

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
ประโยชน์ของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดต่างๆ	
เอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา	16
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
กรอบแนวคิด	18
สมมุติฐานการวิจัย	18
บทที่ 3 ระเบียบวิจัย	
กลุ่มตัวอย่าง	19
สถานที่	19
เครื่องมือ วัสดุ-อุปกรณ์ และสารเคมี	19
ขั้นตอนการดำเนินงาน	21
บทที่ 4 ผลการวิจัย	

การศึกษาการใช้โทรศัพท์มือถือกับกล่องตรวจวัดค่าแม่สี	40
การศึกษาผลจากแสงรบกวนภายนอก	44
ศึกษาการใช้กล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ด้วยโทรศัพท์มือถือ	45

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การศึกษาผลของอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงค่าแม่สี RGB	47
การศึกษาหาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์หากรด	50
การประยุกต์ใช้ระบบการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล	52
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปและอภิปรายผล	88
ข้อเสนอแนะ	89
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	92
ภาคผนวก ก การเตรียมสารละลาย	93
ภาคผนวก ข การคำนวณหาความเป็นกรดในกาแฟระดับต่าง ๆ	95
ภาคผนวก ค ภาพสารละลายกาแฟขณะไทเทรต	96
ภาคผนวก ง การนำเสนอผลงานที่ได้จากโครงการวิจัย	98
ประวัติผู้วิจัย	101



มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอาราบิก้า, โรบัสต้า และกาแฟสำเร็จรูป	14
2.2	ระดับการคั่วเมล็ดกาแฟ	16
3.1	แสดงการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ขณะดูดสารเข้าและปล่อยสารจากโพลเซลล์	34
3.2	การศึกษาหาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสม	38
4.1	ขนาดของโทรศัพท์มือถือที่นำมาทดสอบความสามารถในการยึดจับ	41
4.2	ค่าแม่สีจากสารละลายมาตรฐานสีโบรม์โทมอลบลูในละลายบัฟเฟอร์ pH 13	42
4.3	ผลการวัดค่าแม่สีในแต่ละสภาวะแสง	44
4.4	ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าแม่สี RGB และค่า pH ของสารละลายจากการไทเทรตสารละลายมาตรฐาน	45
4.5	ผลการเปรียบเทียบจุดสมมูลของกราฟจากการสังเกตค่าแม่สี R และค่า pH ในการศึกษาผลของ NaOH	52
4.6	การศึกษาการทวนซ้ำของการวัดค่าแม่สีด้วยระบบการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล	53
4.7	ผลการวัดค่า RGB และค่า pH ของสารละลายโดยวิธีการไทเทรตด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอาศัยการไหลเพื่อหาปริมาณกรดในตัวอย่างกาแฟลาว	56

4.8	ผลการวัดค่า RGB และค่า pH ของสารละลายโดยวิธีการไทเทรตด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอาศัยการไหลเพื่อหาปริมาณกรดในตัวอย่างกาแฟแม่สลอง	62
4.9	ผลการวัดค่า RGB และค่า pH ของสารละลายโดยวิธีการไทเทรตด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบอาศัยการไหลเพื่อหาปริมาณกรดในตัวอย่างกาแฟอินทนนท์	68
4.10	ปริมาตรที่จุดยุติของการไทเทรตจากการตรวจวัดด้วยค่าแม่สี และ pH meter ของสารละลายกาแฟทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับการคั่วต่างกัน	74
4.11	ผลการคำนวณค่าความเป็นกรดในสารละลายกาแฟทั้ง 4 ชนิดที่ระดับการคั่วต่างกัน	75
4.12	แสดงค่าแม่สี RGB และ ค่าการดูดกลืนแสงจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำส้มสายน้ำผึ้ง ตรามาลี	77
4.13	แสดงค่าแม่สี RGB และ ค่าการดูดกลืนแสงจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำส้มโชกุน ตรามาลี	79
4.14	แสดงค่าแม่สี RGB และ ค่าการดูดกลืนแสงจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำส้มแมนดาริน ยี่ห้อทิปโก	81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	แสดงค่าแม่สี RGB และ ค่าการดูดกลืนแสงจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำฝรั่งยี่ห้อทิปโก	83
4.16	แสดงค่าแม่สี RGB และ ค่าการดูดกลืนแสงจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำฝรั่งตราดอยคำ	85
4.17	ผลปริมาตรที่จุดสมมูลจากการไทเทรตตัวอย่างน้ำผลไม้	87
4.18	แสดงความเข้มข้นของของกรดซิตริก (%w/v) ในตัวอย่างน้ำผลไม้	87



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การไทเทรตสารละลายมาตรฐาน	7
2.2	กราฟของการไทเทรตระหว่างกรดแก่และเบสแก่	8
2.3	กราฟแสดงการไทเทรตระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่	8
2.4	กราฟการไทเทรตระหว่างกรดแก่กับเบสอ่อน	9
2.5	ขั้นตอนการหาจุดยุติจากกราฟการไทเทรต	10
2.6	กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับหนึ่ง	10
2.7	กราฟการไทเทรตแบบอนุพันธ์อันดับสอง	11

2.8	แสงที่สามารถแผ่รังสีในรูปแบบสเปกตรัม	12
2.9	ระบบสี RGB (Red, Green, Blue)	12
2.10	(ก) โครงสร้างของกรดคลอโรจีนิก (ข) กราฟปริมาณของกรด Chlorogenic Acids	15
3.1	แผนภาพสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	21
3.2	แอปพลิเคชัน Play store	22
3.3	การค้นหาแอปพลิเคชัน RGB color picker ในแถบค้นหา	22
3.4	เลือกแอปพลิเคชัน RGB color picker	23
3.5	การติดตั้งแอปพลิเคชัน	23
3.6	การติดตั้งแอปพลิเคชันสมบูรณ์	23
3.7	หน้าแรกของแอปพลิเคชัน	24
3.8	การบันทึกค่าแม่สี RGB	24
3.9	รายละเอียดค่า RGB	24
3.10	(ก) ส่วนบรรจุตัวอย่างด้วยหลอดทดลอง (ข) ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบกล่อง (ค) แสดงการใส่เข้า – ออกจากกล่องควบคุมสภาวะ	25
3.11	แผ่นอะคริลิคส่วนฝาเปิดด้านหน้ากล่อง	27
3.12	ชิ้นส่วนยึดจับโทรศัพท์มือถือในแนวตั้งและแนวนอน	28
3.13	โครงสร้างภายนอกกล่องเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์	28
3.14	แสดงการติดตั้งส่วนควบคุมแสงสว่างภายในกล่อง	29
3.15	(ก) ส่วนบรรจุตัวอย่างด้วยหลอดทดลอง (ข) ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบกล่อง (ค) แสดงการใส่เข้า – ออกจากกล่องควบคุมสภาวะ	29
3.16	ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบใช้หลอดทดลอง (ก) โครงสร้าง (ข) ภาพอุปกรณ์จริง	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.17	ส่วนบรรจุตัวอย่างแบบใช้กล่อง (ก) โครงสร้าง (ข) ภาพอุปกรณ์จริง	30
3.18	ที่ค้ำเพื่อป้องกันไม่ไห้ส่วนบรรจุสารละลายพลิกตัวเมื่อเกิดการกระแทก	31
3.19	(ก) กล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB แบบเดิม (ข) ส่วนประกอบภายในกล่องบรรจุ	32

หลอดทดลอง (ค) แบบกล่องตรวจวัดค่าแม่สี RGB ที่ผ่านการปรับปรุงสำหรับ
วิเคราะห์ไทเทรตแบบไหล (ง) ส่วนประกอบภายในกล่อง (เซลล์บรรจุสารทรง
กระเปาะ เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 cm)

3.20	แผนผังการจัดชุดการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล ตรวจวัดการเปลี่ยนสี ด้วยกล่องตรวจวัดค่าแม่สี และ เครื่องวัดความเป็นกรด - เบส (pH meter)	33
3.21	ภาพถ่ายชุดการวิเคราะห์แบบไทเทรตโดยอาศัยการไหล	33
4.1	การยื่นที่ยึดจับโทรศัพท์มือถือของกล่องวัดค่าแม่สีตามแนวขวางและแนวตั้ง	40
4.2	แสดงการยึดจับโทรศัพท์มือถือทั้ง 7 เครื่อง	41
4.3	กราฟเส้นตรงระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานสีโบรมไท-มอลบลู กับค่า RGB-based value จากการตรวจวัด ด้วยโทรศัพท์มือถือ	43
4.4	กราฟการไทเทรตจากปฏิกิริยากรด - เบสระหว่าง NaOH กับ HCl (ก) โดยวัดค่าแม่สี R, G และ B และ (ข) โดยวัดค่า pH ของสารละลาย	47
4.5	กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จากค่า pH โดยใช้ Methyl red เป็นอินดิเคเตอร์	48
4.6	กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จาก pH โดยใช้ Bromothymol blue เป็นอินดิเคเตอร์	48
4.7	กราฟการไทเทรตโดยสังเกตจุดยุติ (ก) จากค่าแม่สี R, G และ B เฉลี่ย และ (ข) จาก pH โดยใช้ Phenolphthalein เป็นอินดิเคเตอร์	49
4.8	กราฟการไทเทรตเพื่อศึกษาความเข้มข้น NaOH ที่เหมาะสมจากการวัด (ก) ค่าแม่สี R และ (ข) จากค่า pH	51
4.9	กราฟการไทเทรตจากการไทเทรตปฏิกิริยากรด-เบส (ก) วัดค่าแม่สี R, G และ B (ข) วัดค่า pH ด้วยระบบการไทเทรตแบบอาศัยการไหล	54
4.10	กราฟการไทเทรตหาความกรดในกาแฟลาวติบ (ก) สังเกตค่าแม่สี G (ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH (ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตค่า pH	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

(ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยจากสังเกตค่า pH

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.20 กราฟการไทเทรตหาความกรดในกาแฟอินทนนท์คั่วกลาง (ก) สังเกตค่าแม่สี G (ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH (ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยจากสังเกตค่า pH	71
4.21 กราฟการไทเทรตหาความกรดในกาแฟอินทนนท์คั่วเข้ม (ก) สังเกตค่าแม่สี G (ข) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยสังเกตจากค่าแม่สี G (ค) สังเกตค่า pH (ง) กราฟอนุพันธ์อันดับหนึ่งโดยจากสังเกตค่า pH	73
4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความเป็นกรดของกาแฟจากทั้ง 3 แหล่งปลูกที่ระดับ การคั่วต่างกัน	76
4.23 กราฟการไทเทรตแบบธรรมดาและกราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตตัวอย่าง น้ำส้มสายน้ำผึ้งยี่ห้อมาลีที่ได้จากการตรวจวัดด้วย (ก) ไทเทรตด้วยมือถือ (ข) สเปกโทร โฟโตมิเตอร์	78
4.24 กราฟการไทเทรตแบบธรรมดาและกราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตตัวอย่าง น้ำส้มโชกุนยี่ห้อมาลีที่ได้จากการตรวจวัดด้วย (ก) ไทเทรตด้วยมือถือ (ข) สเปกโทรโฟโต มิเตอร์	80
4.25 กราฟการไทเทรตแบบธรรมดาและกราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตตัวอย่าง น้ำส้มแมนดารินยี่ห้อทิปโกที่ได้จากการตรวจวัดด้วย (ก) ไทเทรตด้วยมือถือ(ข) สเปกโทร โฟโตมิเตอร์	82
4.26 กราฟการไทเทรตแบบธรรมดาและกราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตตัวอย่าง น้ำฝรั่งยี่ห้อทิปโกที่ได้จากการตรวจวัดด้วย (ก) ไทเทรตด้วยมือถือ (ข) สเปกโทรโฟโต มิเตอร์	84
4.27 กราฟการไทเทรตแบบธรรมดาและกราฟอนุพันธ์อันดับสองของการไทเทรตตัวอย่าง น้ำฝรั่งยี่ห้อดอยคำที่ได้จากการตรวจวัดด้วย (ก) ไทเทรตด้วยมือถือ (ข) สเปกโทรโฟโต	86

มิเตอร์

ค.1 สารละลายกาแฟลาว

ค.1.1 กาแฟลาวดิบ

96

ค.1.2 กาแฟลาวคั่วอ่อน

96

ค.1.3 กาแฟลาวคั่วกลาง

97

ค.1.4 กาแฟลาวคั่วเข้ม

97

