

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	4
ประโยชน์ของการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดต่าง ๆ	
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	7
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
กรอบแนวคิด	25
สมมุติฐานการวิจัย	25
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
กลุ่มตัวอย่าง	26
สถานที่	26
เครื่องมือ วัสดุ-อุปกรณ์ และสารเคมี	26
ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
การศึกษาการใช้โทรศัพท์มือถือกับกล่องตรวจวัดค่าแม่สี	50
การศึกษาผลจากแสงรบกวนภายนอก	53
ความสัมพันธ์ของค่าสีที่วัดได้จากโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter Lab	54

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
การตรวจสอบความสม่ำเสมอของผลกาแฟสุก	58
การตรวจสอบคุณภาพการคั่วเมล็ดกาแฟด้วยกล้องวัดค่าแม่สี	62
การประยุกต์กล้องตรวจวัดค่าแม่สีสำหรับการตรวจสอบการสุกของผลไม้	70
ศึกษาการใช้กล้องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ด้วยโทรศัพท์มือถือ	76
การศึกษาผลของอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแม่สี RGB	76
การศึกษาหาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หากรด	79
การประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล	81
บทที่ 5 การสรุป อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
สรุปและอภิปรายผล	100
ข้อเสนอแนะ	102
บรรณานุกรม	103
ภาคผนวก	108
ประวัติผู้วิจัย	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอาราบิก้า, โรบัสต้า และกาแฟสำเร็จรูป	8
2.2 ระดับการคั่วเมล็ดกาแฟ	10
3.1 อุณหภูมิสำหรับคั่วเมล็ดกาแฟลาว แม่สอง และดอยอินทนนท์	39
3.2 แสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ขณะดูดสารเข้าและปล่อยสารจากโฟลเซลล์	45
3.3 การศึกษาหาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสม	48
4.1 ขนาดของโทรศัพท์มือถือที่นำมาทดสอบความสามารถในการยึดจับ	50
4.2 ผลการวัดค่าแม่สีในแต่ละสถานะแสง	53
4.3 ค่าแม่สี RGB ของผลกาแฟสุกที่สุ่มตรวจวิเคราะห์จากโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter Lab	60
4.4 ร้อยละความคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐานของผลกาแฟสุกที่สุ่ม	61
4.5 ค่าแม่สี RGB และค่าความคลาดเคลื่อนของกาแฟลาว(คั่วกลาง) ที่วิเคราะห์โดย ไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	68
4.6 ค่าแม่สี RGB และค่าความคลาดเคลื่อนของกาแฟลาว(คั่วกลาง) ที่วิเคราะห์โดย ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	68
4.7 ค่าแม่สี RGB และค่าความคลาดเคลื่อนของกาแฟลาว(คั่วเข้ม) ที่วิเคราะห์โดยไม่ใช้ กล่องวัดค่าแม่สี	69
4.8 ค่าแม่สี RGB และค่าความคลาดเคลื่อนของกาแฟลาว(คั่วเข้ม) ที่วิเคราะห์โดยใช้กล่อง วัดค่าแม่สี	69
4.9 ผลการเปรียบเทียบจุดสมมูลของกราฟจากการสังเกตค่าแม่สี R และค่า pH ในการ ศึกษาผลของ NaOH	80
4.10 การศึกษาการทวนซ้ำของการวัดค่าแม่สีด้วยระบบการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัย การไหล	81
4.11 ปริมาตรที่จุดยุติของกราฟการไทเทรตจากการตรวจวัดด้วยค่าแม่สี และ pH meter ของสารละลายกาแฟทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับการคั่วต่างกัน	96
4.12 ผลการคำนวณค่าความเป็นกรดในสารละลายกาแฟทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับการคั่วต่างกัน	97
4.13 ผลปริมาตรที่จุดสมมูลจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำผลไม้	99
4.14 แสดงความเข้มข้นของกรดซิตริก (%w/v) ในตัวอย่างน้ำผลไม้	99

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สารกาแฟ	9
2.2 (ก) โครงสร้างของกรดคลอโรจินิก (ข) กราฟปริมาณของกรด Chlorogenic Acids	11
2.3 สีของกล้วยระยะการสุกระยะที่ 1-8 (ดิบ-งอม)	13
2.4 ผลของมะม่วงหาวมะนาวโห่	13
2.5 การไทเทรตสารละลายมาตรฐาน	15
2.6 ขั้นตอนการหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรต	16
2.7 กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับหนึ่ง	17
2.8 กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับสอง	17
2.9 แสงที่สามารถแผ่รังสีในรูปแบบสเปกตรัม	18
2.10 ระบบสี RGB (Red, Green, Blue)	19
2.11 โครงสร้างการผสมสีแบบบวก	19
2.12 โครงสร้างการผสมสีแบบลบ	20
2.13 แผนภาพระบบสี L-a-b ของ CIE Lab scale	21
2.14 แอปพลิเคชัน Rgb color picker	22
2.15 แอปพลิเคชัน Color match	22
3.1 โครงสร้างแต่ละส่วนของกล่องวัดค่าแม่สี	29
3.2 แผ่นอะคริลิคส่วนฝาเปิดด้านหน้ากล่อง	30
3.3 ชิ้นส่วนยึดจับโทรศัพท์มือถือในแนวตั้งและแนวนอน	30
3.4 โครงสร้างภายนอกกล่องเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์	31
3.5 แสดงการติดตั้งส่วนควบคุมแสงสว่างภายในกล่อง	31
3.6 (ก) ส่วนบรรจุตัวอย่างด้วยหลอดทดลอง (ข) ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบกล่อง (ค) แสดงการใส่เข้า - ออกจากกล่องควบคุมสภาวะ	32
3.7 ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบใช้หลอดทดลอง (ก) โครงสร้าง (ข) ภาพอุปกรณ์จริง	32
3.8 ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบใช้กล่อง (ก) โครงสร้าง (ข) ภาพอุปกรณ์จริง	33
3.9 ที่ค้ำเพื่อป้องกันไม่ให้เห็นบรรจุสารละลายพลิกตัวเมื่อเกิดการกระแทก	33
3.10 การค้นหาแอปพลิเคชัน RGB color picker ในแถบค้นหา	34
3.11 เลือกแอปพลิเคชัน RGB color picker	34

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.12 การติดตั้งแอปพลิเคชัน	35
3.13 หน้าแรกของแอปพลิเคชัน	35
3.14 การบันทึกค่าแม่สี RGB และรายละเอียดค่า RGB	36
3.15 รูปตัวอย่างการแปลงค่า $L^*a^*b^*$ เป็น RGB โดย Color match	36
3.16 สีสมาตรฐานผลเซอร์ริกาแพ (ก) สีเขียว (ข) สีเขียวส้ม (ค) สีแดงส้ม (ง) สีแดง และ (จ) สีแดงเข้ม	38
3.17 ลักษณะของเมล็ดกาแฟดิบและคั่วจากแหล่งต่างๆ	49
3.18 ขั้นตอนการวัดกาแฟคั่วโดยใช้กล่องวัดค่าแม่สี (ก) ไม่บด และ (ข) บด	41
3.19 ขั้นตอนการวัดกาแฟคั่วโดยไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี (ก) ไม่บด และ (ข) บด	41
3.20 ขั้นตอนการวัดกาแฟคั่ว (ก) ใช้กล่องวัดค่าแม่สี และ (ข) ไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	42
3.21 ขั้นตอนการวัดสีของกล้วยวิเคราะห์โดย (ก) ใช้กล่องวัดค่าแม่สี และ (ข) ไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	42
3.22 การวัดสีของมะม่วงหาวมะนาวโห่ วิเคราะห์ (ก) ใช้กล่องวัดค่าแม่สี และ (ข) ไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	43
3.23 (ก) กล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB แบบเดิม (ข) ส่วนประกอบภายในกล่องบรรจุหลอดทดลอง (ค) แบบกล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ที่ผ่านการปรับปรุงสำหรับวิเคราะห์ไทเทรตแบบไหล (ง) ส่วนประกอบภายในกล่อง (เซลล์บรรจุสารทรงกระเปาะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm)	43
3.24 แผนผังการจัดชุดการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล ตรวจวัดการเปลี่ยนสี ด้วยกล่องตรวจวัดค่าแม่สี และ เครื่องวัดความเป็นกรด - เบส (pH meter)	44
3.25 ภาพถ่ายชุดการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล	44
4.1 แสดงการยึดจับโทรศัพท์มือถือทั้ง 7 เครื่อง	51
4.2 กราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสีโบรโมไท-มอลบลู กับค่า RGB-based value จากการตรวจวัด ด้วยโทรศัพท์มือถือ	52
4.3 ค่าแม่สีของโบรโมไทมอลบลูจากการวัดด้วยโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter Lab	54
4.4 ค่าแม่สีของโบรโมคลีซอลกรีนจากการวัดด้วยโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter	56

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
Lab	
4.5 ค่าแม่สีของเมทิลเรดจากการวัดด้วยโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter Lab	57
4.6 ค่าแม่สีของผลกาแฟจากการวัดด้วยโทรศัพท์มือถือและเครื่องวัดสี Hunter Lab	59
4.7 ค่าแม่สีของกาแฟดอยแม่สลอง(ไม่บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	63
4.8 ค่าแม่สีของกาแฟดอยแม่สลอง(บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	63
4.9 ค่าแม่สีของกาแฟดอยอินทนนท์(ไม่บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	64
4.10 ค่าแม่สีของกาแฟดอยอินทนนท์(บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	64
4.11 ค่าแม่สีของกาแฟลาว(ไม่บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	66
4.12 ค่าแม่สีของกาแฟลาว(บด) จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	66
4.13 ระยะการสุกของกล้วยหอม	71
4.14 ค่าแม่สีของกล้วยที่ระยะการสุกทั้งหมด 4 ระยะ จากการวัดโดยใช้และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	71
4.15 ระยะการสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่	73
4.16 ค่าแม่สีของมะม่วงหาวมะนาวโห่ที่ระยะการสุก 5 ระยะ จากการวัดโดยใช้ และไม่ใช้กล่องวัดค่าแม่สี	74
4.17 กราฟการไทเทรตจากปฏิกิริยากรด – เบสระหว่าง NaOH กับ HCl (ก) โดยวัดค่าแม่สี R, G และ B และ (ข) โดยวัดค่า pH ของสารละลาย	76
4.18 กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จากค่า pH โดยใช้ Methyl red เป็นอินดิเคเตอร์	77
4.19 กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จาก pH โดยใช้ Bromothymol blue เป็นอินดิเคเตอร์	78
4.20 กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จาก pH โดยใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์	78
4.21 กราฟการไทเทรตเพื่อศึกษาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสมจากการวัด (ก) ค่าแม่สี R และ (ข) จากค่า pH	80
4.22 กราฟการไทเทรตจากการไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส (ก) วัดค่าแม่สี R, G และ B (ข) วัดค่า pH ด้วยระบบการไทเทรตแบบอาศัยการไหล	82

- (ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH
(ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตค่า pH
- 4.33 กราฟการไทเทรตหาความกรดในกาแฟอินทนนท์คั่วกลาง (ก) สังเกตค่าแม่สี G 94
(ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH
(ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตค่า pH
- 4.34 กราฟการไทเทรตหาความกรดในกาแฟอินทนนท์คั่วเข้ม (ก) สังเกตค่าแม่สี G 95
(ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH
(ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตค่า pH
- 4.35 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดของกาแฟจากทั้ง 3 แหล่งปลูกที่ระดับ 98
การคั่วต่างกัน