

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ.....	(1)
บทคัดย่อภาษาไทย.....	(2)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	(3)
สารบัญ.....	(4)
สารบัญตาราง.....	(8)
สารบัญภาพ.....	(9)
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
ประโยชน์ของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวความคิดในการวิจัย.....	4
<b>บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>6</b>
ประวัติความเป็นมาของน้ำเคลือบหรือยาสีร้อน.....	6
นิยามของน้ำเคลือบหรือยาสีร้อน.....	7
การปฏิบัติการลงยาสี.....	7
เทคนิคที่สำคัญในการลงยาสีเครื่องประดับ.....	9
Basse Taille.....	9
Camaieu.....	10
Champlevé.....	10
Cloisonné.....	11
Ginbari Foil.....	13
Grisaille.....	14
Guilloché.....	14
Impasto.....	15
Limoges.....	16
Plique-à-jour.....	16

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
Torch fired.....	17
การลงยาสีในประเทศไทย.....	18
โครงสร้างพื้นฐานของแก้ว.....	19
วัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการหลอมแก้ว.....	20
พอร์เมอร์.....	20
สารช่วยหลอม.....	21
สารช่วยให้เสถียร.....	24
วัตถุดิบรองอื่น ๆ.....	25
แก้วตะกั่วหรือแก้วคริสตัล.....	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	27
<b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>	<b>31</b>
อุปกรณ์และสารเคมี.....	31
วิธีดำเนินการวิจัย.....	33
ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร่อนสีน้ำเงินและยาสีร่อนสีเขียว ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยบริษัท รจนเจียรไน จังหวัดจันทบุรี.....	33
ศึกษาและค้นคว้าสัดส่วนของวัตถุดิบหรือสารตั้งต้นที่เหมาะสม ในการประดิษฐ์ยาสีร่อน.....	34
ขั้นตอนการประดิษฐ์ยาสีร่อนสีเขียวด้วยเทคนิคกระบวนการ หลอมแก้วแบบดั้งเดิม (Conventional glass melting) .....	35
ขั้นตอนการเตรียมผงยาสีร่อนสีเขียว และการเคลือบยาสีร่อน ลงบนชิ้นงานโลหะ.....	36
ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร่อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้.....	37
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
การวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของยาสีร่อนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	38
การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ด้วยเทคนิคเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์.....	40
การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอนุพันธ์ ของอุณหภูมิ.....	41

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	42
ผลการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ.....	42
สมบัติทางกายภาพ (Physical properties).....	42
ลักษณะภายนอกที่มองเห็นด้วยตาเปล่า.....	42
ความหนาแน่นของยาสีร้อนที่นำเข้าจากต่างประเทศ.....	43
องค์ประกอบทางเคมี (Chemical composition).....	44
สมบัติทางความร้อน (Thermal property).....	46
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวด้วยกระบวนการหลอมแก้ว แบบดั้งเดิมและการเคลือบยาสีร้อนลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง.....	48
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 1.....	49
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 2.....	50
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 3.....	51
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 4.....	52
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 5.....	53
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 6.....	54
ผลการศึกษาการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียวและการเคลือบยาสีร้อน ลงบนชิ้นงานโลหะทองแดง สูตรที่ 7.....	55
ผลการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้	58
ความหนาแน่นของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5.....	58
องค์ประกอบทางเคมีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5.....	59
สมบัติทางความร้อนของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5.....	60

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	62
สรุปผล.....	62
อภิปรายผล.....	64
ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก Standard Test Method for Density of Glass by Buoyancy.....	70
ภาคผนวก ข ใบรายงานผลการทดสอบ ED-XRF.....	73
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบการวิเคราะห์ทางความร้อน.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	81

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบความสามารถในการช่วยหลอมของสารช่วยหลอม.....	23
2.2	ชื่อสามัญและส่วนประกอบทางเคมีของวัตถุดิบสำคัญ ที่ใช้ในการหลอมแก้ว.....	23
2.3	โลหะออกไซด์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวให้สีในแก้ว โดยจะเกิดสีใดในแก้ว ขึ้นอยู่กับสภาวะรีดออกซ์.....	24
2.4	สมบัติทางความร้อนของยาสีร้อนที่นำเข้ามาจากบริษัท Cookson Precious Metals Ltd. ประเทศอังกฤษ.....	28
3.1	วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	31
3.2	สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	33
3.3	องค์ประกอบทางเคมีของทรายหรือซิลิกาที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในงานวิจัย.....	34
3.4	สูตรและสัดส่วนสารตั้งต้นที่แตกต่างกันในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว.....	35
3.5	ความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิที่แตกต่างกัน.....	39
4.1	ความหนาแน่นของยาสีร้อนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	43
4.2	องค์ประกอบทางเคมีของยาสีร้อนที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	46
4.3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของยาสีร้อนที่นำเข้ามา จากต่างประเทศ.....	48
4.4	สูตรและสัดส่วนสารตั้งต้นที่แตกต่างกันในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว.....	49
4.5	ลักษณะเฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้และเฉดสีของยาสีร้อน หลังเคลือบลงบนแผ่นโลหะทองแดง.....	57
4.6	ความหนาแน่นของยาสีร้อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้จากงานวิจัย สูตรที่ 5.....	59
5.1	สารตั้งต้นที่แตกต่างกันในการประดิษฐ์ยาสีร้อนสีเขียว จำนวน 7 สูตร.....	62

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	สร้อยคอ และข้อมือทองคำลงยงานทองร้อยละ 96.5 น้ำหนัก 3 บาท.....	2
1.2	แหวนพญานาค ตัวเรือนเงินแท้ ทับทิมแท้ ลงคำและลงยาสีทั่วทั้งตัว.....	2
1.3	แผนภาพแสดงกรอบแนวทางการดำเนินการวิจัย.....	5
2.1	รูปไข่อีสเตอร์ และหีบบุหรี ที่มีการตกแต่งด้วยยาสีบนผิวหน้าชิ้นงาน ผลงานของ Peter carlfabergé.....	8
2.2	เครื่องประดับที่เกิดจากการลงยาสีสีแดงเพื่อทดแทนโกเมนที่เรียกว่า Repoussed ออกแบบโดย Fredricka kulicke.....	8
2.3	เครื่องประดับ Garland ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Basse Taille สร้างสรรค์ โดย Tanya Midgal.....	9
2.4	เครื่องประดับ Diving and drowning ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Camaieu สร้างสรรค์โดย MaryChuduk.....	10
2.5	เครื่องประดับ Ceremonial bracelet/armlet ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Champleve สร้างสรรค์โดย Goldsmiths of the Mosan school.....	11
2.6	เครื่องประดับ Bob cat ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Cloisonné สร้างสรรค์ โดย Marry-Lee Rae.....	13
2.7	เครื่องประดับ Nontraditional design ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Ginbari Foil สร้างสรรค์ โดย Krisztina Nagy Vagenas.....	13
2.8	เครื่องประดับที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Grisaille สร้างสรรค์โดย Ora Kuller.....	14
2.9	เครื่องประดับ Relief-carved eyepiece ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Guilloche สร้างสรรค์ โดย Amayak Stepanyan.....	15
2.10	เครื่องประดับ A rose by any other name ที่ใช้เทคนิคลงยาสี แบบ Impasto สร้างสรรค์โดย Marilyn Seitlin Tendrich.....	15
2.11	เครื่องประดับ Archangel Gabriel in initial D ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Limoges สร้างสรรค์โดย Karin Pohl.....	16
2.12	เครื่องประดับ Water earring ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Plique-a-jour (ยาสีตีฝังผิวโลหะ) สร้างสรรค์ โดย Sarah Loch-Test.....	17



## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.13 งานประดับ Artist fay rooke ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Plique-a-jour (ยาสีแบบกัดกรด) .....	17
2.14 ชิ้นงานสร้างสรรค์ Santa cruz “Mary” ที่ใช้เทคนิคลงยาสีแบบ Torch fired จากการใช้ยาสีเหลือง สีดำและสีขาว ร่วมกับกลวิธี วาดภาพผนังขูด (Sgraffito) ซึ่งสร้างสรรค์โดย Ken Bova.....	18
2.15 โครงสร้างผลึกของแร่ควอตซ์และแก้ว.....	19
2.16 แก้วคริสตัลที่มีตะกั่วเป็นส่วนผสม.....	25
2.17 (ข) ยาสีร้อนสีน้ำเงิน (โปรงใส) No. 34 และ (ข) สีเขียว (โปรงใส) No. 86.....	27
2.18 การทำผงแก้วคริสตัลสีแดงลงบนแผ่นโลหะผสมที่มีเงินเป็นองค์ประกอบหลัก....	28
2.19 การให้ความร้อนแก่ผงแก้วคริสตัลจากเปลวไฟผ่านทางด้านล่างของ แผ่นโลหะผสมที่มีเงินเป็นองค์ประกอบหลักจนผงแก้วเริ่มหลอมบางส่วน.....	29
2.20 การให้ความร้อนแก่ผงแก้วคริสตัลจากเปลวไฟผ่านทางด้านล่างของ แผ่นโลหะผสมที่มีเงินเป็นองค์ประกอบหลักจนผงแก้วหลอมเกือบทั่ว แผ่นโลหะ.....	29
3.1 เตาหลอมไฟฟ้าอุณหภูมิสูง 1,700 °C ผลิตโดยสมคักดีซ์ฟฟลาย จันทบุรี.....	32
3.2 เตาบ่ออ่อนไฟฟ้าอุณหภูมิ 1,200 °C ผลิตโดย บริษัท Eurotherm Ltd.,.....	32
3.3 (ก) โกร่งบดสารที่ทำมาจากหินโมรา และ (ข) ตัวอย่างยาสีร้อนที่ผ่าน การบดจนละเอียด.....	34
3.4 ขั้นตอนการหลอมวัตถุดิบตั้งต้นในเตาเผาอุณหภูมิสูงและการอบอ่อนแห้งแก้ว..	36
3.5 ขาดังสำหรับการเคลือบลงยาสีร้อนและการให้ความร้อนเพื่อเคลือบลงยาสีร้อน.	37
3.6 เครื่องชั่งระบบดิจิทัล สำหรับวัดค่าความหนาแน่นและค่าความถ่วง จำเพาะ ผลิตโดย บริษัท METTLER TOLEDO รุ่น JS703-C.....	38
3.7 เครื่อง Energy dispersive X-ray fluorescence spectroscopy รุ่น JEOL-JSX3400R.....	40
3.8 เครื่อง Rigaku Thermo plus EVO2 รุ่น TG-DTA8122.....	41
4.1 ตัวอย่างชิ้นงานยาสีร้อนนำเข้าจากต่างประเทศ (ก) สีน้ำเงิน และ (ข) สีเขียว.....	42

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.2 ตัวอย่างยาสีร่อนนำเข้าจากต่างประเทศ (ก) สีน้ำเงิน และ (ข) สีเขียว ที่ผ่านการบดให้เป็นผง.....	43
4.3 รูปแบบของพีค EDXRF ของผงยาสีร่อนสีน้ำเงินที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	44
4.4 รูปแบบของพีค EDXRF ของผงยาสีร่อนสีเขียวที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	45
4.5 ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค DTA ของยาสีร่อนสีน้ำเงิน ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	47
4.6 ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค DTA ของยาสีร่อนสีเขียว ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ.....	47
4.7 ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 1 (ก) ลักษณะของ แถบสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร่อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร่อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	50
4.8 ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 2 (ก) ลักษณะของ แถบสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร่อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร่อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	51
4.9 ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 3 (ก) ลักษณะของ แถบสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร่อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร่อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	52
4.10 ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 4 (ก) ลักษณะของ แถบสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร่อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร่อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแถบสีของยาสีร่อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	53



## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.11 ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5 (ก) ลักษณะของ แฉดสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร้อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร้อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	54
4.12 ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 6 (ก) ลักษณะของ แฉดสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร้อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร้อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	55
4.13 ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 7 (ก) ลักษณะของ แฉดสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร้อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร้อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	56
4.14 รูปแบบของพีค EDXRF ของผงยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5.....	60
4.15 ผลการวิเคราะห์ทางความร้อนด้วยเทคนิค DSC ของยาสีร้อนสีเขียว ที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5.....	61
5.1 ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนสีเขียวที่ประดิษฐ์ได้ สูตรที่ 5 (ก) ลักษณะของ แฉดสีที่ปรากฏในถ้วยอะลูมินา (ข) ชิ้นงานยาสีร้อนสีเขียว (ค) ผงยาสีร้อน สีเขียวบดละเอียด และ (ง) ลักษณะแฉดสีของยาสีร้อนหลังเคลือบลงบน แผ่นโลหะทองแดง.....	63