอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 2 โกล้เคียงกับ 20650 คาร์คอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 20 โกล้เคียงกับ 20630 คอฟฟี่บราวน์ (coffee brown)

สูตรที่ 21 โกล้เคียงกับ 20650 คาร์คอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 22 โกล้เคียงกับ 20506A บราวน์เกรย์ (brown gray)

สูตรที่ 23 โกล้เคียงกับ 26650A คาร์คอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 34 โกล้เคียงกับ 21677 คาร์คอบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 56 โกล้เคียงกับ 20630 คอฟฟี่บราวน์ (coffee brown)

สูตรที่ 57 โกล้เคียงกับ 20630 คอฟฟี่บราวน์ (coffee brown)

สูตรที่ 70 โกล้เคียงกับ 206620 เรดบราวน์ (red brown)

กลุ่มสีที่ได้โกล้เคียงกับ บริษัทสีในกลุ่มน้ำตาลได้แก่ สูตรที่ 1, 2, 20, 21, 22, 34, 56,

57, 70 สีที่ใช้งานได้เป็นไปตามสมมติฐานคือสูตรสีทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น

กลุ่มสีน้ำตาลเทาแคลไซน์บรรยากาศออกซิเดชัน และเผาทดสอบกับเคลือบบรรยากาศ ริดักชันเปรียบเทียบกับตารางสีของบริษัทโอเรียลตัล เซราเทคจะได้สีดังนี้คือ

สูตรที่ 1 โกล้เคียงกับ 21409 แบล็ค (black)

สูตรที่ 2 โกล้เคียงกับ 21408 แบล็ค (black)

สูตรที่ 7 โกล้เคียงกับ 21345 โลท์บราวน์ (light brown)

สูตรที่ 9 โกล้เคียงกับ 21644 คอฟฟี่แบล็ค (coffee black)

สูตรที่ 17 โกล้เคียงกับ 21671 ดาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 26 โกล้เคียงกับ 21315 วานาเดียมเยลโล (vanadium yellow)

สูตรที่ 73 โกล้เคียงกับ 21409 แบล็ค (black)

สูตรที่ 74 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

กลุ่มสีที่ได้โกล้เคียงกับ บริษัทสีในกลุ่มสีน้ำตาลได้แก่ สูตรที่ 7, 17, 74 สูตรโกล้เคียงกับ สีเหลืองคือสูตรที่ 26 สูตรที่ใช้งานได้เป็นไปตามสมมติฐานคือสูตร 7, 17, 74 ส่วนสูตรอื่นๆ ไม่ตรงตามสมมติฐานและมีการละลายในเคลือบ

กลุ่มสีน้ำตาลเทาแคลไซน์บรรยากาศ ริดักชัน และเผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชันเปรียบเทียบกับตารางสีของบริษัทโอเรียลตัล เซราเทคจะได้สีดังนี้คือ

สูตรที่ 1 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 2 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 3 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 4 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 5 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 9 โกล้เคียงกับ 21671 ดาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 10 โกล้เคียงกับ 21671 ดาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 11 โกล้เคียงกับ 21671 ดาร์คบราวน์ (dark brown)

สูตรที่ 12 โกล้เคียงกับ 20620 เรดบราวน์ (red brown)

สูตรที่ 28 โกล้เคียงกับ 20620 เรดบราวน์ (red brown)

สูตรที่ 35 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 36 โกล้เคียงกับ 20650 ดาร์คคอฟฟี่บราวน์ (dark coffee brown)

สูตรที่ 45 โกล้เคียงกับ 20650 คอฟฟี่บราวน์ (coffee brown)

สูตรที่ 46 โกล้เคียงกับ 20650 คอฟฟี่บราวน์ (coffee brown)

กลุ่มสีที่ได้ใกล้เคียงกับ บริษัทสีในกลุ่มสีน้ำตาล คือ สูตรทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นที่ใช้งานได้ตามสมมติฐานคือสูตรทุกสูตรยกเว้นสูตรที่ 1 กับ 36 เนื่องจากการละลายในเคลือบ

กลุ่มสีน้ำตาลเผาเคลไฮดรอกไซด์รีดักชัน และเผาเคลือบบรรยากาศรีดักชันเปรียบเทียบกับตารางสีของบริษัทโอเรียลคัล เซราเทคจะได้สีดังนี้คือ

สูตรที่ 1 ใกล้เคียงกับ 21409 แบล็ค (black)

สูตรที่ 2 ใกล้เคียงกับ 21407 เกรย์ (gray)

สูตรที่ 3 ใกล้เคียงกับ 21408 แบล็ค (black)

สูตรที่ 5 ใกล้เคียงกับ 21409 แบล็ค (black)

สูตรที่ 10 ใกล้เคียงกับ 21345 โลท์บราวน์ (light brown)

สูตรที่ 27 ใกล้เคียงกับ 21345 โลท์บราวน์ (light brown)

สูตรที่ 28 ใกล้เคียงกับ 21315 เหมือน วานาเดียม (same vanadium)

สูตรที่ 51 ใกล้เคียงกับ 20506 บราวน์เกรย์ (brown gray)

สูตรที่ 52 ใกล้เคียงกับ 20506 บราวน์เกรย์ (brown gray)

สูตรที่ 53 ใกล้เคียงกับ 20506 บราวน์เกรย์ (brown gray)

สูตรที่ 69 ใกล้เคียงกับ 20506 บราวน์เกรย์ (brown gray)

กลุ่มสีที่ได้ใกล้เคียงกับ บริษัทสีในกลุ่มสีน้ำตาล คือสูตรที่ 10, 27, 28, 51, 52, 53, 69 นอกนั้นสีไม่ตรงตามสมมติฐาน ส่วนสีที่ใช้งานได้ ได้แก่สูตรที่ 10, 52, 53 นอกเหนือจากนั้นสีมีการละลายในเคลือบจึงใช้งานไม่ได้

กลุ่มสีน้ำเงิน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสีของบริษัทสีเซราคัลเลอร์จะได้ผลการทดลองเปรียบเทียบ

เมื่อนำเอาสีน้ำเงินไปเคลไฮดรอกไซด์ออกซิเดชัน แล้วนำมาทดสอบกับ เคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน จะได้สีดังนี้

สูตรที่ 1 ใกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)

สูตรที่ 3 ใกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)

สูตรที่ 4 ใกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)

สูตรที่ 16 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 17 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 18 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 19 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 20 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

- สูตรที่ 21 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)
- สูตรที่ 22 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)
- สูตรที่ 28 ไกล้เคียงกับ 20505 บลูเกรย์ (blue gray)
- สูตรที่ 32 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 33 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 34 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 35 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 36 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 37 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 38 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 39 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 44 ไกล้เคียงกับ 20281 พลิกคอปบลู (peacock blue)
- สูตรที่ 51 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 52 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 53 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 54 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 55 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 56 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 57 ไกล้เคียงกับ 20266 คาร์คบลู (dark blue)
- สูตรที่ 64 ไกล้เคียงกับ 20505 บลูเกรย์ (blue gray)
- สูตรที่ 72 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)
- สูตรที่ 73 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)
- สูตรที่ 74 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

กลุ่มสีที่กล่าวมาข้างต้นได้สีใกล้เคียงกับสีของบริษัทในกลุ่มสีน้ำเงิน สูตรสีสามารถใช้
งานได้ตรงตามสมมติฐาน

สูตรสีน้ำเงินไปเคลไซน์บรรยากาศออกซิเดชั่น แล้วนำมาทดสอบกับ เคลือบบรรยากาศ
รีดักชัน จะได้สีดังนี้ คือ

- สูตรที่ 1 ไกล้เคียงกับ 20235 โรเยลบลู (royal blue)
- สูตรที่ 2 ไกล้เคียงกับ 20235 โรเยลบลู (royal blue)
- สูตรที่ 10 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 24 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 30 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 34 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 35 ไกล้เคียงกับ 20235 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 40 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 49 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 50 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 51 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 52 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 53 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 57 ไกล้เคียงกับ 20234 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 67 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 68 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 69 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 70 ไกล้เคียงกับ 20266A บลู (blue)

สูตรที่ 81 ไกล้เคียงกับ 20236 บลู (blue)

สูตรที่สามารถใช้งานได้คือสูตรที่ 1, 2, 24, 30, 34, 35, 40, 49, 50, 51, 52, 53, 67, 68, 69, 70, 71 ส่วนสูตรอื่นๆ ไม่ตรงตามสมมติฐานเพราะไม่มีความเข้มของสี คือ สูตรที่ 10, 81 สูตรที่ไม่มีความสดใส คือสูตรที่ 57

สูตรสีน้ำเงินไปแคลไซน์บรรยากาศริตักชัน แล้วนำมาทดสอบกับ เกลือบบรรยากาศ ออกซิเดชัน ได้ผลการทดลองเมื่อนำมาเทียบกับสีแล้วได้ดังนี้ คือ

สูตรที่ 1 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 2 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 3 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 4 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 9 ไกล้เคียงกับ 20281 ฟลิค้อคบลู (peacock blue)

สูตรที่ 16 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 17 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 18 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 21 ไกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 22 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 35 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 44 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 45 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 61 ใกล้เคียงกับ 20238 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 62 ใกล้เคียงกับ 20238 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 73 ใกล้เคียงกับ 20238 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 74 ใกล้เคียงกับ 20238 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 81 ใกล้เคียงกับ 20281 ฟรีค็อคบลู (peacock blue)

เมื่อเทียบกลุ่มสีกับเกณฑ์กำหนด สูตรทุกสูตรใช้งานได้ตรงตามสมมติฐาน

สูตรสีน้ำมันไปเคลือบชิ้นบรรจุภาสรีดักชั้น แล้วนำมาทดสอบกับ เคลือบบรรจุภาสรีดักชั้นเปรียบเทียบกับบริษัทโอเรียลคัล เซราเทค ได้ผลการทดลองเมื่อนำมาเทียบกับสีแล้วได้ดังนี้ คือ

สูตรที่ 1 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 2 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 15 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 16 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 17 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 18 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 51 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 52 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 69 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 70 ใกล้เคียงกับ 20266 บลู (blue)

สูตรที่ 80 ใกล้เคียงกับ 20238 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

สูตรที่ 81 ใกล้เคียงกับ 20236 โคบอลต์บลู (cobalt blue)

เมื่อเทียบกลุ่มสีกับเกณฑ์กำหนด สูตรทุกสูตรใช้งานได้ตรงตามสมมติฐาน

อภิปรายผล

จากการทดลองทำสีได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบสีอุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส บรรจุภาส

การเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน การอภิปรายผลการทดลอง มีดังนี้

1. เมื่อพิจารณาถึง ชนิด และปริมาณ ของวัตถุดิบในส่วนผสมของสีในกลุ่มสีเขียว สีชมพู จะพบว่า วัตถุดิบที่ทำให้เกิดสีเขียวได้ดีจะมีโพแทสเซียมไดโครเมต อยู่ในปริมาณที่สูง และเมื่อลด โพแทสเซียมลง แต่เพิ่มดินบุกออกไซด์มากขึ้นจะพบว่า มีกลุ่มสีชมพูเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากดินบุก ออกไซด์ผสมกับโพแทสเซียมไดโครเมต ทำให้สีได้เคลือบช่วงอุณหภูมิ 1200 – 1300 องศาเซลเซียส ทำปฏิกิริยากัน(ปริดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 296)

ส่วนบรรยากาศที่ใช้ในการเผามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ของระดับความเข้มของสีคือ บรรยากาศออกซิเดชันจะทำให้สีมีระดับความเข้มของสีสูงกว่าบรรยากาศรีดักชันเนื่องจากเกิดการ ฟอกสีจากบรรยากาศในการเผาเมื่อนำไปทดสอบกับเคลือบสีชมพูจะกลายเป็นสีเขียว สีจางหายไป เคลือบก็มีผลต่อสีด้วย สีเขียวที่เกิดจากโครมออกไซด์ สถานะการเผาควรเป็นรีดิวซ์จะได้สีเขียว ที่สวยและดี (ปริดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 290)

2. เมื่อพิจารณาถึงชนิด และปริมาณของวัตถุดิบในส่วนผสมของสีในกลุ่มสีน้ำตาลและสี เหลือง จะเห็นว่า ปริมาณของเหล็กออกไซด์ มีผลต่อระดับความเข้มของสีน้อยกว่าโพแทสเซียมไดโครเมต เนื่องจากระดับสีมีความเข้มอยู่ในระดับใกล้เคียงเป็นสีโทนเดียวกันหมด

ส่วนบรรยากาศที่ใช้ในการเผามีผลต่อสีที่เกิดขึ้นเช่นกัน คือ สีจะเปลี่ยนจากน้ำตาลออกไปทางสีดำมากกว่าเมื่อเผาบรรยากาศรีดักชัน ซึ่งจากการสมมติฐานจะพบสีเหลืองนั้น จะเกิดขึ้น โดยมีปริมาณเหล็กออกไซด์จะต้องน้อยด้วยจึงจะเกิดสีเหลืองได้ดี สีเหลืองที่เกิดจากเหล็กออกไซด์ จะให้สีเหลืองซีดและเมื่อนำไปผสมกับเนื้อผลิตภัณฑ์ที่มีหินปูนสูงจะให้สีเหลืองหรือสีฟาง วัตถุดิบ ที่ใช้ในการทดลองสูตรสีเหลืองสีน้ำตาล ของผู้วิจัยไม่มีหินปูนเป็นส่วนผสม จากการทดลองสีดำ เกิดขึ้นกับเหล็กเนื่องจากอุณหภูมิที่เคลไซน์เกิน 1100 องศาเซลเซียส เหล็กออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับ หินเขียวหนุมานทำให้เกิดสีดำ(ปริดา พิมพ์ขาวขำ. 2539 : 286)

3. เมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของวัตถุดิบในส่วนผสมของสีน้ำเงิน โคบอลต์ออกไซด์ จะเป็นตัวที่ทำปฏิกิริยารุนแรง ระดับสีจะอยู่ในระดับสีที่ใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ระดับสีในการ ทดลองครั้งนี้อยู่ในระดับที่เข้มมากได้ โคบอลต์ออกไซด์มีความไวมากในการทำให้เกิดสี สีที่ได้จะ มีความเข้มมากไม่ว่าภาวะการเผาจะเป็นออกซิไดซ์ หรือรีดิวซ์ ไม่มีการละลายในเคลือบสามารถใช้ ได้ทุกอุณหภูมิ ดังนั้นการทดลองควรจะใช้ในปริมาณน้อยๆ ปริมาณร้อยละ 5 – 10 ก็เกิดสีได้และ เป็นการประหยัดในการใช้วัตถุดิบอีกประการหนึ่ง

การทดลองในครั้งนี้สีน้ำเงินเผาในบรรยากาศรีดักชันจะมีความสดใสกว่าบรรยากาศ ออกซิเดชัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อนำมาทดสอบกับเคลือบสามารถใช้งานได้เกือบ ทุกสี

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากการค้นพบที่ได้ ประโยชน์ที่จะเป็นข้อมูลต่อผู้ประกอบการผลิตเซรามิกส์ ผู้ประกอบการสีที่สามารถที่จะใช้เป็นแนวทางในการทดลองเพื่อผลิตสีโดยใช้วัตถุดิบชนิดอื่นได้ ทั้งนี้ข้อค้นพบ จะเป็นประโยชน์อย่างเต็มที่เมื่อทดสอบซ้ำ ในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน ทั้งนี้เนื่องจาก วัตถุดิบที่แตกต่างกัน เครื่องมือ อุปกรณ์ที่แตกต่างกัน อาจทำให้การทดลองแตกต่างกันได้ อุณหภูมิการเผาและบรรยากาศในการเผา การโซกกิ้งภายในเตา มีผลทำให้สีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ โดยเฉพาะออกไซด์ประเภทโพแทสเซียมไดโครเมตและดีบุกออกไซด์ ในกลุ่มสีเขียวและสีชมพูจะทำให้สีชมพูหายไปได้ เมื่อเผาในบรรยากาศรีดักชันควรจะคำนึงถึง

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในโอกาสต่อไป

1. การทดลองโดยใช้วัตถุดิบ ภายในประเทศแหล่งอื่น ๆ เพื่อให้ได้สีจากวัตถุดิบทดแทนภายในประเทศให้มากที่สุด และมีคุณสมบัติและเหมาะสมที่สุด
2. การทดลองในโอกาสต่อไป ควรใช้ระดับอุณหภูมิในระดับอื่น ๆ เพื่อให้ได้สีใหม่ ๆ
3. ควรจะทดสอบย่อย จากตารางสีเหลี่ยม เมื่อนำสีในเจดสีนั้น ๆ ไปใช้โดยให้ใกล้กับสีที่ต้องการจะใช้ในเจดสีนั้นซ้ำ
4. การทดลองทำสีได้เคลือบ จะต้องบดให้ละเอียดโดยใช้กระจกฝารองด้วยแล้วบดสีจะเพิ่มความละเอียดให้กับสี การบดสีไม่ละเอียดทำให้สีเป็นเม็ดและหยานสีจึงไม่เรียบ
5. การเขียนสีได้เคลือบ จะต้องใช้วิธีการฝึกฝนการใช้พู่กัน เพราะการลงพู่กันทำให้น้ำหนักสีและความเข้มของสีต่างกัน
6. การทดลองผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการเผารีดักชันแล้วโซกกิ้ง (soaking) สีบางสีที่ส่วนประกอบของสีชมพูจึงหายแต่เพิ่มความขาวให้กับเนื้อดิน จึงไม่ควรโซกกิ้งเมื่อมีการเผาสี
7. ถ้าต้องการกลุ่มสีเหลือง จะต้องลดเหล็กออกไซด์ลงไม่ให้เกินร้อยละ 5 อาจจะได้สีเหลือง หรือใช้สารเคมีตัวอื่นเข้าช่วย
8. การทดลองในโอกาสต่อไปควรขยายสีที่ทดลองเจาะเฉพาะกลุ่มสีใดสีหนึ่งแล้วทดสอบซ้ำหลาย ๆ ครั้ง เพื่อดูสีมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

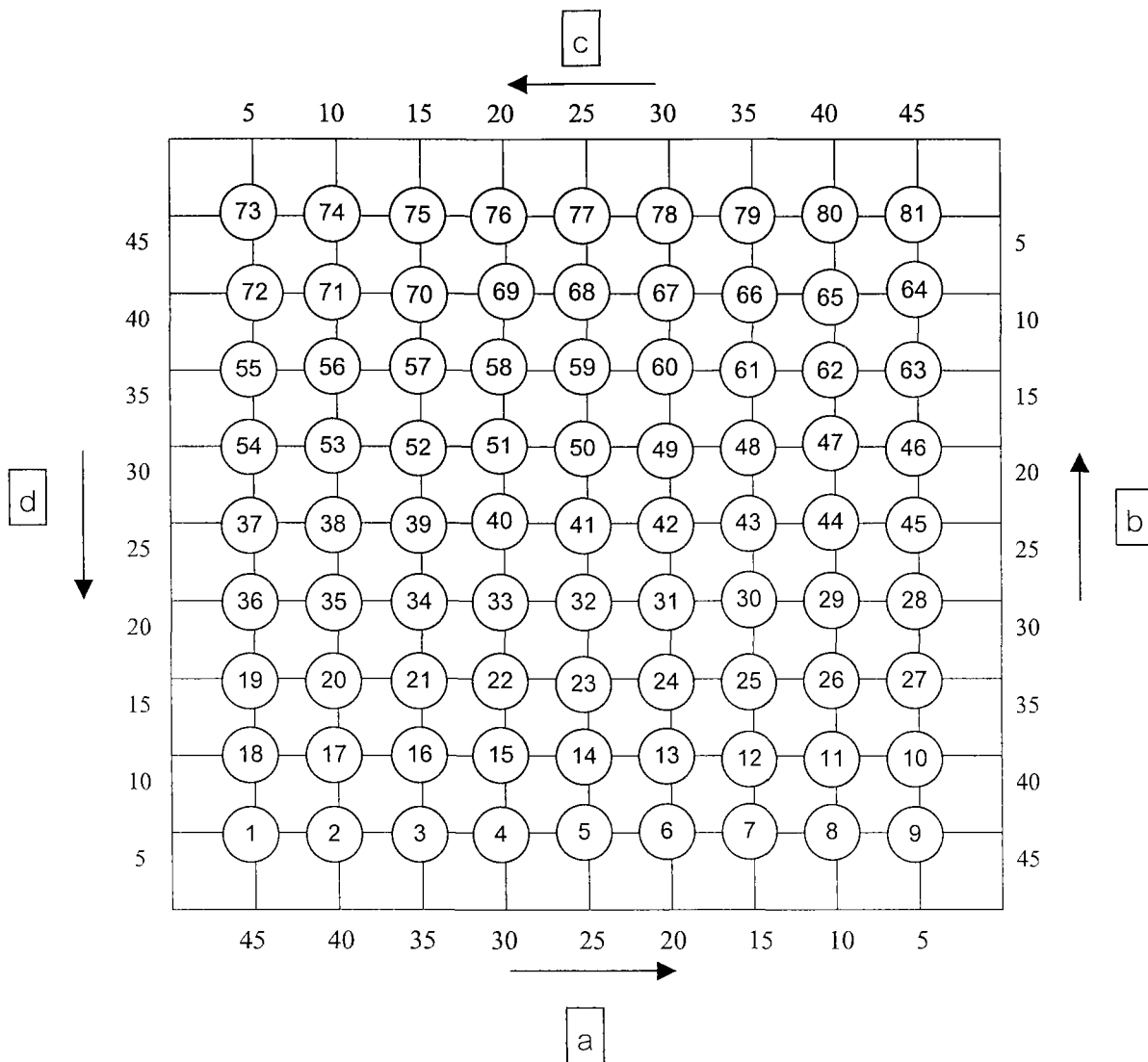
- กาญจนะ แก้วกำเนิด และคนอื่นๆ. การอบรมสัมมนาเครื่องปั้นดินเผาภาคฤดูร้อน. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2529.
- _____. การอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง เทคโนโลยีเซรามิกส์เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมในภาคอีสาน. ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2530.
- กาญจนะ แก้วกำเนิด. ถ่ายเอกสารแผ่นใสเรื่องการสอนฟิสิกส์เคมีสำหรับเซรามิกส์. ลำปาง : วิทยาลัยครูลำปาง, 2534.
- โกมล รัชษ์วงศ์. เอกสารประกอบการสอนงานทำสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ ฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- _____. วัตถุดิบที่ใช้ในเครื่องปั้นดินเผาและเนื้อดินปั้น. กรุงเทพฯ ฯ : วิทยาลัยครูพระนคร, 2531.
- นิคม เขาวังคิตติโสภณ. “อุตสาหกรรมเซรามิกส์ลำปางรวมตัวร้องรัฐลดราคาเชื้อเพลิง,” เซรามิกส์. 2(6) : 86 ; พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ 2540.
- นิมิตร ศรีปรารักษ์. เคมีน้ำเคลือบทองแดงอุณหภูมิต่ำ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2530. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีดา พิมพ์ขาวขำ. เคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ ฯ : อักษรเจริญทัศน์, 2530.
- _____. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์, 2535.
- _____. เซรามิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์, 2539.
- ไพจิตร อิงศิริวัฒน์. รวมสูตรเคลือบเซรามิกส์. กรุงเทพฯ ฯ : โอเดียนสโตร์, 2537.
- ไพฑูรย์ ขจรวิธรา และคนอื่นๆ. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของธาตุ. กรุงเทพฯ ฯ : พีบีซี, 2539.
- _____. ธาตุและสารประกอบในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ ฯ : พีบีซี, 2539.
- มนตรี แท่งทองคำ. “วอนรัฐเร่งแก้ปัญหาอุตสาหกรรมเซรามิกส์หวั่น “อินโดนีเซียจีน” ชิง ตลาดส่งออก,” เซรามิกส์. 2(6) : 84; พฤศจิกายน - กุมภาพันธ์ 2540.
- ลดาวัลย์ โชติมงคล. “สถานภาพและศักยภาพของอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกส์ในประเทศไทย,” เซรามิกส์. 2(5) : 82; 2539.
- _____. “สภาพของอุตสาหกรรมเซรามิกส์ ปี 1996 - 2000,” เซรามิกส์. 2(6) : 83; 2540.
- วิริยะ สิริสิงหา และคนอื่นๆ. 110 ธาตุคุณสมบัติและการค้นพบ. กรุงเทพฯ ฯ : พีบีซี, 2539.
- สุรศักดิ์ โกสียพันธุ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา. กรุงเทพฯ ฯ : ไทยวัฒนาพานิชย์, 2534.

- สุรินทร์ออมย่า เคมีคอล (ประเทศไทย), บริษัท. เอกสารข้อมูลทางเทคนิคผลวิเคราะห์และคุณสมบัติต่างๆ ของแคลเซียมคาร์บอเนต. ลงวันที่ 20 มิถุนายน 2537.
- สมชาย ฉันทศิริวรรณ และคนอื่นๆ. อิเล็กทรอนิกส์โครงสร้างอะตอม. กรุงเทพฯ : พิบิซี, 2539.
- _____. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี. กรุงเทพฯ : พิบิซี, 2539.
- เสริมศักดิ์ นาคบัว. เคลือบซีเมนต์. กรุงเทพฯ : เจ.ฟิล์ม โปรเซส, 2536.
- อาภัสรา วังวิวัฒน์. “อัตราการขยายตัว : ร้อยละ,” เซรามิกส์. 2(6) : 85; 2540.
- อุตสาหกรรม, กระทรวง. รายงานฉบับสมบูรณ์การศึกษาภาวะและโครงสร้างเศรษฐกิจอุตสาหกรรมเซรามิกส์, กรุงเทพฯ : สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2538.
- อุบลศรี ทรวดทรง. การศึกษาเคลือบโครเมียมสีแดงสำหรับผลิตภัณฑ์สโตนแวร์โดยใช้วัตถุดิบในภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2531.
- ถ่ายเอกสาร.
- Budnikov,P.P. The technology of Ceramic and Refractories. Translation by Scripta Technic. America The Massachusetts Institute of Technology All rights reserved, 1964.
- Hopper, Robin. The ceramics Spectrum. Pennsylvania : Chilton Book Company, 1984.
- Norton, F.H. Element of Ceramic. California : Addison Wesley Publishing Company Inc., 1952.
- Singer. Industrial Ceramics. London : Champan and Hall Ltd., 1960.
- Singer, Felix and Sonja S. Singer. Industrial Ceramics. London : Champan and Hall Ltd. ,1963.
- Worral, W.E. Raw materials. London : Maclaren and Sons Ltd., 1964.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

อัตราส่วนผสมของสีในกลุ่มสีชมพู สีเขียว สีน้ำตาล สีเหลือง และสีน้ำเงิน



ภาพประกอบ 53 แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีชมพูและสีเขียวบนแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสและจุดต่าง ๆ ที่อยู่บนภาพ

กำหนดให้ a แทน โพลเทสเชียมไดโครเมต

b แทน หินเขียวหนุมาน

c แทน ดิบูกอกไฮด์

d แทน หินปูน

กำหนดให้บอแรกซ์เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 3

ตาราง 13 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีเขียวและสีชมพู แต่ละจุด อ่านจากแผนภาพสี่เหลี่ยม
จัตุรัส

จุดที่	โพแทสเซียมไดโครเมต (a)	หินเขียวหุนมาน (b)	ดิบูกออกไซด์ (c)	หินปูน (d)	รวม
1	45	45	5	5	100
2	40	45	10	5	100
3	35	45	15	5	100
4	30	45	20	5	100
5	25	45	25	5	100
6	20	45	30	5	100
7	15	45	35	5	100
8	10	45	40	5	100
9	5	45	45	5	100
10	5	40	45	10	100
11	10	40	40	10	100
12	15	40	35	10	100
13	20	40	30	10	100
14	25	40	25	10	100
15	30	40	20	10	100
16	35	40	15	10	100
17	40	40	10	10	100
18	45	40	5	10	100
19	45	35	5	15	100
20	40	35	10	15	100
21	35	35	15	15	100
22	30	35	20	15	100
23	25	35	25	15	100

ตาราง 13 (ต่อ)

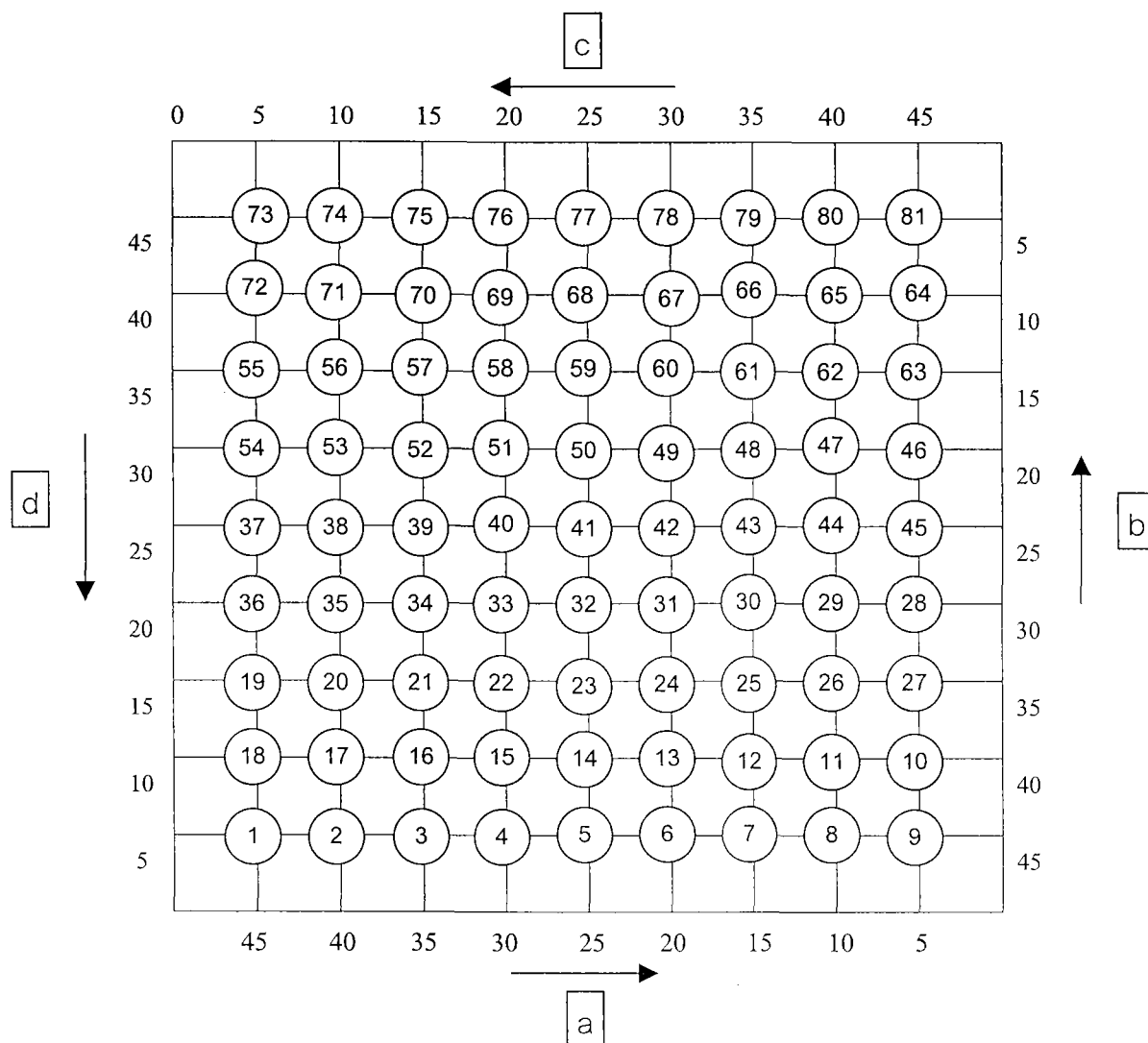
จุดที่	โพแทสเซียมไดโครเมต (a)	หินเขี้ยวหนุมาน (b)	ดินบุกออกไซด์ (c)	หินปูน (d)	รวม
24	20	35	30	15	100
25	15	35	35	15	100
26	10	35	40	15	100
27	5	35	45	15	100
28	5	30	45	20	100
29	10	30	40	20	100
30	15	30	35	20	100
31	20	30	30	20	100
32	25	30	25	20	100
33	30	30	20	20	100
34	35	30	15	20	100
35	40	30	10	20	100
36	45	30	5	20	100
37	45	25	5	25	100
38	40	25	10	25	100
39	35	25	15	25	100
40	30	25	20	25	100
41	25	25	25	25	100
42	20	25	30	25	100
43	15	25	35	25	100
44	10	25	40	25	100
45	5	25	45	25	100
46	5	20	45	30	100
47	10	20	40	30	100

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	โพแทสเซียมไดโครเมต (a)	หินเขียวหนุมาน (b)	ดิบูกออกไซด์ (c)	หินปูน (d)	รวม
48	15	20	35	30	100
49	20	20	30	30	100
50	25	20	25	30	100
51	30	20	20	30	100
52	35	20	15	30	100
53	40	20	10	30	100
54	45	20	5	30	100
55	45	15	5	35	100
56	40	15	10	35	100
57	35	15	15	35	100
58	30	15	20	35	100
59	25	15	25	35	100
60	20	15	30	35	100
61	15	15	35	35	100
62	10	15	40	35	100
63	5	15	45	35	100
64	5	10	45	40	100
65	10	10	40	40	100
66	15	10	35	40	100
67	20	10	30	40	100
68	25	10	25	40	100
69	30	10	20	40	100
70	35	10	15	40	100
71	40	10	10	40	100

ตาราง 13 (ต่อ)

จุดที่	โพแทสเซียมไดโครเมต (a)	หินเขียวหนุมาน (b)	ดิบูกออกไซด์ (c)	หินปูน (d)	รวม
72	45	10	5	40	100
73	45	5	5	45	100
74	40	5	10	45	100
75	35	5	15	45	100
76	30	5	20	45	100
77	25	5	25	45	100
78	20	5	30	45	100
79	15	5	35	45	100
80	10	5	40	45	100
81	5	5	45	45	100



ภาพประกอบ 54 แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีน้ำตาสและสีเหลือง บนแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส และจุดต่างๆ ที่อยู่บนแผนภาพ

กำหนดให้ a แทน เหล็กออกไซด์

b แทน อลูมินา

c แทน ดินขาวดำป้าง

d แทน หินเขียวหนุมาน

กำหนดให้โครมออกไซด์เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 2

ตาราง 14 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีน้ำตาลและ สีเหลืองแต่ละจุด อ่านจากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จุดที่	เหล็กออกไซด์ (a)	อลูมินา (b)	ดินขาวลำปาง (c)	หินเขียวหนุมาน (d)	รวม
1	45	45	5	5	100
2	40	45	10	5	100
3	35	45	15	5	100
4	30	45	20	5	100
5	25	45	25	5	100
6	20	45	30	5	100
7	15	45	35	5	100
8	10	45	40	5	100
9	5	45	45	5	100
10	5	40	45	10	100
11	10	40	40	10	100
12	15	40	35	10	100
13	20	40	30	10	100
14	25	40	25	10	100
15	30	40	20	10	100
16	35	40	15	10	100
17	40	40	10	10	100
18	45	40	5	10	100
19	45	35	5	15	100
20	40	35	10	15	100
21	35	35	15	15	100
22	30	35	20	15	100
23	25	35	25	15	100

ตาราง 14 (ต่อ)

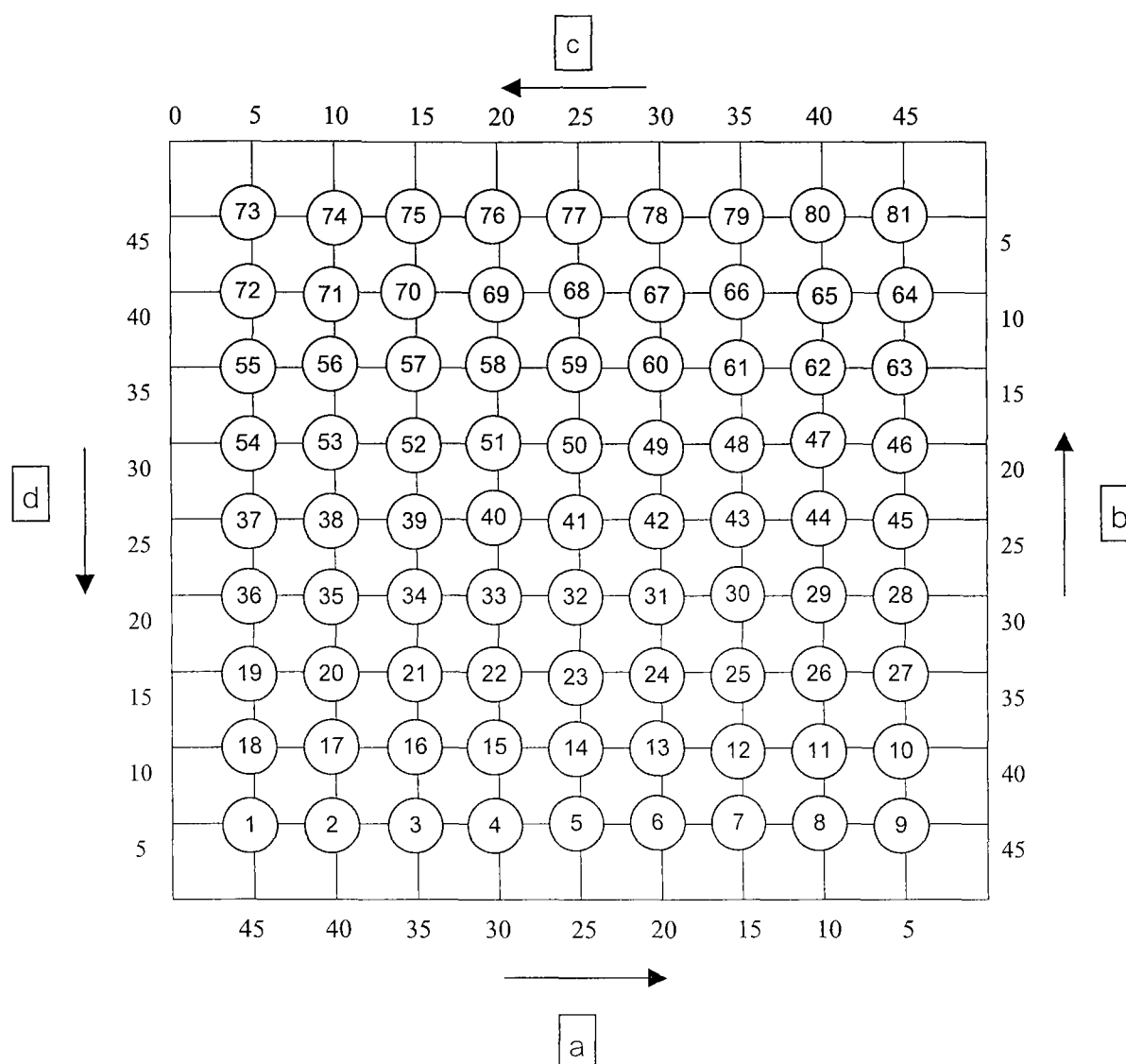
จุดที่	เหล็กออกไซด์ (a)	อลูมินา (b)	ดินขาวลำปาง (c)	หินเขียวหนุมาน (d)	รวม
24	20	35	30	15	100
25	15	35	35	15	100
26	10	35	40	15	100
27	5	35	45	15	100
28	5	30	45	20	100
29	10	30	40	20	100
30	15	30	35	20	100
31	20	30	30	20	100
32	25	30	25	20	100
33	30	30	20	20	100
34	35	30	15	20	100
35	40	30	10	20	100
36	45	30	5	20	100
37	45	25	5	25	100
38	40	25	10	25	100
39	35	25	15	25	100
40	30	25	20	25	100
41	25	25	25	25	100
42	20	25	30	25	100
43	15	25	35	25	100
44	10	25	40	25	100
45	5	25	45	25	100
46	5	20	45	30	100
47	10	20	40	30	100
48	15	20	35	30	100

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	เหล็กออกไซด์ (a)	อลูมินา (b)	ดินขาวต่ำปาง (c)	หินเขียวหนุมาน (d)	รวม
49	20	20	30	30	100
50	25	20	25	30	100
51	30	20	20	30	100
52	35	20	15	30	100
53	40	20	10	30	100
54	45	20	5	30	100
55	45	15	5	35	100
56	40	15	10	35	100
57	35	15	15	35	100
58	30	15	20	35	100
59	25	15	25	35	100
60	20	15	30	35	100
61	15	15	35	35	100
62	10	15	40	35	100
63	5	15	45	35	100
64	5	10	45	40	100
65	10	10	40	40	100
66	15	10	35	40	100
67	20	10	30	40	100
68	25	10	25	40	100
69	30	10	20	40	100
70	35	10	15	40	100
71	40	10	10	40	100
72	45	10	5	40	100

ตาราง 14 (ต่อ)

จุดที่	เหล็กออกไซด์ (a)	อลูมินา (b)	ดินขาวลำปาง (c)	หินเขียวหนุมาน (d)	รวม
73	45	5	5	45	100
74	40	5	10	45	100
75	35	5	15	45	100
76	30	5	20	45	100
77	25	5	25	45	100
78	20	5	30	45	100
79	15	5	35	45	100
80	10	5	40	45	100
81	5	5	45	45	100



ภาพประกอบ 55 แสดงอัตราส่วนผสมของกลุ่มสีน้ำเงิน บนแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัสและจุดต่างๆ ที่อยู่บนแผนภาพ

กำหนดให้ a แทน โคบอลต์ออกไซด์

b แทน ดินขาวลำปาง

c แทน หินเขียวหนุมาน

d แทน อลูมินา

กำหนดให้โครมออกไซด์เป็นสารเติมแต่ง ร้อยละ 2

ตาราง 15 อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่ทำกลุ่มสีน้ำเงิน แต่ละจุดอ่านจากแผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส

จุดที่	โคบอลต์ออกไซด์ (a)	ดินขาวลำปาง (b)	หินเขียวหนุมาน (c)	อลูมินา (d)	รวม
1	45	45	5	5	100
2	40	45	10	5	100
3	35	45	15	5	100
4	30	45	20	5	100
5	25	45	25	5	100
6	20	45	30	5	100
7	15	45	35	5	100
8	10	45	40	5	100
9	5	45	45	5	100
10	5	40	45	10	100
11	10	40	40	10	100
12	15	40	35	10	100
13	20	40	30	10	100
14	25	40	25	10	100
15	30	40	20	10	100
16	35	40	15	10	100
17	40	40	10	10	100
18	45	40	5	10	100
19	45	35	5	15	100
20	40	35	10	15	100
21	35	35	15	15	100
22	30	35	20	15	100
23	25	35	25	15	100

ตาราง 15 (ต่อ)

จุดที่	โคบอลต์ออกไซด์ (a)	ดินขาวลำปาง (b)	หินเขียวหนุมาน (c)	อลูมินา (d)	รวม
24	20	35	30	15	100
25	15	35	35	15	100
26	10	35	40	15	100
27	5	35	45	15	100
28	5	30	45	20	100
29	10	30	40	20	100
30	15	30	35	20	100
31	20	30	30	20	100
32	25	30	25	20	100
33	30	30	20	20	100
34	35	30	15	20	100
35	40	30	10	20	100
36	45	30	5	20	100
37	45	25	5	25	100
38	40	25	10	25	100
39	35	25	15	25	100
40	30	25	20	25	100
41	25	25	25	25	100
42	20	25	30	25	100
43	15	25	35	25	100
44	10	25	40	25	100
45	5	25	45	25	100
46	5	20	45	30	100
47	10	20	40	30	100

ตาราง 15 (ต่อ)

จุดที่	โคบอลต์ออกไซด์ (a)	ดินขาวลำปาง (b)	หินเขียวหนุมาน (c)	อลูมินา (d)	รวม
48	15	20	35	30	100
49	20	20	30	30	100
50	25	20	25	30	100
51	30	20	20	30	100
52	35	20	15	30	100
53	40	20	10	30	100
54	45	20	5	30	100
55	45	15	5	35	100
56	40	15	10	35	100
57	35	15	15	35	100
58	30	15	20	35	100
59	25	15	25	35	100
60	20	15	30	35	100
61	15	15	35	35	100
62	10	15	40	35	100
63	5	15	45	35	100
64	5	10	45	40	100
65	10	10	40	40	100
66	15	10	35	40	100
67	20	10	30	40	100
68	25	10	25	40	100
69	30	10	20	40	100
70	35	10	15	40	100
71	40	10	10	40	100

ตาราง 15 (ต่อ)

จุดที่	โคมบอลลต์ออกไซด์ (a)	ดินขาวลำปาง (b)	หินเขียวหนุมาน (c)	อลูมินา (d)	รวม
72	45	10	5	40	100
73	45	5	5	45	100
74	40	5	10	45	100
75	35	5	15	45	100
76	30	5	20	45	100
77	25	5	25	45	100
78	20	5	30	45	100
79	15	5	35	45	100
80	10	5	40	45	100
81	5	5	45	45	100

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงการวิเคราะห์คุณสมบัติของสีสำเร็จรูปได้เคลือบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน
พิจารณาเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมใช้เป็นสีได้เคลือบ

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยาการการเผาสีออกซิเดชัน บรรยาการการเผาเกลือบออกซิเดชัน

สูตรที่	การละลายในเกลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	X	✓	X	✓
2	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	เขียวน้ำตาล	X	✓	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำตาล	X	✓	X	✓	✓	X
8	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
9	✓	X	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
10	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
11	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	น้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
13	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำตาล	X	✓	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำตาล	X	✓	X	✓	✓	X
23	X	✓	น้ำตาลอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
24	X	✓	เขียวเทา	X	✓	X	✓	✓	X

ตาราง 16 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มข้นของสี		ความสคใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สคใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	ชมพู	✓	X	X	✓	✓	X
30	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	น้ำตาล	X	✓	✓	X	X	✓
32	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	X	✓
36	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	X	✓
40	X	✓	เขียว	X	✓	✓	X	X	✓
41	X	✓	เขียว	X	✓	X	✓	X	✓
42	X	✓	เขียว	X	✓	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	ม่วงชมพูแดง	X	✓	X	✓	X	✓
47	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	X	✓	✓	X
48	X	✓	เทา	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 16 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	X	✓	✓	X
57	X	✓	น้ำตาลเข้ม	X	✓	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำตาล	X	✓	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
63	✓	X	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
64	✓	X	ชมพูแดง	X	✓	X	✓	X	✓
65	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
66	✓	X	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
67	X	✓	ชมพูแดง	X	✓	✓	X	✓	X
68	X	✓	เทาแดง	X	✓	✓	X	✓	X
69	X	✓	เทาอ่อน	X	✓	✓	X	X	✓
70	X	✓	เทาอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	เขียวขี้ม้า	✓	X	✓	X	✓	X
73	✓	X	น้ำตาลเข้ม	X	✓	X	✓	X	✓
74	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 16 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
77	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
78	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
79	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
80	X	✓	ชมพูอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
81	X	✓	ชมพูจาง	X	✓	X	✓	X	✓

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายการแพ้สีออกซิเดชัน บรรยายการแพ้เกลือปรีคักซ์

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
10	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
11	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	เขียว	✓	X	X	✓	✓	X
16	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
17	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
18	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
24	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 17 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	จุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
45	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
46	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	X	✓	✓	X
47	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 17 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	เขียว	✓	X	X	✓	✓	X
55	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	เขียว	✓	X	X	✓	✓	X
62	X	✓	เขียวเทา	✓	X	X	✓	✓	X
63	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
64	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
65	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
66	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
67	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
68	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
69	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	✓	X
70	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	✓	X
71	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	เหลืองอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
74	X	✓	เขียว	X	✓	X	✓	X	✓
75	X	✓	เหลืองอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓

ตาราง 17 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	X	✓	X	✓
77	X	✓	เขียวจาง	X	✓	X	✓	X	✓
78	X	✓	เขียวจาง	X	✓	X	✓	X	✓
79	X	✓	เขียวจางๆ	X	✓	X	✓	X	✓
80	X	✓	เขียวจางมาก	X	✓	X	✓	X	✓
81	X	✓	เขียวจางมาก	X	✓	X	✓	X	✓

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายการเผาสีรีดักชันบรรยากาศการเผา
เกลือออกซิเจน

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	ชมพูอ่อน	✓	X	X	✓	✓	X
10	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	ม่วงเทา	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	ม่วงเทา	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	เขียวโครม	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำตาลเขียว	X	✓	✓	X	✓	X
20	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	เขียวโครม	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	เขียวโครม	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
24	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 18 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ชุ่มฉ่ำ	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	ชมพู	✓	X	X	✓	✓	X
27	X	✓	ชมพู	✓	X	X	✓	✓	X
28	X	✓	ชมพูอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	เทาม่วง	✓	X	X	✓	✓	X
31	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	เขียว	✓	X	X	✓	✓	X
35	X	✓	เขียวโครม	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำตาลเขียว	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	ม่วงเทา	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	ม่วงเทา	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	น้ำตาล	X	✓	X	✓	X	✓
46	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	ชมพูเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 18 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	จุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	X	✓
52	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	X	✓
53	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	X	✓
55	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	X	✓
56	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
57	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
58	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	X	✓	X	✓
59	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	ชมพูแดง	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	X	✓
68	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	เขียวชมพู	✓	X	X	✓	X	✓
71	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
72	X	✓	เขียวเทา	✓	X	X	✓	X	✓
73	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
74	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
75	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓

ตาราง 18 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเคิลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
77	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
78	X	✓	ม่วง	✓	X	X	✓	X	✓
79	X	✓	ม่วง	✓	X	X	✓	X	✓
80	X	✓	ชมพู	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	ชมพู	X	✓	✓	X	X	✓

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีเขียวและสีชมพู บรรยายการเผาสีรีดักชัน บรรยายการเผา
เคลือบรีดักชัน

สูตรที่	การละลายในเคลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	เขียวเข้ม	X	✓	✓	X	X	✓
10	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	เขียวทองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	เขียวทองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
24	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 19 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	เขียวน้ำตาล	X	✓	X	✓	X	✓
46	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 19 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	เขียวเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	เขียวตองอ่อน	✓	X	X	✓	✓	X
55	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
56	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
57	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	เขียวเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	เขียว	X	✓	✓	X	X	✓
64	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	เขียวอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
70	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
71	X	✓	เขียวเทา	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	เขียวเทา	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	เขียวน้ำตาล	X	✓	X	✓	✓	X
74	X	✓	เขียวเทา	X	✓	X	✓	✓	X
75	X	✓	เขียวเทา	X	✓	X	✓	✓	X

ตาราง 19 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	เขียวเทา	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
79	X	✓	เขียวน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
80	X	✓	เขียว	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	เขียวอ่อน	X	✓	✓	X	X	✓

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสิน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน บรรยายการเผาเคลือบออกซิเดชัน

สูตรที่	การละลายในเคลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
4	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
6	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
11	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
12	X	✓	น้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
13	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
14	✓	X	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
24	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 20 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสคไสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สคไส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
26	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
28	✓	X	น้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
29	✓	X	น้ำตาล	✓	X	X	✓	X	✓
30	✓	X	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
42	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
45	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 20 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
72	✓	X	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 20 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสทไสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สทไส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
79	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
80	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสิน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน บรรยายการเผาเคลือบรีดักชัน

สูตรที่	การละลายในเคลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
4	✓	X	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
5	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
6	✓	X	น้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
7	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
8	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำตาลกาแฟ	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
11	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
12	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	X	✓	✓	X
13	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
14	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
15	✓	X	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
16	✓	X	ดำน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
17	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
18	X	✓	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
19	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
23	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
24	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 21 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มข้นของสี		ความสคไอของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สคไอ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	เหลืองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
27	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
28	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
29	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
32	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
33	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
34	X	✓	ดำน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
35	✓	X	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	ดำน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
40	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
45	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
46	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	X	✓	✓	X
47	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
48	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
50	✓	X	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 21 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
60	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	X	✓	✓	X
61	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
62	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
63	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
64	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	เหลืองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
66	✓	X	เหลืองอ่อน	✓	X	X	✓	✓	X
67	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	เหลืองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 21 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเคือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	เหลืองอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
79	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
80	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกกรี๊ดกั้น บรรยายการเผาเคลือบออกซิเดชั่น

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
23	✓	X	น้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
24	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 22 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสคไลของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สคไล	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
29	✓	X	น้ำตาลเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
30	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
35	✓	X	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
42	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 22 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	X	✓	✓	X
52	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 22 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	น้ำตาลเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
79	X	✓	น้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
80	X	✓	น้ำตาลอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	น้ำตาลแดง	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง บรรยายการเผาสีออกกรี๊ดกัน บรรยายการเผาเกลือบริดักกัน

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
4	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
17	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
18	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
19	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
20	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
23	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	X	✓	✓	X
24	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 23 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
26	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
27	✓	X	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	เหลืองวานาเดียม	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	X	✓	✓	X
31	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	X	✓	✓	X
32	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	□	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
34	✓	X	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
35	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
36	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	X	✓	✓	X
37	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
38	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
39	✓	X	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
42	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	เหลืองดำ	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
47	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
48	✓	X	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
49	✓	X	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 23 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	ดำ	✓	X	X	✓	X	✓
55	✓	X	ดำ	✓	X	X	✓	✓	X
56	X	✓	ดำ	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	เหลืองเทา	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
67	✓	X	เหลืองน้ำตาล	✓	X	X	✓	✓	X
68	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
70	✓	X	น้ำตาลเทา	✓	X	X	✓	✓	X
71	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำตาลเทา	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 23 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	✓	X	น้ำตาลดำ	✓	X	X	✓	✓	X
77	X	✓	น้ำตาลดำ	✓	X	✓	X	✓	X
78	✓	X	เหลืองเทา	✓	X	X	✓	✓	X
79	X	✓	เหลืองน้ำตาล	✓	X	✓	X	✓	X
80	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	น้ำตาลเหลือง	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสินน้ำเงิน บรรยายการเผาสีออกซิเดชัน บรรยายการเผาเคลือบ ออกซิเดชัน

สูตรที่	การละลายในเคลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ชุ่มฉ่ำ	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
24	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 24 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
28	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
29	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
32	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำเงิน โคบอลต์	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	เทาน้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	เทาน้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 24 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสคไลของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สคไล	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 24 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
77	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
78	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
79	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
80	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
81	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสินน้ำเงิน บรรยาการการเผาสีออกซิเดชัน
เคลือบปริคักซ์

บรรยาการการเผา

สูตรที่	การละลายในเคลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำเงินเข้ม	X	✓	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำเงิน	X	✓	✓	X	✓	X
11	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
12	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
13	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
14	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
24	X	✓	น้ำเงิน โคมอลด์	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 25 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใ	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	น้ำเงิน	X	✓	X	✓	✓	X
27	X	✓	น้ำเงิน	X	✓	X	✓	✓	X
28	X	✓	น้ำเงิน	X	✓	X	✓	✓	X
29	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
30	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
31	X	✓	น้ำเงิน	X	✓	✓	X	✓	X
32	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำเงินโคบอลต์	X	✓	✓	X	✓	X
45	X	✓	น้ำเงินโคบอลต์	X	✓	X	✓	✓	X
46	X	✓	น้ำเงินโคบอลต์	X	✓	X	✓	✓	X
47	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
48	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 25 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
58	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X
63	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X
64	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X
65	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X
66	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 25 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
79	X	✓	น้ำเงินเทา	✓	X	X	✓	✓	X
80	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X
81	X	✓	น้ำเงินเทา	X	✓	X	✓	✓	X

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสินน้ำเงิน บรรยาการการเผาถ่านออกกรี๊ดกั้น บรรยาการการเผาเกลือ
ออกซีเคชั่น

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
6	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
7	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	✓	X	✓	X
10	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
11	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	X	✓
12	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
13	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
14	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	X	✓
15	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
23	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
24	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 26 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสทสีของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สทสี	ชุ่มมัว	ทน	ไม่ทน
25	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
26	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	น้ำเงินพลัดออก	✓	X	✓	X	X	✓
28	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	X	✓
29	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
30	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
31	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
32	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
44	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
45	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
46	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
47	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
48	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
49	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
50	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 26 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
59	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
60	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
61	X	✓	น้ำเงิน โคบอลต์	✓	X	✓	X	✓	X
62	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
63	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
64	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
65	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
66	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
68	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
70	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 26 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
78	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
79	✓	X	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
80	✓	X	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
81	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	X	✓	✓	X

ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์กลุ่มสินน้ำเงิน บรรยายการแพ้สื่อออกกรี๊ดกัณฑ์ บรรยายการแพ้
เกลือบริดักชัน

สูตรที่	การละลายในเกลือ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
1	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
2	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
3	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
4	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
5	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
6	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
7	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
8	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
9	X	✓	น้ำเงินอ่อน	✓	X	✓	X	✓	X
10	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
11	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
12	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
13	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
14	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
15	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
16	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
17	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
18	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
19	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
20	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
21	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
22	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
23	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
24	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 27 (ต่อ)

สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
25	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
26	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
27	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
28	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
29	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
30	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
31	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
32	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
33	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
34	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
35	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
36	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
37	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
38	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
39	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
40	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
41	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
42	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	✓	X	✓	X
43	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
44	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
45	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	X	✓	✓	X
46	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	X	✓	✓	X
47	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	X	✓	✓	X
48	X	✓	น้ำเงินพลีค็อก	✓	X	X	✓	✓	X
49	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
50	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 27 (ต่อ)

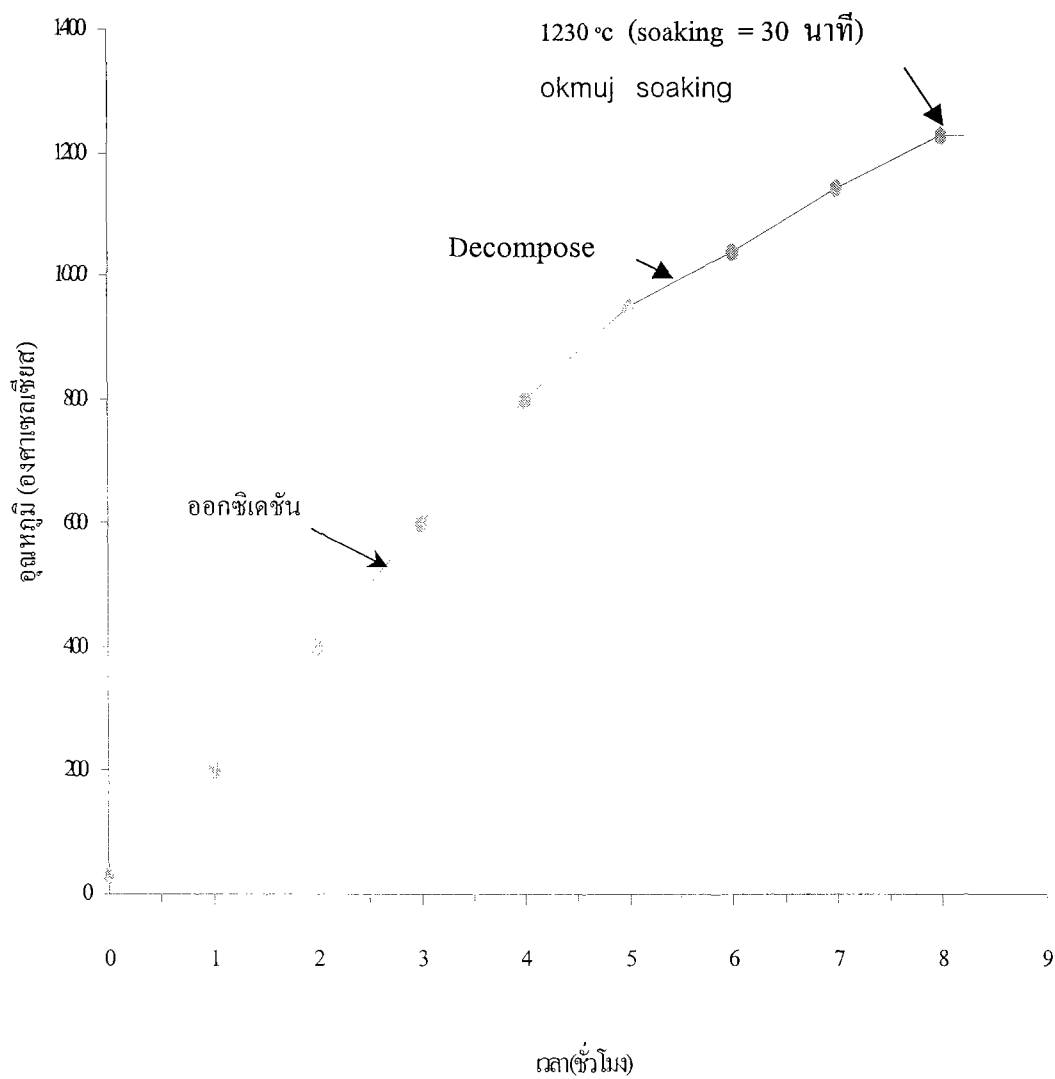
สูตรที่	การละลายในเค็ลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	ขุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
51	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
52	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
53	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
54	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
55	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
56	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
57	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
58	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
59	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
60	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
61	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
62	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
63	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
64	X	✓	น้ำเงิน	✓	X	X	✓	✓	X
65	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
66	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
67	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
68	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
69	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
70	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
71	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
72	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
73	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
74	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
75	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X

ตาราง 27 (ต่อ)

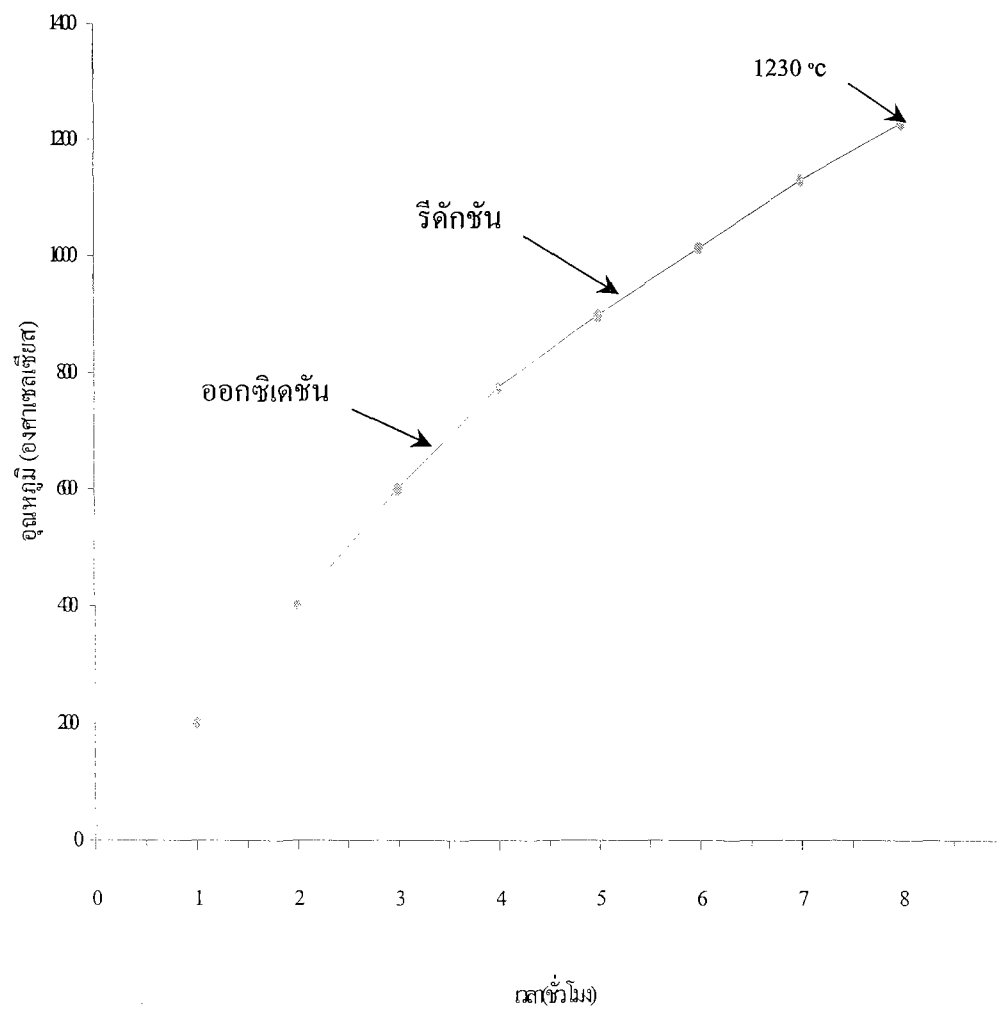
สูตรที่	การละลายในเคิลือบ		สีที่เกิดขึ้น	ความเข้มของสี		ความสดใสของสี		ความทนความร้อนและคงสภาพของสี	
	ละลาย	ไม่ละลาย		เข้ม	อ่อน	สดใส	จุ่นมัว	ทน	ไม่ทน
76	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
77	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	✓	X	✓	X
78	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
79	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X
80	X	✓	น้ำเงิน โคบอลต์	✓	X	X	✓	✓	X
81	X	✓	น้ำเงินเข้ม	✓	X	X	✓	✓	X

ภาคผนวก ค

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผา



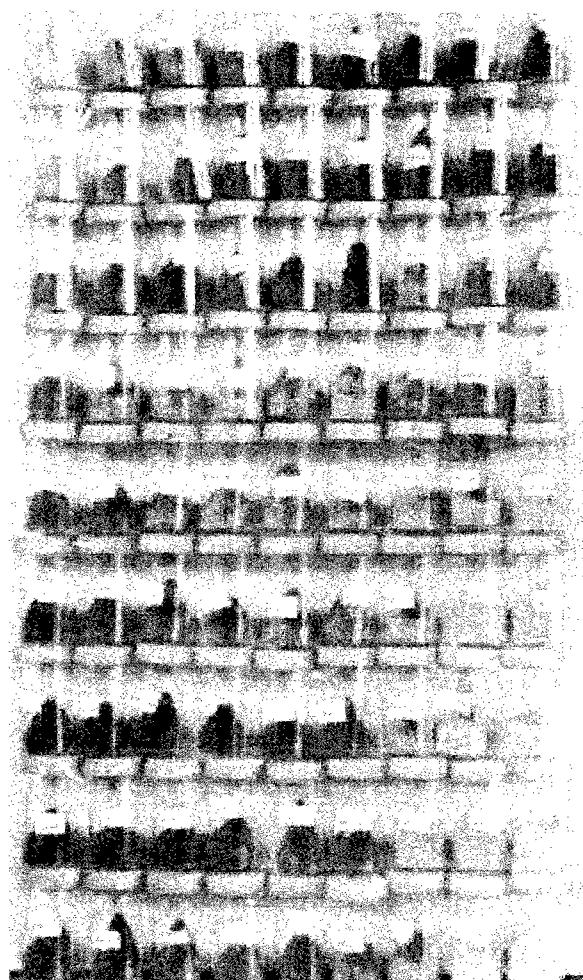
ภาพประกอบ 56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสื่อบรรยากาศแบบออกซิเคชัน



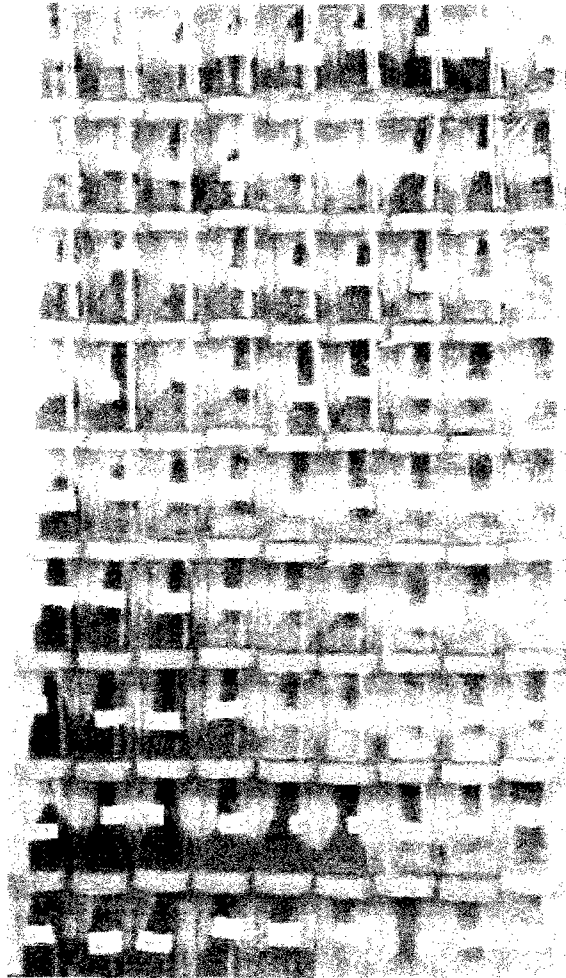
ภาพประกอบ 57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของสับรียากาสแบบรีดักชัน

ภาคผนวก ง

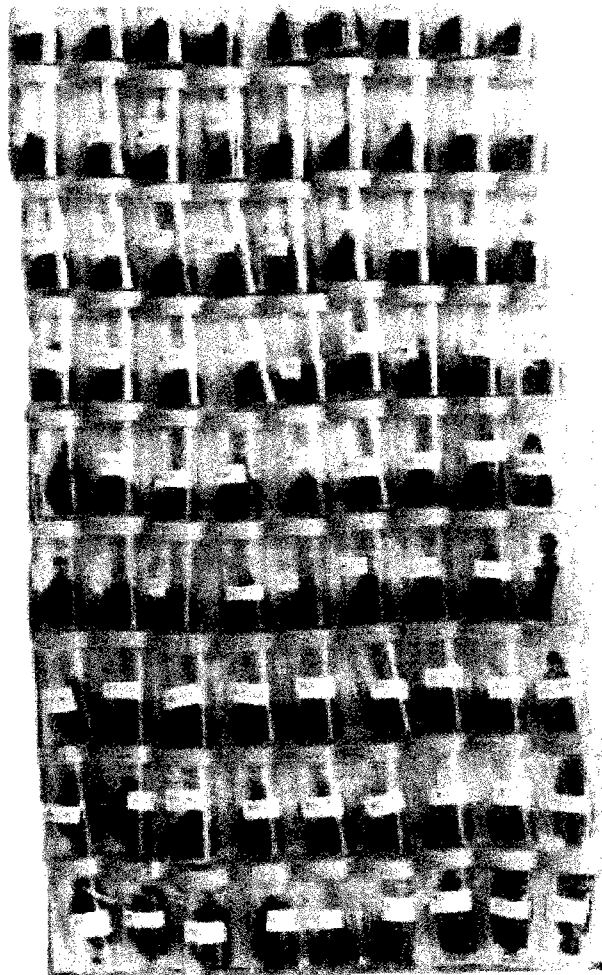
ภาพแสดงผลสำเร็จรูปที่ได้จากการทดลอง



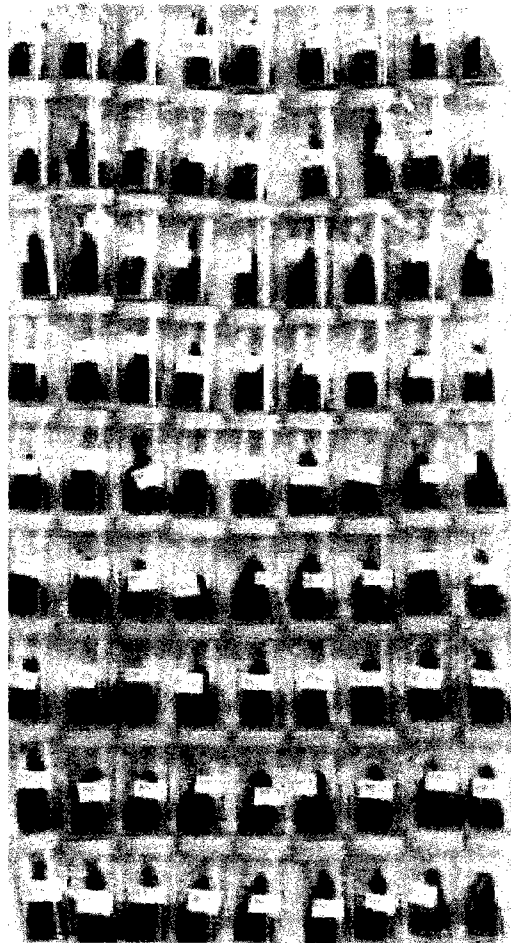
ภาพประกอบ 58 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาเคลือบรบายากาออกซิเดชัน (OF)



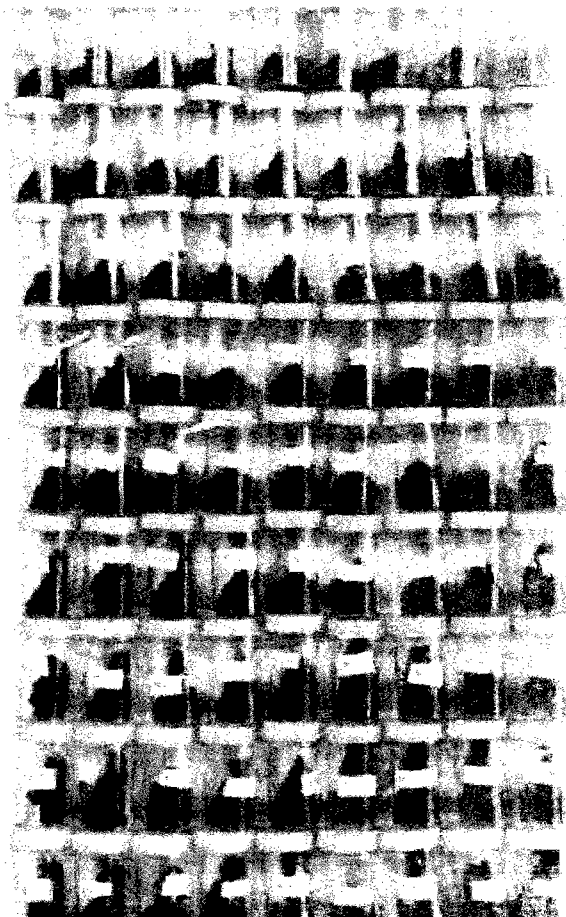
ภาพประกอบ 59 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีเขียวและสีชมพูเผาคัดไซน์บรรยากาศรีดักชัน (RF)



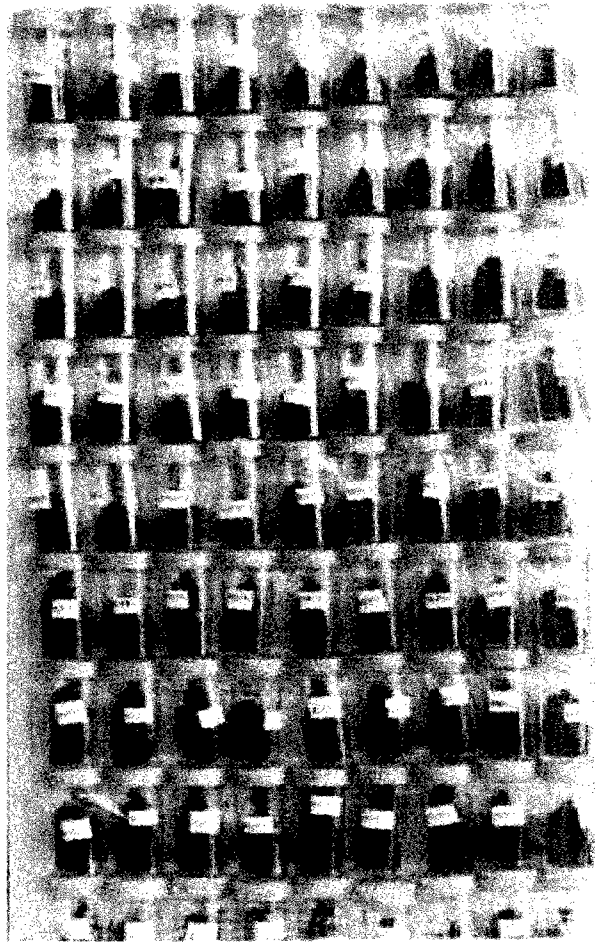
ภาพประกอบ 60 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาเคลือบชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)



ภาพประกอบ 61 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองเผาเคลือบชั้นบรรยากาศรีดักชัน (RF)



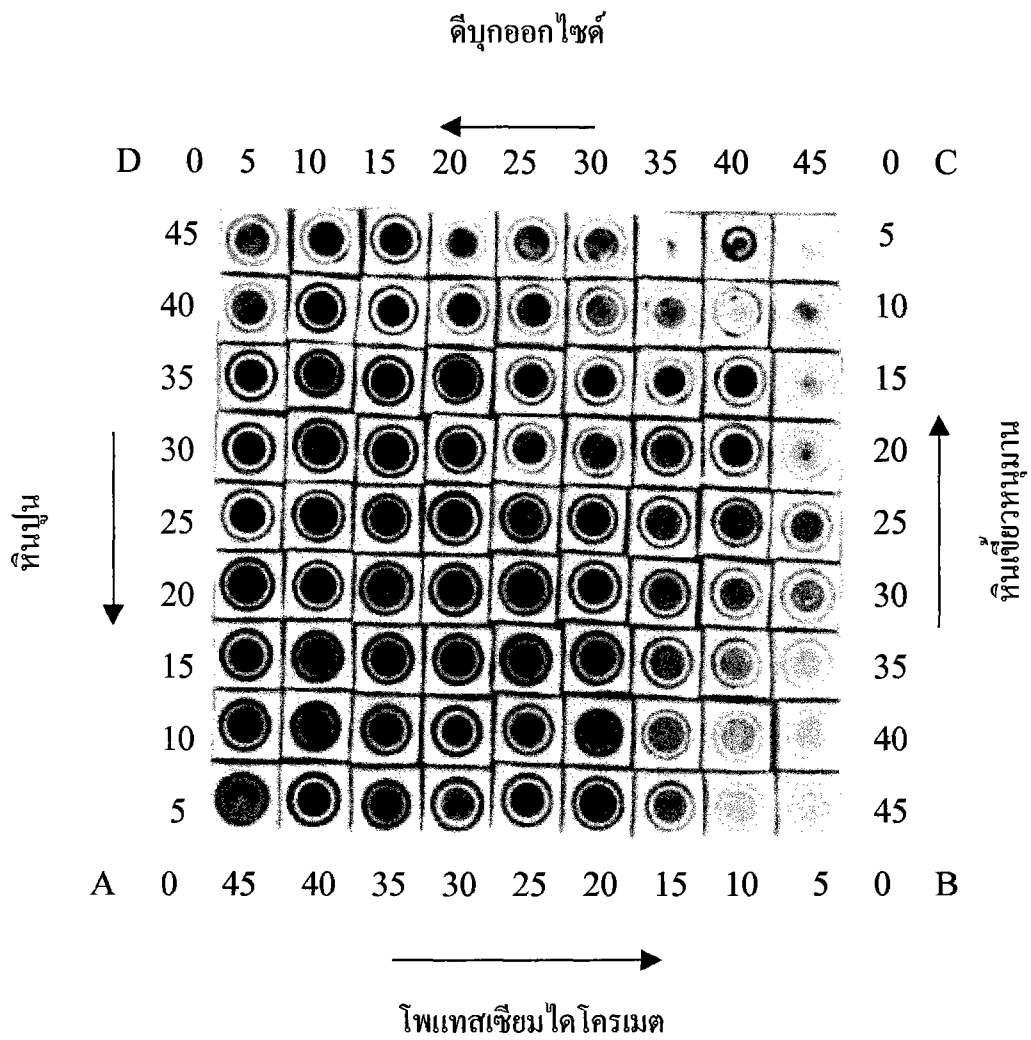
ภาพประกอบ 62 ผงสีสำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำเงินเทาเคลือบรไรยาการออกซิเดชัน (OF)



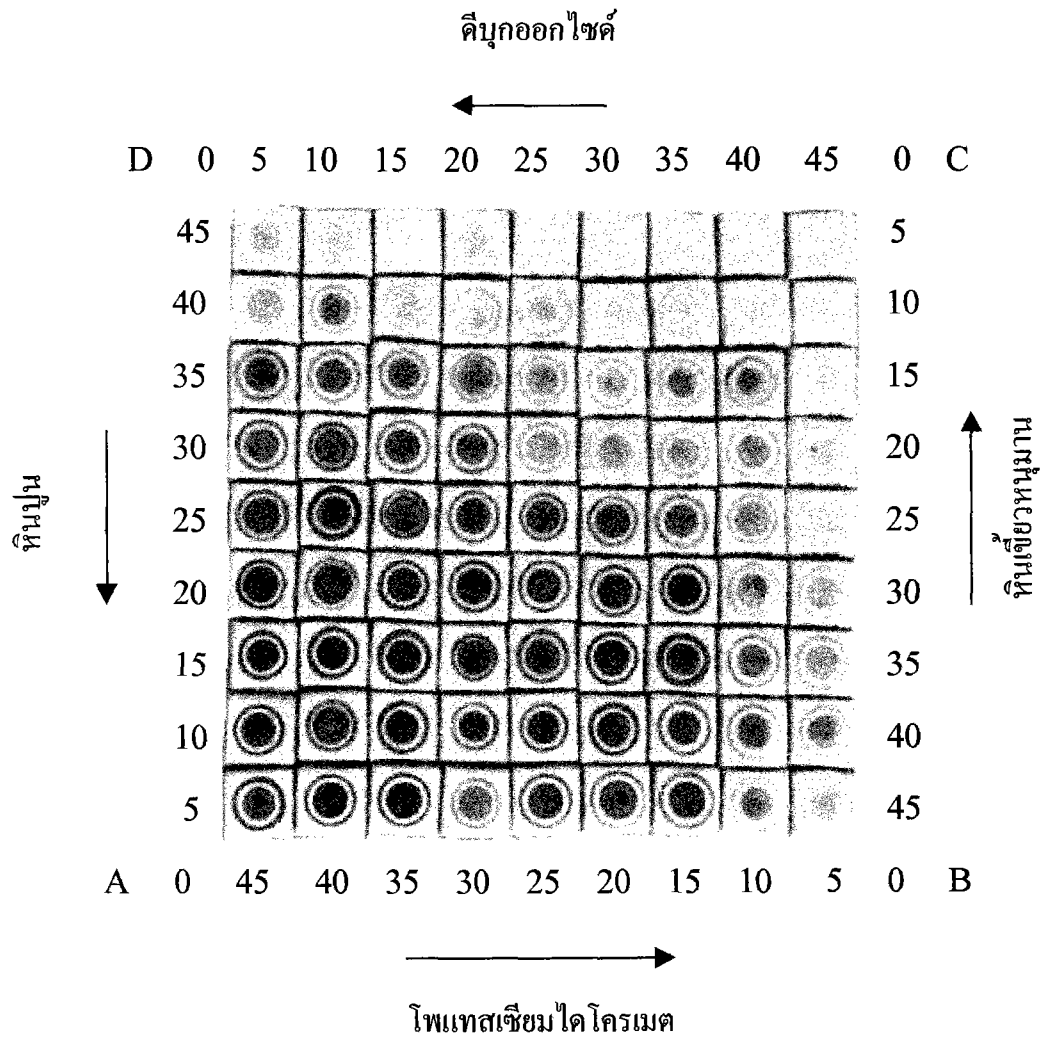
ภาพประกอบ 63 ผงสีตำเร็จรูปกลุ่มสีน้ำเงินเทาเคลือบรีนรรยาศาสตร์คักชัน (RF)

ภาคผนวก จ

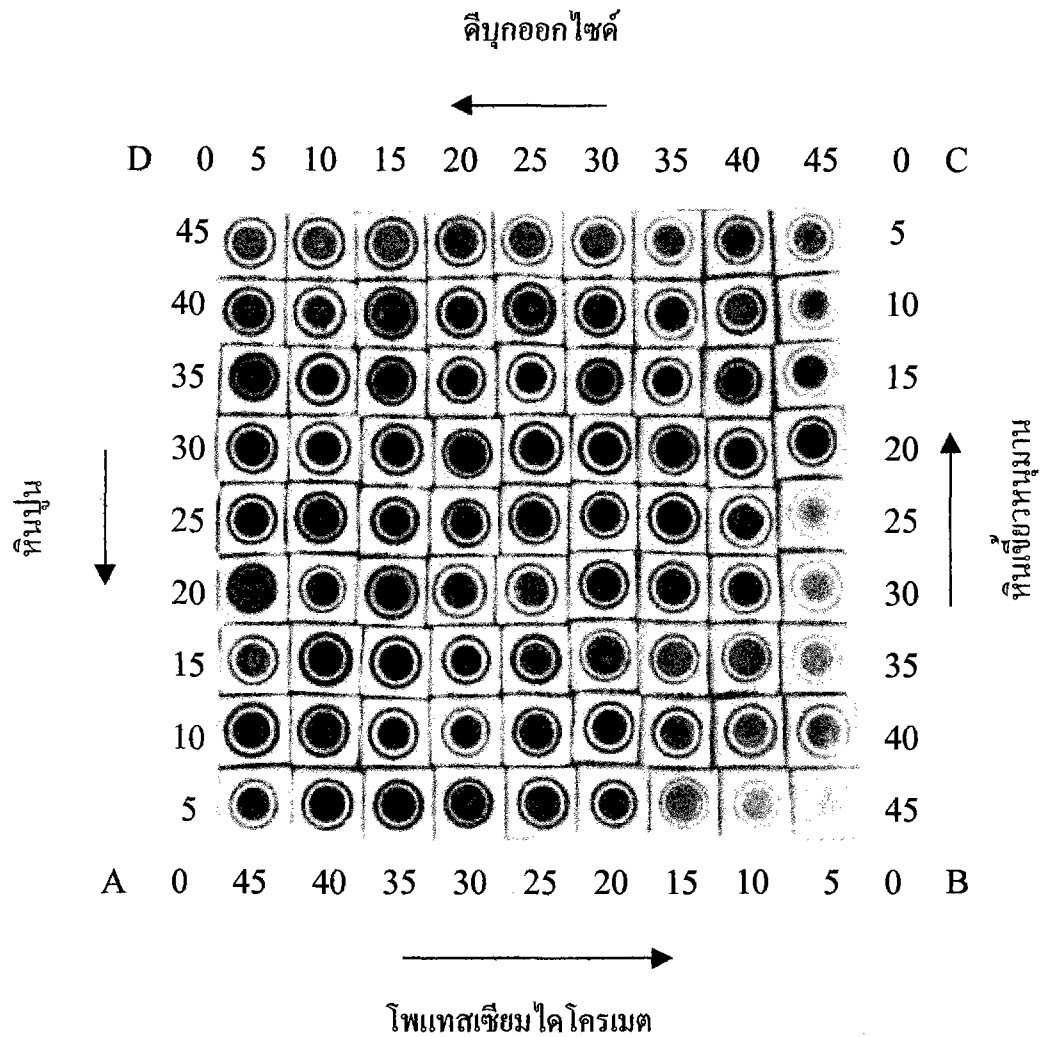
ภาพชั้นทดลองสำเร็จรูปได้เคลื่อน



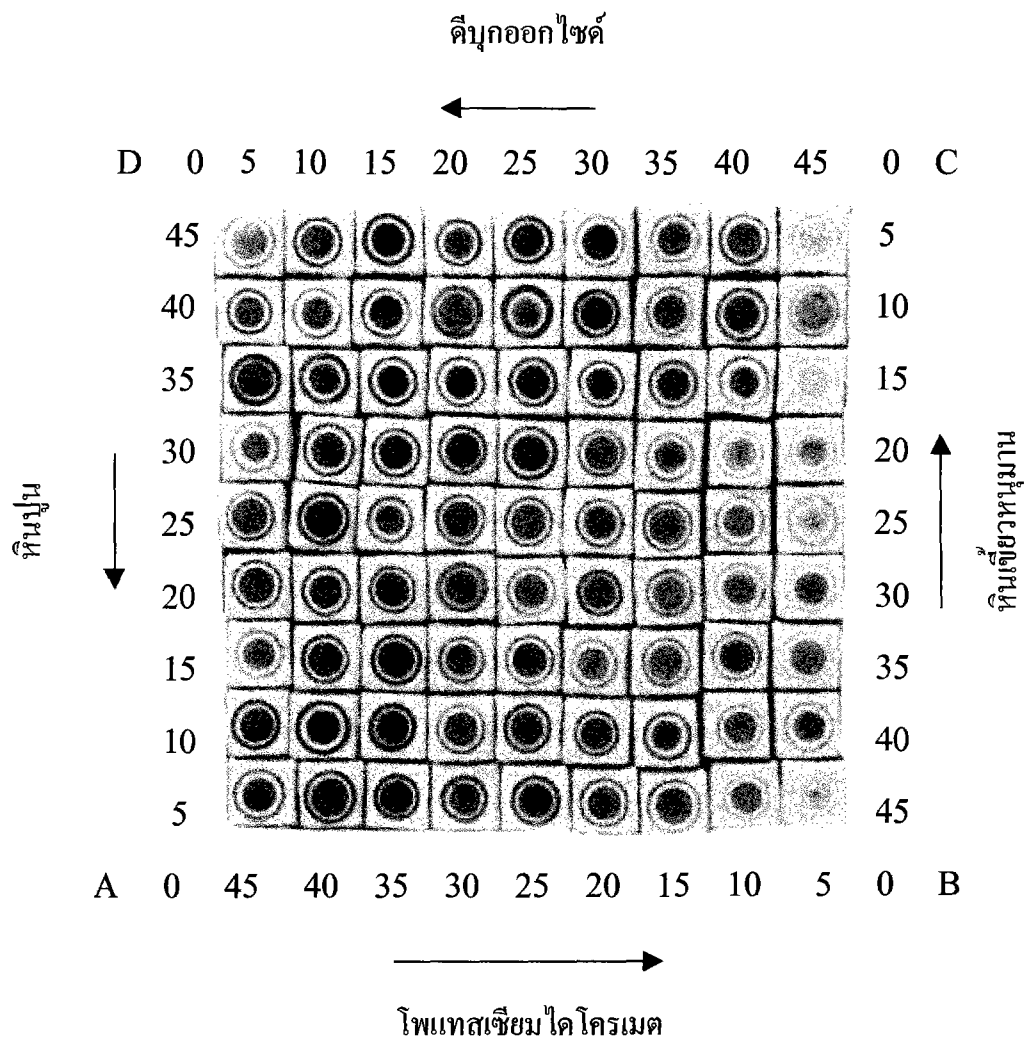
ภาพประกอบ 64 ชนทลองกลุ่มสีเชียวและสีชมพูการเผาสีบรรยากาศออกซิเดชัน (OF) เผาเคลือบ
บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)



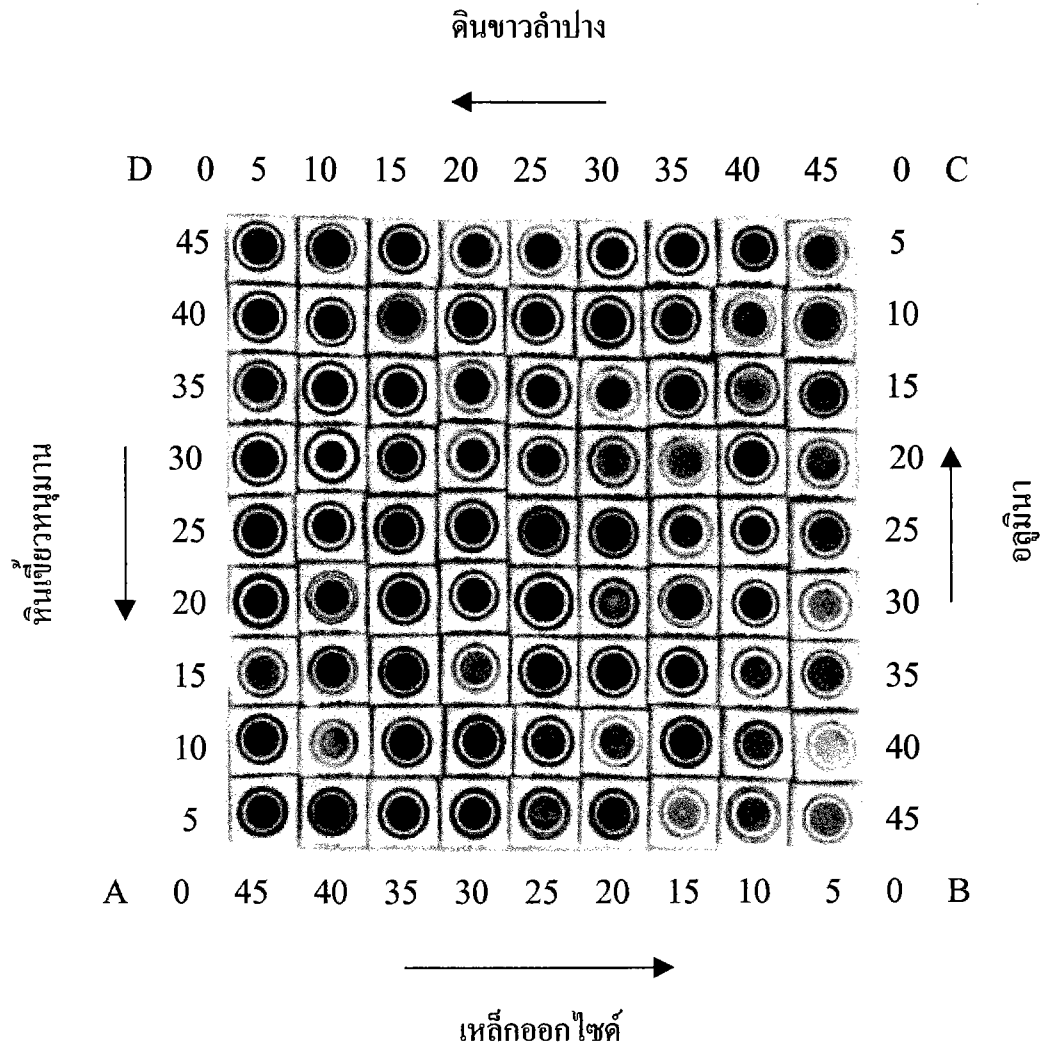
ภาพประกอบ 65 ชิ้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูการเผาสีบรรยากาศออกซิเดชัน (OF) เผาเคลือบ
บรรยากาศรีดักชัน (RF)



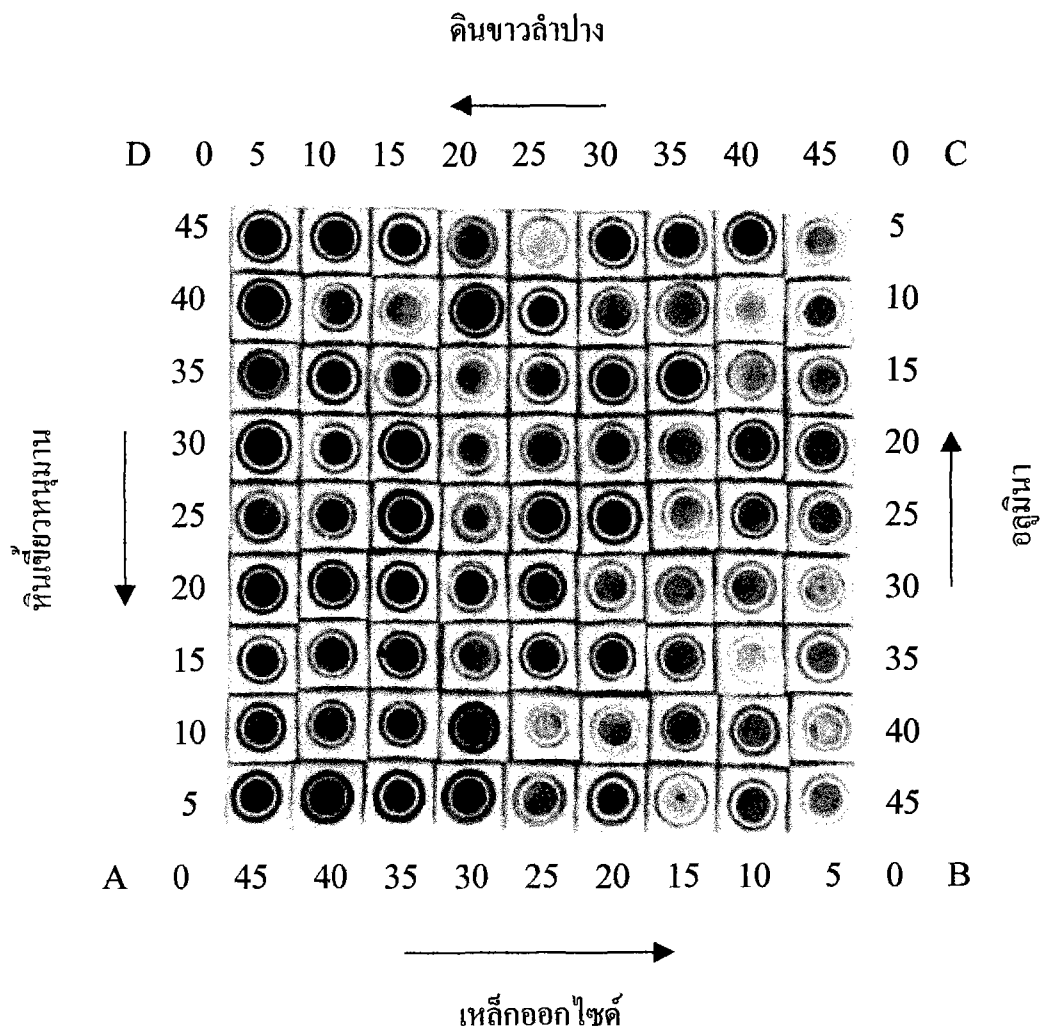
ภาพประกอบ 66 ชั้นทดลองกลุ่มสีเขียวและสีชมพูการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เผาเคลือบ
บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)



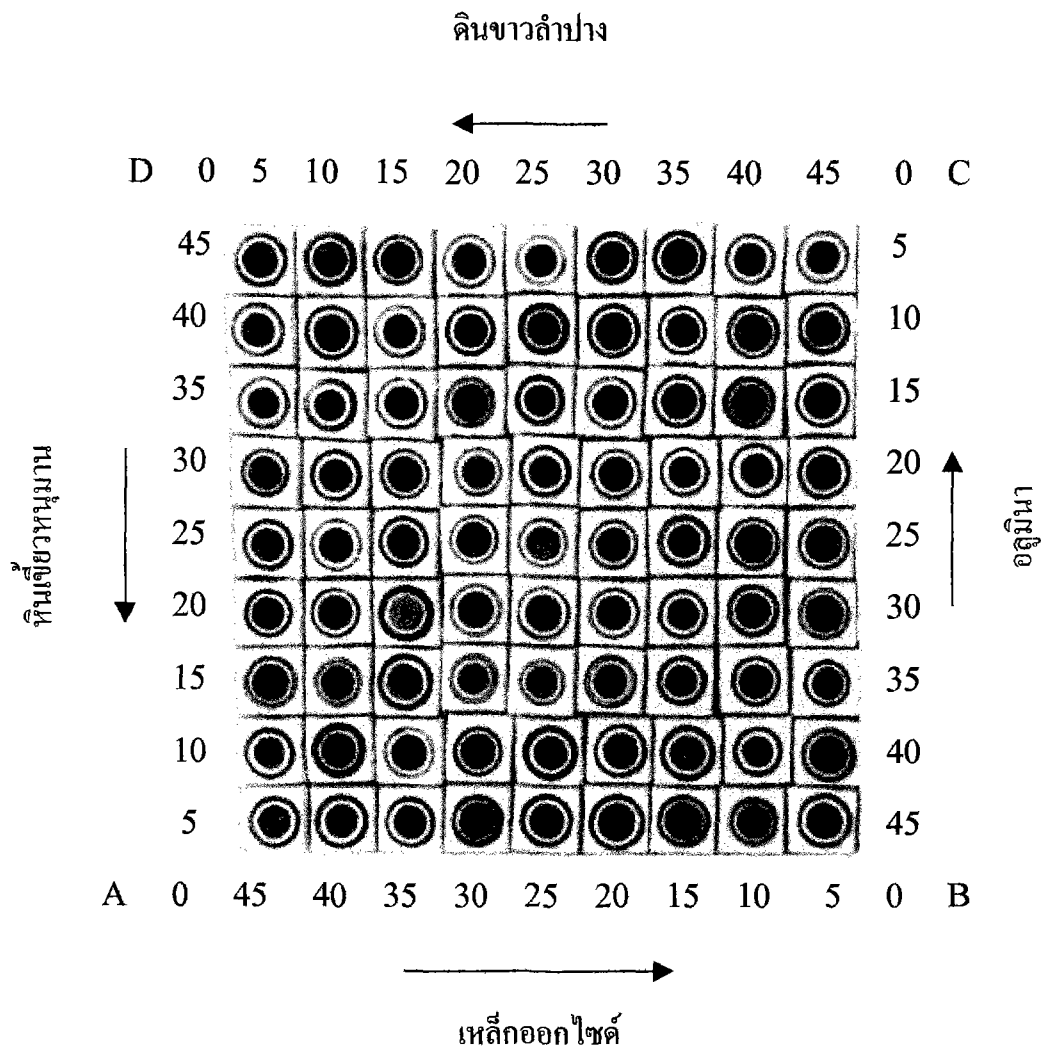
ภาพประกอบ 67 ชี้นทกลงกลุ่มสีเขียวและสีชมพูการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เผาเคลือบ
บรรยากาศรีดักชัน (RF)



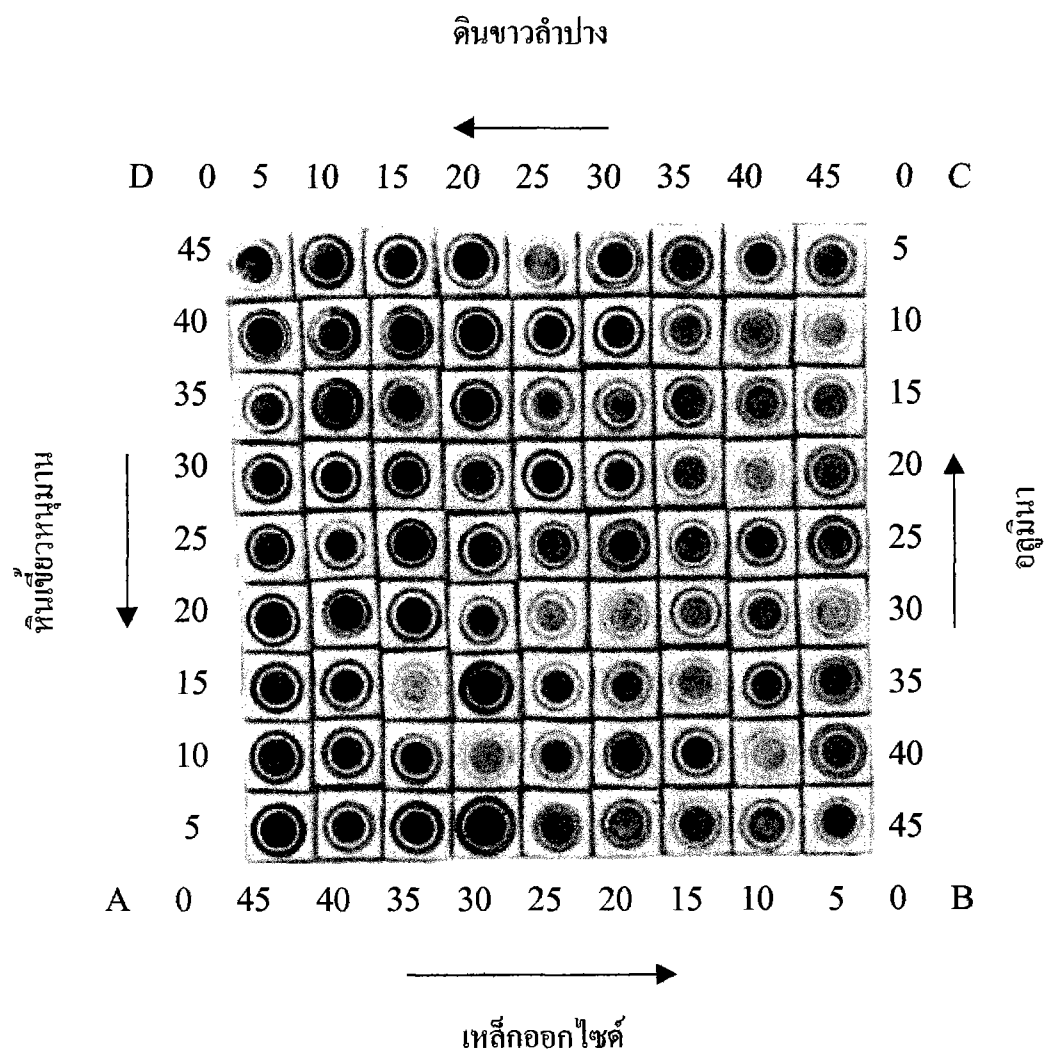
ภาพประกอบ 68 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองการเผาสีบรรยากาศออกซิเดชัน (OF) เผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)



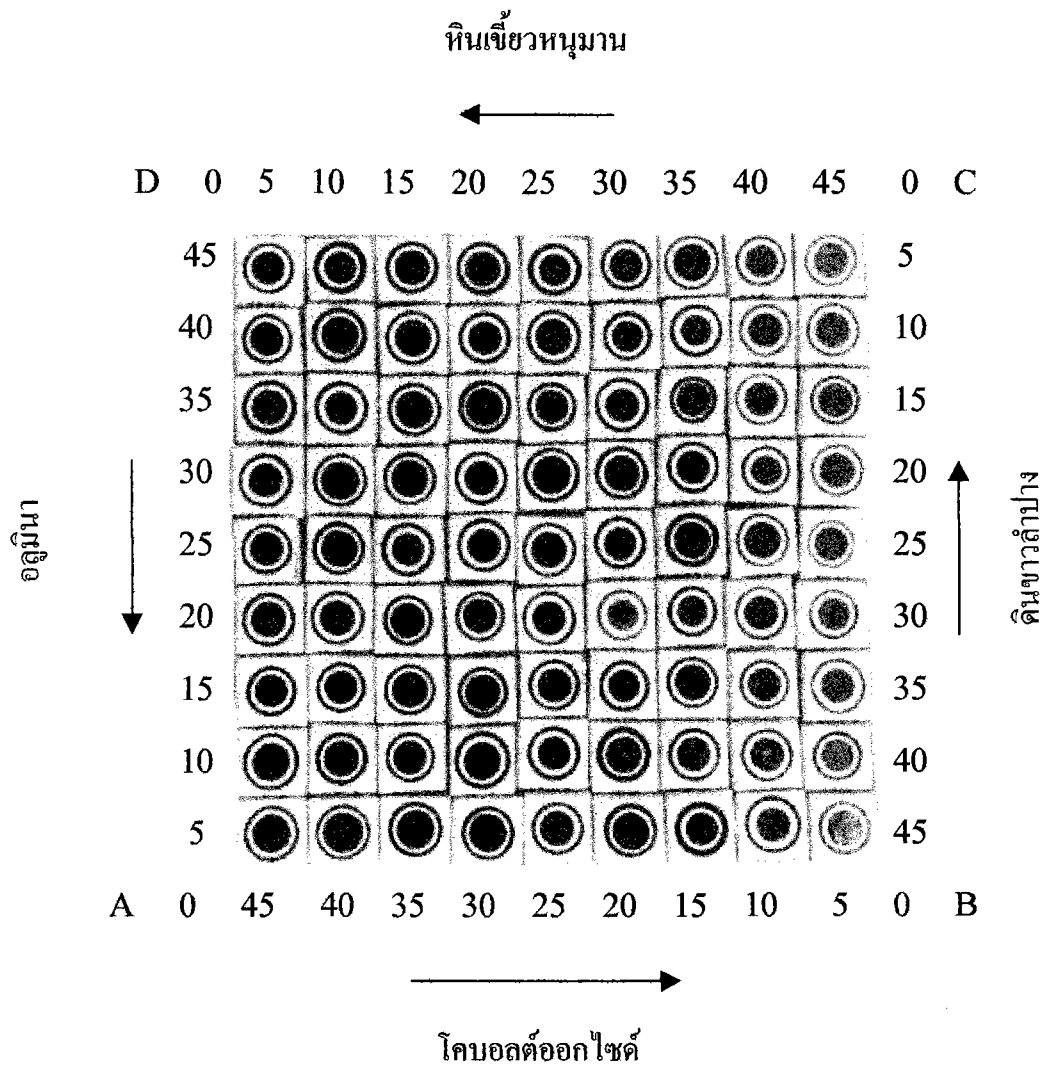
ภาพประกอบ 69 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองการเผาสีบรรยากาศออกซิเดชัน (OF) เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน (RF)



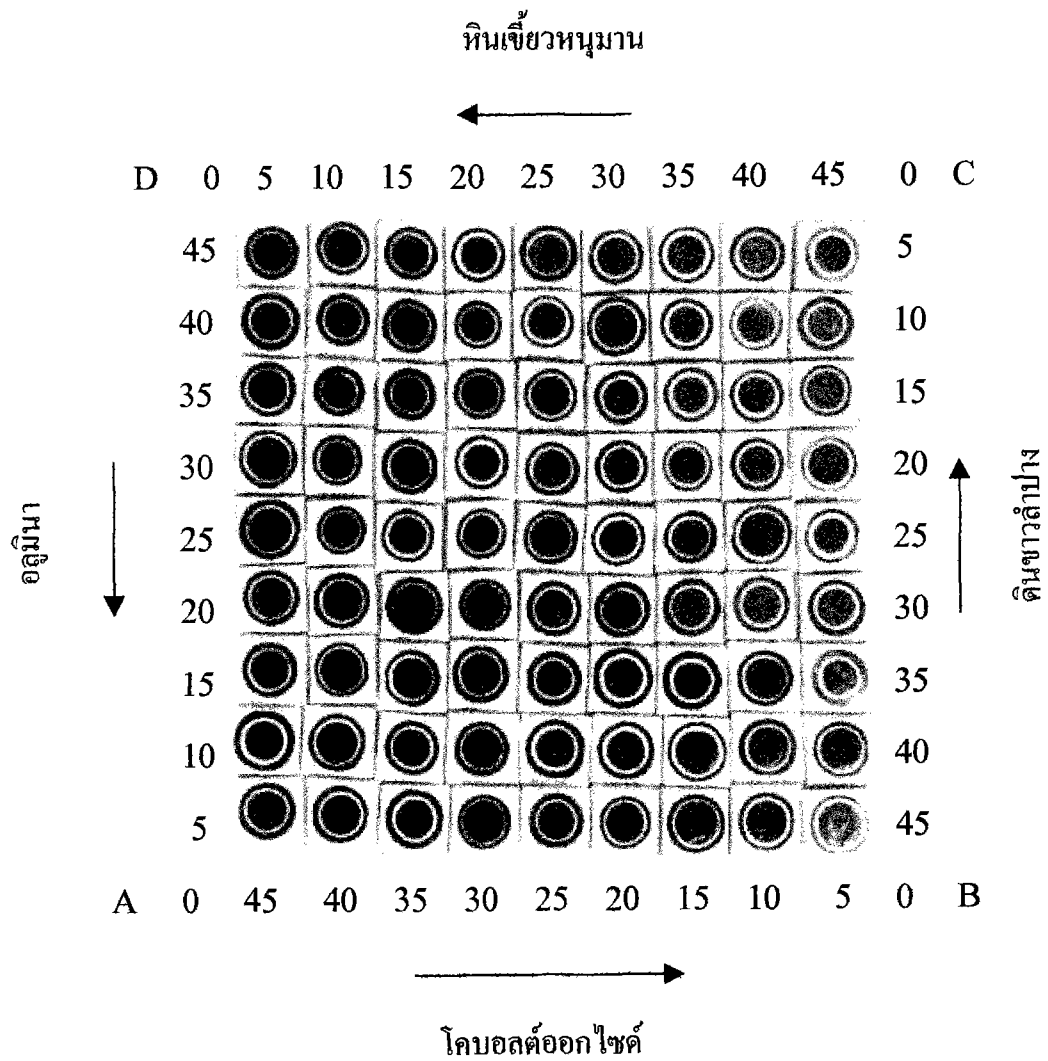
ภาพประกอบ 70 ชิ้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เผาเคลือบ
บรรยากาศออกซิเดชัน (OF)



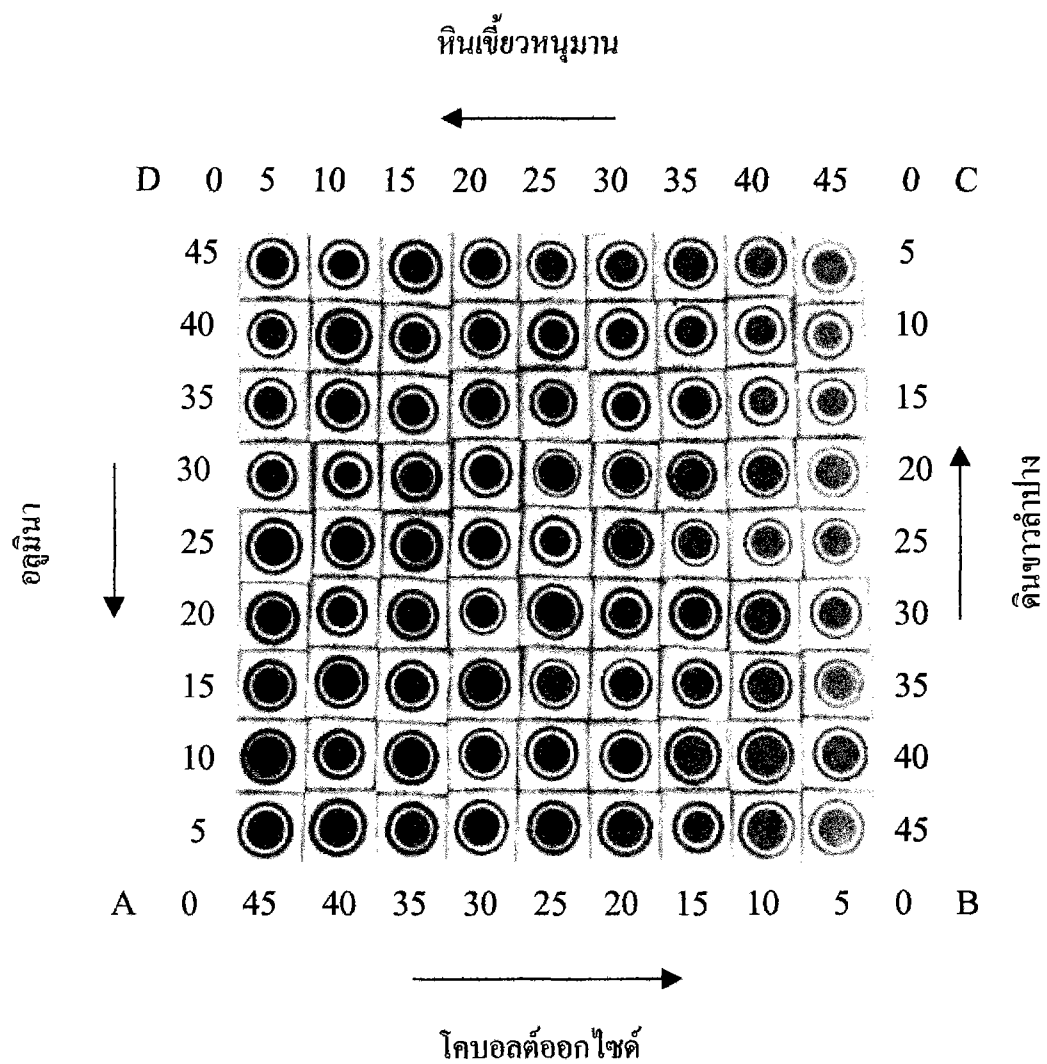
ภาพประกอบ 71 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน (RF)



ภาพประกอบ 73 หินทดลองกลุ่มสีน้ำเงินการเผาสีบรรยากาศออกซิเดชัน (OF) เเผาเคลือบ
บรรยากาศรีดักชัน (RF)



ภาพประกอบ 74 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เเผาเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน (OF)

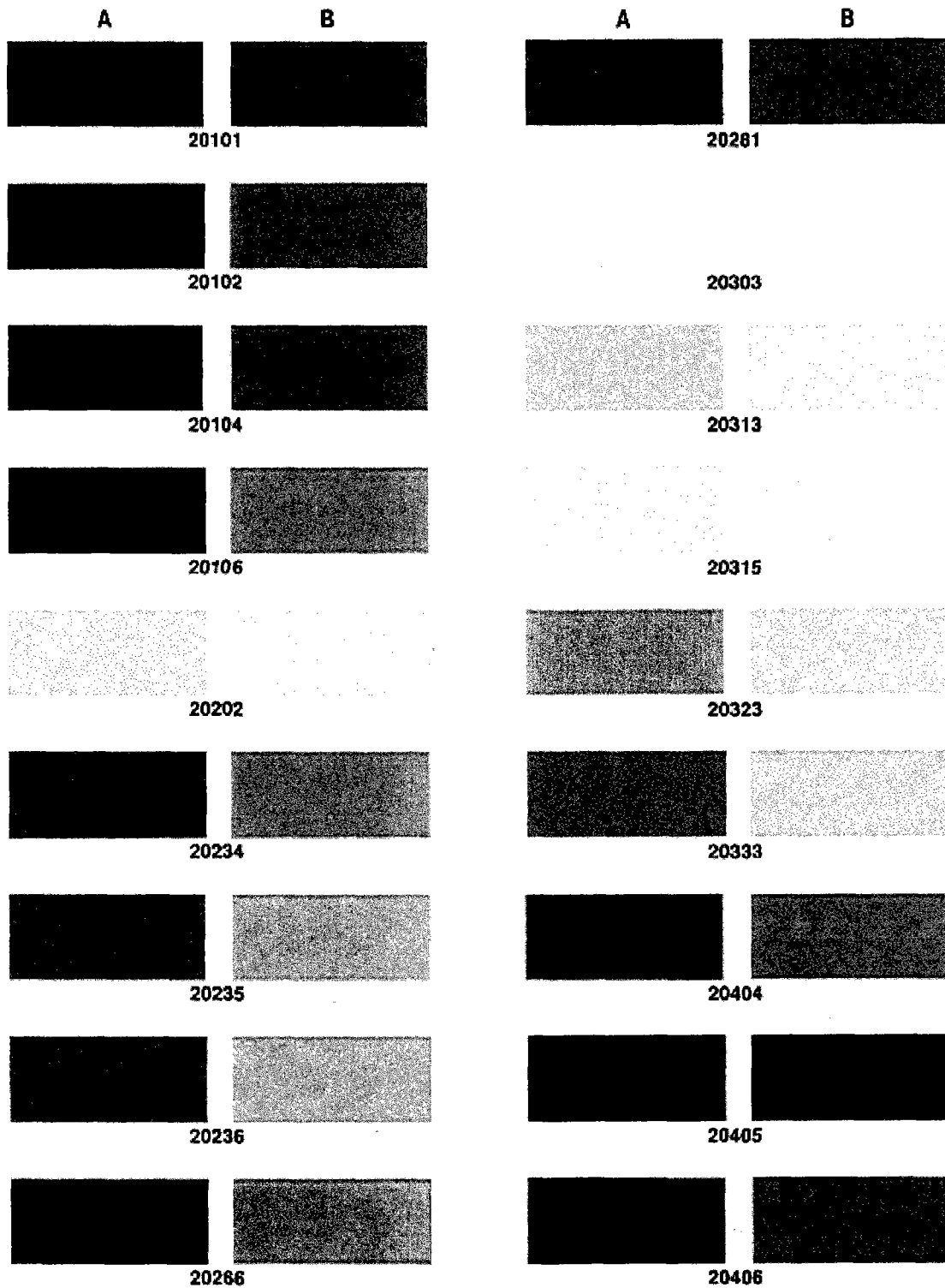


ภาพประกอบ 75 ชั้นทดลองกลุ่มสีน้ำเงินการเผาสีบรรยากาศรีดักชัน (RF) เเผาเคลือบบรรยากาศรีดักชัน (RF)

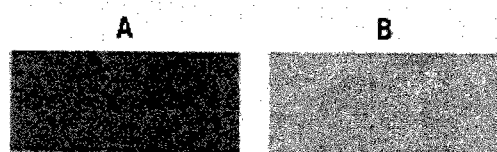
ภาคผนวก จ

ภาพประกอบและแบบเทียบสีของบริษัท โอเรียลตัล เซราเทค จำกัด

CERAMIC STAIN



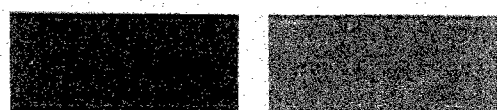
ภาพประกอบ 76 สีและเบอร์ผงสีสำเร็จรูป



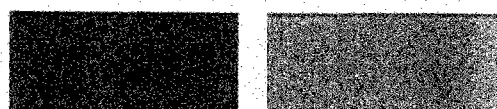
20505



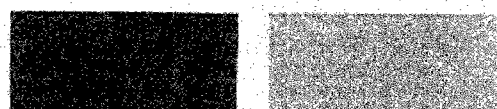
20506



20507



20606



20617



20620



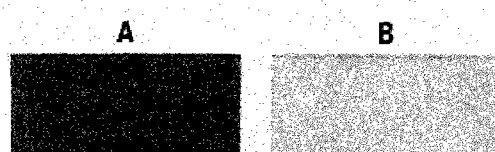
20630



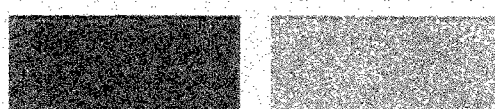
20650



20696



20706



20727



20735



20744



20747



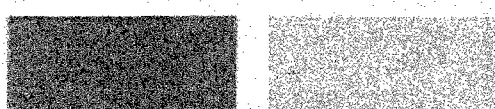
20749



20757



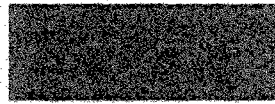
20808



MG-4



21101



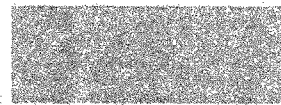
21351



21104



21407



21202



21408



21236



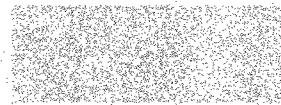
21409



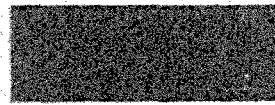
21238



21644



21315



21677



21323



21706



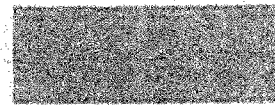
21333



21721



21345



21737

ตาราง 28 ชื่อสี อุณหภูมิ บรรยากาศ และเบอร์สี

Sales No.	Color	System	Max. Temp.	Atmosphere	Sales No.	Color	System	Max. Temp.	Atmosphere
20101	Chrome Green	Al-Cr	1300°C	Oxidation-Reduction	20505	Blue Grey	Zr-Co-Ni	1250°C	Oxidation
20102	Peacock Green	Al-Cr-Co	1300°C	Oxidation-Reduction	20506	Brown Grey	Zr-Co-Ni	1280°C	Oxidation
20104	Green	Al-Cr	1300°C	Oxidation-Reduction	20507	Grey	Zr-Co-Ni	1280°C	Oxidation-Reduction
20106	Peacock Green	Al-Cr-Co	1300°C	Oxidation-Reduction	20606	Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1280°C	Oxidation
20202	Turquoise Blue	Zr-Si-V	1280°C	Oxidation-Reduction	20617	Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20234	Cobalt Blue	Al-Si-Co	1300°C	Oxidation-Reduction	20620	Red Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20235	Royal Blue	Si-Co	1300°C	Oxidation-Reduction	20630	Coffee Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20236	Blue	Al-Si-Co	1300°C	Oxidation-Reduction	20650	Dark Coffee Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20266	Blue	Al-Co-Cr	1300°C	Oxidation-Reduction	20696	Brown	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20281	Peacock Blue	Al-Co-Cr	1300°C	Oxidation-Reduction	20706	Coral Pink	Zr-Si-Fe	1220°C	Oxidation
20303	Praseodymium Yellow	Zr-Si-Pr	1250°C	Oxidation	20727	Pink	Sn-Cr-Ca	1250°C	Oxidation
20313	Vanadium Yellow	Zr-V	1250°C	Oxidation	20735	Alumina Pink	Al-Zn-Cr-Fe	1250°C	Oxidation
20315	Vanadium Yellow	Zr-V	1250°C	Oxidation-Reduction	20744	Coral Pink	Zr-Si-Fe	1220°C	Oxidation
20323	Titanium Yellow	Ti-Sb-Cr	1250°C	Oxidation	20747	Maroon	Sn-Cr-Ca	1250°C	Oxidation
20333	Titanium Yellow	Ti-Sb-Cr	1250°C	Oxidation	20749	Dark Maroon	Sn-Cr-Ca	1250°C	Oxidation
20404	Black	Co-Fe-Cr	1280°C	Oxidation-Reduction	20757	Pink	Sn-Cr-Ca	1250°C	Oxidation
20405	Black	Co-Fe-Cr	1280°C	Oxidation-Reduction	20808	Violet	Sn-Cr	1250°C	Oxidation
20406	Black	Co-Fe-Cr	1280°C	Oxidation-Reduction	MG-4	Moss Green	Zr-Pr-V	1250°C	Oxidation

ตาราง 28 (ต่อ)

Sales No.	Color	System	Max. Temp.	Atmosphere
21101	Chrome Green	Al-Cr	1300°C	Oxidation
21104	Green	Al-Cr	1300°C	Oxidation
21202	Turquoise Blue	Zr-Si-V	1280°C	Oxidation
21236	Cobalt Blue	Al-Si-Co	1300°C	Oxidation
21238	Cobalt Blue	Al-Si-Co	1300°C	Oxidation
21315	Vanadium Yellow	Zr-V	1400°C	Oxidation-Reduction
21323	Titanium Yellow	Ti-Sb-Cr	1280°C	Oxidation
21333	Titanium Yellow	Ti-Sb-Cr	1280°C	Oxidation
21345	Light Brown	Ti-Sb-Cr	1280°C	Oxidation
21351	Brown	Ti-Sb-Cr	1280°C	Oxidation
21407	Gray	Cr-Fe	1300°C	Oxidation
21408	Black	Co-Cr-Fe	1300°C	Oxidation
21409	Black	Co-Cr-Fe	1300°C	Oxidation
21644	Coffee Black	Fe-Cr-Ni	1250°C	Oxidation
21677	Dark Brown	Ti-Cr-Cb	1250°C	Oxidation
21706	Iron Pink	Zr-Si-Fe	1250°C	Oxidation
21721	Iron Red	Si-Fe	1200°C	Oxidation
21737	Pink	Al-Mn	1400°C	Oxidation-Reduction

ภาคผนวก ข

หนังสือขอความอนุเคราะห์และประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ที่ ทม 1007/1๒1๒



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

10 เมษายน 2541

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏเลย

เนื่องจาก นางกฤตยาวัลย์ พินิจดำรงกลาง นิสิตระดับปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองทำสีไม้เคลือบที่ใช้กับเคลือบสี
อุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชัน และรีดักชัน" ทั้งนี้อยู่ในความควบคุม
ดูแลของ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์โรกมล รักษ์วงศ์

ประธาน

ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า

กรรมการ

มีความประสงค์จะขอใช้สถานที่ห้องปฏิบัติการเซรามิกส์ของสถาบันราชภัฏเลย ในการทดลองทำสีไม้เคลือบ
ที่ใช้กับเคลือบสีอุณหภูมิ 1230 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผาแบบออกซิเดชันและรีดักชัน ในระหว่าง
เดือนเมษายน 2541 เพื่อเป็นข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยจึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ในเรื่องนี้ด้วย และขอขอบคุณในความช่วยเหลือ
อนุเคราะห์ที่ท่านจะให้แก่ นิสิตผู้นี้

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 2584119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ.....บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5644
ที่.....ทม 1007/ ๕5๔ 3.....วันที่.....๖ ธันวาคม 2541
เรื่อง.....ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ.....

เรียน คณบดีคณะศิลปกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นางกฤตยาวัลย์ พินิจดำรงกลาง นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองสีกาโต้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใส อลูมิเนียม 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผา แบบออกซิเดชัน และรีดักชัน" โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์โรกมล รักษ์วงศ์ และ ดร.ละอียด รักษ์เผ่า เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สมทรง ชิมารรณ์ และ อาจารย์สมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางกฤตยาวัลย์ พินิจดำรงกลาง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลมรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1007/ 8544



บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๔ ธันวาคม 2541

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เนื่องด้วย นางกฤตยาวัลย์ พินิจดำนกลาง นิสิตปริญญาโท วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การทดลองสืงได้เคลือบที่เข้ากับเคลือบสี อุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศการเผา แบบออกซิเดชั่น และรีดักชัน" โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์โกล รักษ์วงศ์ และ ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำวิทยานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม พฤษะวัน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่าน ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางกฤตยาวัลย์ พินิจดำนกลาง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ศาสตราจารย์ ดร. เสริมศักดิ์ วิศาลาภรณ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานบัณฑิตวิทยาลัย

โทร/โทรสาร 258-4119

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสมทรง ชิมภรณ์ ตำแหน่ง อาจารย์ (หัวหน้าภาควิชาทัศนศิลป์)
สถานที่ทำงาน สุขุมวิท 23 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

วุฒิทางการศึกษา ปริญญาโท (CERAMICS)

ประวัติการสอนสาขาวิชาเซรามิกส์

พ.ศ. 2531-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาทัศนศิลป์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ. 2538-ปัจจุบัน สอนพิเศษที่มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2537 สอนพิเศษที่มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ศ. 2536-2537 สอนพิเศษที่วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2534 สอนพิเศษที่มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

เข้าร่วมแสดงศิลปะเครื่องปั้นดินเผาหลายครั้ง

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2540-ปัจจุบัน เอกสารประกอบการสอน Ceramics เบื้องต้น
พ.ศ. 2538-2540 เอกสารประกอบการสอนประวัติเครื่องปั้นดินเผา

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายสมศักดิ์ ขวาลาวัณย์ ตำแหน่งอาจารย์

สถานที่ทำงาน ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร

วุฒิทางการศึกษา กศ.ม. เอกศิลปศึกษา จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

ประวัติทางการสอนสาขาเซรามิกส์

พ.ศ. 2536-ปัจจุบัน เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

พ.ศ. 2523-2536 เป็นอาจารย์ประจำวิชาภาควิชาศิลปะและวัฒนธรรม
คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร

พ.ศ. 2522 เป็นอาจารย์ประจำโรงเรียนเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบกรุงเทพ ฯ

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ. 2541 เป็นผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์โดยใช้ดินเหนียวแดงราชบุรี โดยมีการ
ตกแต่งและเคลือบให้กับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม
กรรม เป็นเงิน 40,000 บาท

พ.ศ. 2540 เป็นผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์จากเนื้อดินปั้นโอ่ง จังหวัดราชบุรี ให้
กับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2540 เป็นวิทยากรร่วมบรรยายและสาธิตเชิงปฏิบัติการให้กับสมาคม
เครื่องเคลือบดินเผาราชบุรีร่วมกับกรมทรัพยากรธรณี กระทรวง
อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2535 เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่มหาวิทยาลัยรังสิต

พ.ศ. 2530 เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่คณะศิลปกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2529 เป็นวิทยากรบรรยายสีในเนื้อดินปั้นให้กระทรวงอุตสาหกรรม

(กรมวิทยาศาสตร์บริการ)

พ.ศ. 2526

เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ ที่วิทยาลัยครูพระนคร

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

ได้รับรางวัลดีเด่นจากผลงานแสดงเครื่องปั้นดินเผาแห่งชาติครั้งที่ 4 พ.ศ. 2533

ประเภท ศิลปกรรม

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2524 บทความเรื่อง การทดสอบทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังเผา จาก
สูจิบัตรการแสดงนิทรรศการศิลปกรรม ประสานมิตร 2524

พ.ศ. 2536 บทความเรื่อง อุตสาหกรรมเซรามิกส์คืออะไร จากนิตยสารวิมาน เล่ม 4
ฉบับที่ 33 เดือนมกราคม 2536

พ.ศ. 2524 บทความเรื่อง การทดสอบทางฟิสิกส์ของดินก่อนและหลังการเผา
จากสูจิบัตรการแสดงนิทรรศการศิลปกรรมประสานมิตร 2524

ประวัติผู้เชี่ยวชาญ

ชื่อ นายเกษม พฤษะวัน ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์
 สถานที่ทำงาน ภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
 วุฒิทางการศึกษา M.S. Industrial Ed. (Ceramics)

ประวัติทางการสอนสาขาเซรามิกส์

พ.ศ. 2539-ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
พ.ศ. 2532-2537	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครู สุรินทร์
พ.ศ. 2520-2531	เป็นอาจารย์ประจำภาควิชาอุตสาหกรรมศิลป์ วิทยาลัยครู สุรินทร์

ประวัติการทำงานพิเศษ

พ.ศ. 2541- ปัจจุบัน	เป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาเซรามิกส์ที่มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
---------------------	--

ผลงานเซรามิกส์ที่ได้รับรางวัล

ได้รับรางวัลผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทน้ำเงินขาว 2 รางวัล
 จากกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ผลงานทางวิชาการ

พ.ศ. 2532 – 2536	เอกสารพัฒนาเครื่องปั้นดินเผาจังหวัดสุรินทร์ บทความเครื่องปั้นดินเผา เอกสารประกอบการสอนเครื่องปั้นดินเผาเบื้องต้น เอกสารประกอบการสอนน้ำเคลือบ เอกสารประกอบการสอนการออกแบบ ตำราการออกแบบเครื่องปั้นดินเผา งานวิจัยการสำรวจเทคโนโลยีเซรามิกส์พื้นบ้านอีสานใต้
------------------	--

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นางกฤตยาวัลย์ ชื้อสกุล พินิจดำนกลาง

เกิดวันที่ 16 เดือนพฤศจิกายน พุทธศักราช 2512

สถานที่เกิด ตำบลอายนาลัย อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน

ที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 234/54 ถนนเลข – เชียงคาน อำเภอเมือง
จังหวัดเลย 42001

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 3

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาเซรามิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
สถาบันราชภัฏเลย อำเภอเมือง จังหวัดเลย 42001

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2525 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนบ้านอายนาวา จังหวัดน่าน

พ.ศ. 2531 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสา จังหวัดน่าน

พ.ศ. 2534 ระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร(สาขาเซรามิกส์) จากวิทยาลัยครู
ลำปาง

พ.ศ. 2537 ระดับปริญญาตรีครุศาสตรบัณฑิต สาขาการประถมศึกษา จาก
วิทยาลัยครูลำปาง

พ.ศ. 2537 ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีเซรามิกส์
จากวิทยาลัยครูลำปาง

พ.ศ. 2542 การศึกษามหาบัณฑิต เอกอุตสาหกรรมศึกษา จาก มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การทดลองทำสีได้เคลือบที่ใช้กับเคลือบใสอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส
บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน

บทคัดย่อ
ของ
กฤตยาวัลย์ พินิจดำนกลาง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
มีนาคม 2542

การวิจัยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ ทดลองอัตราส่วนผสมสีตกแต่งได้เคลือบอุณหภูมิ 1,230 องศาเซลเซียส บรรยากาศออกซิเดชันและรีดักชัน โดยนำออกไซด์ของโลหะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอลูมินา โบเรต ซิลิเกต โดยใช้วัตถุดิบดังนี้คือ วัตถุดิบที่ใช้ในกลุ่มสีเป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มที่ 1 สีกลุ่มสีเขียว สีชมพู วัตถุดิบที่ใช้ทำคือ โพลีเอทเธอร์ไดโครเมต หินเขี้ยวหนูมาน ดินบุกออกไซด์ หินปูน โดยในแต่ละสูตร จะใช้ส่วนผสมตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 45 และเพิ่มบอแรกซ์ร้อยละ 3 จำนวน 81 จุด โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส กลุ่มที่ 2 กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองวัตถุดิบที่ใช้ทำคือ เหล็กออกไซด์ อลูมินา ดินขาวล่าป่าง หินเขี้ยวหนูมาน โดยในแต่ละสูตรจะใช้ส่วนผสมตั้งแต่ร้อยละ 5 ถึง 45 เพิ่มโครมออกไซด์ร้อยละ 2 จำนวน 81 จุด โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส และกลุ่มที่ 3 กลุ่มสีน้ำเงินวัตถุดิบที่ใช้ทำคือโคบอลต์ออกไซด์ ดินขาวล่าป่าง หินเขี้ยวหนูมาน อลูมินา โดยในแต่ละสูตร จะใช้ส่วนผสมร้อยละ 5 ถึง 45 และเพิ่มโครมออกไซด์ร้อยละ 2 จำนวน 81 จุด โดยใช้แผนภาพสี่เหลี่ยมจัตุรัส นำมาให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์สีที่เกิดขึ้น ความเข้มของสี ความสดใสของสี ความทนความร้อนและการคงสภาพของสี ผลการวิเคราะห์พบว่า

กลุ่มสีเขียว ที่เผาเคล้าชั้นบรรยากาศออกซิเดชันและทดสอบกับเคลือบออกซิเดชัน สีเขียวจะมีปริมาณ โพลีเอทเธอร์ไดโครเมตที่ 20 ถึง 45 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 20 ถึง 45 ดินบุกออกไซด์อยู่ในช่วง 5 ถึง 30 กลุ่มสีชมพู จะมีโพลีเอทเธอร์ไดโครเมตที่ 5 ถึง 40 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 5 ถึง 30 ดินบุกออกไซด์อยู่ที่ 10 ถึง 45 หินปูนอยู่ในช่วง 20 ถึง 45 กลุ่มสีเขียวสีชมพูใช้งานได้ร้อยละ 46.91

กลุ่มสีเขียวที่เผาเคล้าชั้นบรรยากาศออกซิเดชัน และทดสอบกับเคลือบรีดักชัน กลุ่มสีเขียวสีมีโพลีเอทเธอร์ไดโครเมตที่ 15 ถึง 45 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 15 ถึง 45 ดินบุกออกไซด์อยู่ในช่วง 5 ถึง 35 หินปูนอยู่ในช่วง 5 ถึง 35 ไม่ปรากฏสีชมพู ได้สีกลุ่มสีเขียวใช้งานได้ร้อยละ 62.96

กลุ่มสีเขียวที่เผาเคล้าชั้นบรรยากาศรีดักชันและทดสอบกับเคลือบออกซิเดชันสีเขียวจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีโพลีเอทเธอร์ไดโครเมตที่ 20 ถึง 45 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 ดินบุกออกไซด์อยู่ในช่วง 30 ถึง 45 หินปูน 10 ถึง 45 ได้กลุ่มสีเขียวกลุ่มสีชมพูใช้งานได้ร้อยละ 39.51

กลุ่มสีเขียวที่เผาเคล้าชั้นบรรยากาศรีดักชัน และทดสอบกับเคลือบรีดักชัน กลุ่มสีเขียว มีโพลีเอทเธอร์ไดโครเมตที่ 5 ถึง 45 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 ดินบุกออกไซด์อยู่ในช่วง 5 ถึง 45 หินปูนอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีเขียวใช้งานได้ร้อยละ 85.19

กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาเคล้าชั้นบรรยากาศออกซิเดชันและทดสอบกับเคลือบออกซิเดชันจะมีปริมาณเหล็กออกไซด์ต่ำกว่าร้อยละ 20 อลูมินาต่ำกว่าร้อยละ 35 ดินขาวล่าป่างอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 หินเขี้ยวหนูมานอยู่ในช่วง 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำตาล ใช้งานได้ร้อยละ 76.54

กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาแคลไซน์บรรยากาศออกซิเดชันและทดสอบกับเคลือบ
รีดักชันจะมีปริมาณเหล็กออกไซด์ควรต่ำกว่าร้อยละ 25 อลูมินาอยู่ในช่วง 5 ถึง 35 ดินขาว
ลำปาง ร้อยละ 5 ถึง 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำตาล สีเหลืองใช้งานได้ร้อยละ
50.62

กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาแคลไซน์บรรยากาศรีดักชันและทดสอบกับเคลือบ
บรรยากาศออกซิเดชันจะมีปริมาณเหล็กออกไซด์อยู่ที่ต่ำกว่าร้อยละ 40 อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45
ดินขาวลำปางต่ำกว่าร้อยละ 40 หินเขียวหนุมานต่ำกว่าร้อยละ 30 ได้กลุ่มสีน้ำตาลใช้งานได้ร้อยละ
82.72

กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลือง ที่เผาแคลไซน์บรรยากาศรีดักชันและทดสอบกับเคลือบ
บรรยากาศรีดักชันจะมีปริมาณเหล็กออกไซด์ควรต่ำกว่าร้อยละ 40 อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45 ดินขาว
ลำปาง ร้อยละ 5 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำตาลและสีเหลืองใช้งานได้ร้อยละ
55.56

กลุ่มสีน้ำเงินเผาแคลไซน์ บรรยากาศออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน
จะมีปริมาณโคบอลต์ ร้อยละ 5 ถึง 45 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 ถึง 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง
45 อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำเงินใช้งานได้ร้อยละ 91.36

กลุ่มสีน้ำเงินเผาแคลไซน์ บรรยากาศออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบบรรยากาศรีดักชัน จะมี
ปริมาณโคบอลต์ ร้อยละ 5 ถึง 45 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 ถึง 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง 45
อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำเงินใช้งานได้ร้อยละ 74.10

กลุ่มสีน้ำเงินเผาแคลไซน์ บรรยากาศรีดักชันทดสอบกับเคลือบบรรยากาศออกซิเดชัน จะมี
ปริมาณโคบอลต์ ร้อยละ 5 ถึง 45 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 ถึง 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง 45
อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำเงินใช้งานได้ร้อยละ 67.90

กลุ่มสีน้ำเงินเผาแคลไซน์ บรรยากาศออกซิเดชันทดสอบกับเคลือบบรรยากาศรีดักชัน จะมี
ปริมาณโคบอลต์ ร้อยละ 5 ถึง 45 ดินขาวลำปางร้อยละ 5 ถึง 45 หินเขียวหนุมานร้อยละ 5 ถึง 45
อลูมินาร้อยละ 5 ถึง 45 ได้กลุ่มสีน้ำเงินใช้งานได้ร้อยละ 86.41

AN EXPERIMENT ON UNDERGLAZE COLOUR
FOR USING CLEARGLAZE FIRING ON OXIDATION AND REDUCTION 1230 °C

AN ABSTRACT
BY
KRITTAYAWAN PINITDANKLANG

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University

March 1999

The purpose of this experiment was to test the color composition for under glaze firing at 1,230 celcius in both oxidation and reduction atmosphere. This color was to be made from the reaction of aluminate, borate and silicate compound. Their group's color was made. The first group, green and pink, were made from potassium dicomate, feldspar, tin, lime. Each formula used the compound ranging from 5 percent to 45 percent and then added 3 percent of borax. There were 81 points deriving from the square table. The second group, brown and yellow, used ferric oxide, alumina, Lumplang clay, feldspar, Each formula also used the material in the percentage of 5 to 45 and added 2 percent of chromeoxide. There were also 81 point deriving from the square diagram. The third group, blue in color, used cobalt oxide, Lumplang clay, feldspar, alumina, Also each formula used the material in the percentage of 5 to 45 and added 2 percent of chromeoxide. Eighty – one point were used and each was derived from the square table. The expert were asked to rate the color, intensity, color brightness, heat resistance and color fixation.

The results of the experiment were :

1. The green group. calcine firing in oxidation atmosphere and compare with those oxidation glaze. The green color glaze contained potassium dichromate from 20 to 45 percent, feldspar from 20 to 45 percent, tin, from 5 to 30 percent. In the pink group, there were 5 to 40 percent of potassium dichromate ; feldspar of 5 to 35 and tin of 10 to 45 percent and lime 20 to 45 percent. The green group and pink group for using 46.91 percent.

2. The green group. calcine firing in oxidation atmosphere and compare with those reduction glaze. The green group contained potassium dichromate from 15 to 45 percent ; feldspar from 15 to 45 percent ; tin from 5 to 35 percent ; lime from 5 to 35 and there was no pink. The green group for using 62.96 percent.

3. The green group, calcine firing under reduction atmosphere and compare with oxidation glaze. The green shade appeared when potassium dichromate were used at 20 to 45 percent ; feldspar from 5 to 45 percent ; tin from 30 to 45 percent ; lime from 10 to 45 percent. The green group and pink group for using 39.51 percent.

4. The green group, calcine firing under reduction atmosphere and compare with reduction glaze. The green shade appeared with potassium dicomate at 5 to 45 percent ;

feldspar at 5 to 45 percent ; tin at 5 to 45 percent and lime at 5 to 45 percent. The green group for using 85.19 percent.

5. The brown and yellow group. calcine firing under oxidation atmosphere and compare with oxidation glaze. There were ferric oxide under 20 percent ; alumina 35 percent, Lumplang clay between 5 to 45 percent and feldspar at 5 to 45 percent. The brown group and yellow group for using 76.54 percent.

6. The brown and yellow group. calcine firing under oxidation atmosphere and compare with reduction glaze. The amount of ferric oxide should be lower than 25 percent ; alumina between 5 to 35 percent ; Lumplang clay, 5 to 45 percent ; feldspar 5 to 45 percent. The brown group and yellow group for using 50.62 percent.

7. The brown and yellow group. calcine firing under reduction atmosphere and compare to glaze under oxidation contained ferric oxide below 40 percent ; alumina between 5 to 45 percent ; Lumplang clay under 40 percent and feldspar under 30 percent. The brown group and yellow group for using 82.72 percent.

8. The brown and yellow group. calcine firing under reduction atmosphere and compare to glaze under reduction contained ferric oxide below 40 percent ; alumina between 5 to 45 percent ; Lumplang clay 5 percent and feldspar 5 to 45 percent. The brown group and yellow group for using 55.56 percent.

9. The blue group, calcine firing under oxidation atmosphere and compare to glaze under oxidation contained cobalt at rate 5 to 45 percent ; Lumplang clay, 5 to 45 percent ; feldspar 5 to 45 percent and alumina 5 to 45 percent. The blue group for using 91.36 percent.

10. The blue group, calcine firing under oxidation atmosphere and compare to glaze under reduction atmosphere contained cobalt between 5 to 45 percent ; Lumplang clay, 5 to 45 percent ; feldspar 5 to 45 percent and alumina 5 to 45 percent. The blue group for using 74.10 percent.

11. The blue group, calcine firing under reduction atmosphere and compare to glaze under oxidation contained cobalt at rate 5 to 45 percent ; Lumplang clay, 5 to 45 percent ; feldspar 5 to 45 percent and alumina 5 to 45 percent. The blue group for using 67.90 percent.