

การศึกษาการคั่วและการสกัดเย็นของกาแฟ

Study on coffee roasted and cold brew extraction



ปรีวัชญ์ เกียรติกอร์ปกิจ  
พุดิพงศ์ คนโทฉิมพาลี

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

การศึกษาการคั่วและการสกัดเย็นของกาแฟ  
Study on coffee roasted and cold brew extraction

จัดทำโดย  
ปรีวัฏฏ์ เกียรติกอร์ปกิจ  
พุดผิงศ์ คนโทฉิมพาลี

ได้รับกาพิจารณาเห็นชอบจาก

(ผศ.ดร. พงษ์เสรีฐ สรีพรหม)  
อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

๑ / ๓.๑. / ๖๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ การศึกษาการคั่วและการสกัดเย็นของกาแฟ  
 ชื่อนักศึกษา ปรีวัฏฏ์ เกียรติกอร์ปกิจ รหัสนักศึกษา 59080159  
 พุฒิพงศ์ คนโทนิมพาลี รหัสนักศึกษา 59080169  
 หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร  
 พ.ศ. 2563  
 อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม

### บทคัดย่อ

ปัญหาพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดกาแฟ ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้ระดับของการคั่วในระดับที่เหมาะสมของกาแฟสกัดเย็น และเพื่อศึกษาผลของกระบวนการสกัดเย็นของเมล็ดกาแฟคั่วต่อสารสำคัญ โดยวิธีการคั่วเมล็ดกาแฟดิบที่อุณหภูมิ 205 – 220 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 - 18 นาที หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ทางกายภาพโดยการวัดสีของเมล็ดกาแฟผ่านการคั่ว ด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-400 แล้วนำเมล็ดกาแฟคั่วมาสกัดเย็นทำการวิเคราะห์ทางเคมีโดยการวัดค่าความเป็นกรด-เบสด้วยเครื่อง pH meter หาปริมาณกรดอินทรีย์โดยการไตเตรทด้วยสารละลายร้อยละ 0.1 N NaOH และทำการสกัดสารประกอบสำคัญของกาแฟสกัดเย็น เช่น คาเฟอีน และกรดคลอโรจีนิก เป็นต้น ผลการทดลองพบว่า กาแฟคั่วที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จะมีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 5.39 ปริมาณกรดอินทรีย์ร้อยละ 2.13 ปริมาณกรดคลอโรจีนิกเท่ากับ 162.80 ppm และปริมาณคาเฟอีนเท่ากับ 5952.48 ppm ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเมล็ดกาแฟคั่วเกรดพรีเมียมที่ขายในท้องตลาด หลังจากนั้นนำไปทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยเทียบกับกาแฟคั่วเกรดธรรมดาและเกรดพรีเมียม ผลการทดสอบพบว่ากาแฟคั่วจากการทดลองมีผลความชอบใกล้เคียงหรือมากกว่าเกรดพรีเมียมเล็กน้อย อย่างไรก็ตามในการทดสอบทางประสาทสัมผัสแต่ละบุคคลมีความชอบที่แตกต่างกันออกไปทำให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสยังไม่เป็นผลที่แน่ชัด

คำสำคัญ: กาแฟ การสกัดเย็น คาเฟอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Study on coffee toasted and cold brew extraction	
Student name	Pariwat Kiatkropkij	Student ID 59080159
	Puttipong Kontochimpalee	Student ID 59080169
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2020	
Advisor	Assist.Prof.Dr. Pongsert Sriprom	

## ABSTRACT

This special problem focuses on study the optimum conditions for roasting coffee beans that affects the physical and chemical properties of coffee, in order to obtain the appropriate level of roasting in the cold brewed coffee and to study the effect of cold extraction process of roasted coffee beans on important substances. The raw coffee beans were roasted at a temperature of 205 -220 °C for 10 - 18 minutes. After that, performed physical analysis by measuring the color of roasted coffee beans with the Minolta CR-400 color meter. The roasted coffee beans were extracted using cold brewed method. Chemical analysis is performed by measuring the acid-base with a pH meter. Determining the amount of organic acids by titration with 0.1% NaOH solution and extracts the important components of cold-pressed coffee such as caffeine and chlorogenic acid etc. The results showed that the roasted coffee at 210 °C for 12 minutes had a pH of 5.39, the amount of organic acid around 2.13%, chlorogenic acid content of 162.80 ppm and caffeine content of 5952.48 ppm, which is close to the premium grade roasted coffee beans on the market. Sensory test was performed to compare the normal and the premium grade roasted coffee. The results of sensory evaluation showed that the roasted coffee in this experiment had similar or slightly more acceptance scores than the premium grade. However, in sensory tests, each person has different preferences, causing the sensory test to be unclear.

Keywords: coffee, cold brew extraction, caffeine

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษในหัวข้อเรื่อง การศึกษาการคว่ำและการสกดเย็นของกาแฟ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พงษ์เสริฐ ศรีพรหม ที่ได้ให้การแนะนำ ช่วยเหลือ ปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี และติดตามความก้าวหน้าในการศึกษาปัญหาพิเศษนี้ ผู้วิจัยตระหนัก ถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมถึงขอขอบพระคุณ ดร.ระจิตร สุวพานิช และ ดร.วินัญฐา ศักดาศรี กรรมการสอบที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือ ปรับปรุงแก้ไข ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ จนปัญหาพิเศษสำเร็จด้วยดี

อีกทั้งขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมเกษตรทุกท่าน ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และคอยอำนวยความสะดวกในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ จนปัญหาพิเศษสำเร็จไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ข้าพเจ้ายังได้รับการช่วยเหลือและกำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ พี่น้อง และเพื่อนๆ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ มากมาย อนึ่ง ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปัญหาพิเศษเล่มนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย ข้าพเจ้าในฐานะผู้จัดทำปัญหาพิเศษนี้ รู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ปรีวิฑูว์ เกียรติกอร์ปกิจ

พุดพิงศ์ คนโทนิมพาลี

5 มิถุนายน 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 เมล็ดกาแฟ	3
2.2 การคั่วเมล็ดกาแฟ	5
2.3 ระดับการคั่วกาแฟ	5
2.4 สารประกอบฟีนอลิก	7
2.5 คาเฟอีน	7
2.6 กรดคลอโรจีนิค	8
2.7 กรดอินทรีย์	9
2.8 กาแฟสกัดเย็น	10
2.9 สี	11
2.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	16
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	21
3.1 วัตถุประสงค์และสารเคมี	21
3.2 อุปกรณ์	21
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	28
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟคั่ว	28
4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของเมล็ดกาแฟคั่ว	29
4.3 ผลการเปรียบเทียบหาสภาวะที่เหมาะสม	32
4.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส	33
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	45
ประวัติผู้เขียน	48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	การวิเคราะห์ค่าสีของเมล็ดกาแฟหลังการคั่ว	28
4.2	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	34
ก.1	การวัดค่าสีตัวอย่างกาแฟในระบบ CIELAB	42
ก.2	ค่าความแตกต่างของสี	43
ก.3	ผลการทดลองการวัดปริมาณกรดอินทรีย์โดยรวม	44
ก.4	การวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง	45
ก.5	ผลการทดลองการสกัดกรดคลอโรจีนิก	46
ก.6	ผลการทดลองการสกัดคาเฟอีน	46



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เมล็ดกาแฟอาราบิก้า และเมล็ดกาแฟโรบัสต้า	4
2.2	กาแฟชี่เซมด	4
2.3	การคั่วเมล็ดกาแฟในระดับต่าง ๆ	6
2.4	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก	7
2.5	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบคาเฟอีน ( Caffeine )	8
2.6	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบกรดคลอโรจีนิก (Chlorogenic acid)	9
2.7	โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบกรดอินทรีย์ (carboxylic acid)	10
2.8	การเตรียมกาแฟสกัดเย็น	11
2.9	แผนภาพระบบสี CIELAB (1)	12
2.10	แผนภาพระบบสี CIELAB (2)	13
2.11	แสดงค่า $Da^*$ และ $Db^*$ ในระบบ CIELAB	14
2.12	แผนภาพระบบสีแบบ RGB	15
2.13	แผนภาพระบบสีแบบ CMYK	15
2.14	แผนภาพระบบสีแบบ HSB	16
3.1	ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟสด	22
3.2	วัดค่าสีด้วยเครื่อง Minolta CR-400	22
3.3	กรองกาแฟ	23
3.4	วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter	23
3.5	ไทเตรทตัวอย่างกาแฟด้วย 0.1 N NaOH	24
3.6	สกัดคาเฟอีนและกรดคลอโรจีนิกด้วยไดคลอโรมีเทน	25
3.7	เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (UV 1601 Shimadzu)	25
3.8	เตรียมตัวอย่างในการทดสอบทางประสาทสัมผัส	26
3.9	ขั้นตอนการศึกษาการคั่วและสกัดเย็นของกาแฟ	27
4.1	แผนภูมิค่า pH เทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ	29
4.2	แผนภูมิปริมาณกรดอินทรีย์เทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ	30
4.3	กราฟความเข้มข้นของกรดคลอโรจีนิกเทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ	31
4.4	กราฟความเข้มข้นของคาเฟอีนเทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ	32
4.5	แผนภูมิค่า pH (ช่าย) และปริมาณกรดอินทรีย์ (ขวา) ของกาแฟตัวอย่างเทียบกับ กาแฟมาตรฐาน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.6	ปริมาณกรดคลอโรจีนิก (ช้าย) และปริมาณคาเฟอีน (ขวา) ของกาแฟตัวอย่าง เทียบกับกาแฟมาตรฐาน	33
4.7	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส	34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

กาแฟโรบัสต้าเป็นพันธุ์กาแฟที่ได้รับความนิยมมากคิดเป็น 20% ทั่วโลก รองลงมาจากอราบิก้า ลักษณะของเมล็ดจะอวบอ้วนและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเส้นตรง โรบัสต้าจะปลูกในพื้นที่ที่ต่างกับอราบิก้า โดยสินเชิงคือ ปลูกในพื้นที่ต่ำ ให้มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเพียง 500 – 600 เมตร เท่านั้น เพราะพันธุ์นี้จะปลูกให้ได้คุณภาพที่ดีต้องปลูกในพื้นที่อากาศชุ่มชื้น ส่วนกลิ่นของสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้าจะค่อนข้างออกไปทางฉุนรสชาติก็จะเข้มข้นและขมกว่า ส่วนมากจะถูกนำไปทำเป็นกาแฟสำเร็จรูป เพราะด้วยปริมาณคาเฟอีนที่มีมากถึง 2% ขึ้นไป สำหรับกระบวนการผลิตกาแฟจะเริ่มจากการนำเมล็ดมาทำความสะอาด กะเทาะเปลือก คั่ว บด บรรจุ และทำการชงซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะมีส่วนทำให้องค์ประกอบทางเคมีของกาแฟมีความแตกต่างกัน (จิรสวัสดิ์, 2546) กระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟจึงส่งผลต่อรสชาติของเมล็ดกาแฟอย่างมาก เนื่องจากเมล็ดกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพและทางเคมี เมื่อเมล็ดกาแฟผ่านการคั่ว ในระหว่างกระบวนการคั่วการย่อยสลายด้วยความร้อนและ Maillard reaction จะเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้สมบัติทางกายภาพเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดกาแฟ (Gloess และคณะ, 2014) จะทำให้ความชื้น, ปริมาตรและความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงซึ่งส่งผลต่อความเข้มข้นของกระบวนการคั่วกาแฟจะต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยารีดอกซ์ของน้ำตาลจะเกิดขึ้นภายในเมล็ดกาแฟ หลังจากที่เมล็ดกาแฟได้รับความร้อนสูง แบ่งที่อยู่ในเมล็ดกาแฟจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ซึ่งจะเปลี่ยนสีของเมล็ดกาแฟระหว่างกระบวนการคั่วโดยสีของเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วสามารถแบ่งได้ด้วยสายตามนุษย์ออกเป็น อ่อน เข้ม และปานกลาง ในการทดลองการสกัดเย็นพบว่าเมื่ออุณหภูมิการคั่วเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณความเข้มข้นกรดคลอโรจีนิกลดลง (Trugo และ Macrae) วิธีตรวจสอบที่มีความแน่นอนกว่าในการตรวจหาระดับของการคั่วคือการตรวจวัดแสงสะท้อนจากเมล็ดกาแฟหลังจากการคั่วแล้วโดยใช้เครื่องวัดแสงที่ใช้กระบวนการสเปกโทรสโกปี เมล็ดกาแฟจะต้องถูกบดและชงเพื่อที่จะทำเป็นเครื่องดื่ม

ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงทำเพื่อการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดกาแฟ ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้กาแฟที่มีรสชาติ สี และกลิ่นที่ดีมากที่สุดของการคั่วในแต่ละระดับโดยการสกัดกาแฟแบบเย็น และเป็นการศึกษาผลของกระบวนการสกัดเย็นของเมล็ดกาแฟคั่วต่อสารสำคัญ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดกาแฟ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลของกระบวนการการสกัดเย็นของเมล็ดกาแฟคั่วต่อปริมาณความเข้มข้นของคาเฟอีน กรดคลอโรจีนิก และกรดอินทรีย์

## 1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณคาเฟอีน, กรดคลอโรจีนิก และกรดอินทรีย์ จากการคั่วและสกัดเย็น โดยมีผลเปรียบเทียบกับกาแฟสกัดเย็นที่ต้องการ รวมทั้งหาสภาวะที่เหมาะสมในการคั่วและสกัดเย็น

### 1.3.1 ขอบเขตด้านตัวอย่าง

เมล็ดกาแฟสด Robusta เมืองปากช่อง แขวงจำปาสัก สปป.ลาว มาทำการคั่วและสกัดเย็น

### 1.3.2 ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรควบคุม

อุณหภูมิและเวลา

ตัวแปรตาม

ปริมาณความเข้มข้นของคาเฟอีน, กรดคลอโรจีนิก, pH และปริมาณกรดอินทรีย์

## 1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.4.1 สามารถเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน จากการคั่วที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน
- 1.4.2 ทราบถึงสภาวะในการคั่วที่ทำให้รสชาติดี และมีกลิ่นหอมของกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เมล็ดกาแฟ

ต้นกาแฟมีมากกว่า 6,000 พันธุ์ แต่พันธุ์หลัก ๆ ที่ได้รับความนิยมมี 2 พันธุ์ ได้แก่ อราบิก้า (Arabica) ซึ่งเป็นกาแฟแบบดั้งเดิม และมีรสชาติดี และ โรบัสต้า (Robusta) ซึ่งมีปริมาณกาเฟอีนสูง และสามารถปลูกในที่ที่ปลูกอาราบิก้าไม่ได้ (คำว่า robust ในภาษาอังกฤษ แปลว่า ทนทาน) ด้วยความที่มีความทนทานมากกว่านี้เอง จึงทำให้กาแฟโรบัสต้ามีราคาถูกกว่า แต่ผู้คนนิยมดื่มไม่มากนักเนื่องจากมีรสขมและเปรี้ยว ส่วนโรบัสต้าที่มีคุณภาพดีมักถูกนำไปใช้เป็นส่วนผสมของเอสเพรสโซ่ แบบผสม เอสเพรสโซ่มีสองแบบใหญ่ๆ คือแบบที่เป็นอาราบิก้าแท้ๆ กับแบบที่ผสมกาแฟชนิดอื่น ๆ (Alice, 2557)

กาแฟที่ถูกค้นพบบนโลกใบนี้มีอยู่หลากหลายพันธุ์มาก ๆ แต่ที่นำมาบริโภคกันจริง ๆ มีอยู่ประมาณ 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เอ็กเซลซ่า (Excelsa), พันธุ์ลิเบอร์ริก้า (Liberica), พันธุ์อาราบิก้า (Arabica), พันธุ์โรบัสต้า (Robusta) ซึ่งใน 2 สายพันธุ์แรกนั้นไม่เป็นที่นิยมในการนำมาปลูกเท่าใดนัก เพราะเหตุที่ว่ามีความด้อยในเรื่องของกลิ่นและรสชาติ คือไม่ค่อยอร่อยถูกปากเท่าไร ส่วนอีก 2 สายพันธุ์หลังนั้นคือพันธุ์ที่เป็นที่ถูกปากของผู้ที่ทานกาแฟมากที่สุด จึงถูกปลูกและนิยมนำมาขายในเชิงพาณิชย์เป็นจำนวนมากในหลายพื้นที่ทั่วโลก ได้แก่

##### 2.1.1 Arabica (อาราบิก้า)

พันธุ์กาแฟที่ถูกค้นพบและมีการปลูกมาอย่างเก่าแก่มาก ๆ ลักษณะของเมล็ดจะเป็นเมล็ดที่ค่อนข้างเรียวยาวและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเหมือนรูปตัว S ในภาษาอังกฤษพื้นที่ที่ใช้ปลูกอาราบิก้าให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพควรจะเป็นที่สูง อากาศเย็น เพราะสายพันธุ์นี้เขาชอบและจะเจริญเติบโตได้ดี จึงจำเป็นต้องปลูกบนพื้นที่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากระดับของน้ำทะเลประมาณ 800 – 1,000 เมตร ขึ้นไป จึงเป็นเหตุให้สามารถพบการปลูกอาราบิก้ามากที่สุดในแถบจังหวัดภาคเหนือของไทย เช่น เชียงราย เชียงใหม่ เป็นต้น และด้วยเอกลักษณ์ของกลิ่นที่หอมอย่างพอดี พร้อมกับรสชาติที่ออกไปทางกลมกล่อมนุ่มนวล อีกทั้งยังมีปริมาณของคาเฟอีนที่ต่ำไม่ถึง 2% ส่งผลให้สายพันธุ์กาแฟ อราบิก้าเป็นที่นิยมและขายได้มากที่สุดในโลกเฉลี่ยถึง 80% (ชูชุกิคอฟฟี, 2557)

##### 2.1.2 Robusta (โรบัสต้า)

พันธุ์กาแฟที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคิดเป็น 20% ทั่วโลกรองลงมาจากอาราบิก้า ลักษณะของเมล็ดจะอวบอ้วนและส่วนผ่าตรงกลางนั้นจะเป็นเส้นตรง โรบัสต้าจะปลูกในพื้นที่ต่างกับอาราบิก้าโดยสิ้นเชิงคือปลูกในพื้นที่ต่ำ ให้มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเพียง 500 – 600 เมตร เท่านั้น เพราะพันธุ์นี้จะปลูกให้ได้คุณภาพที่ดีต้องปลูกในพื้นที่อากาศชุ่มชื้น จึงพบว่ามีปลูกในจังหวัดภาคใต้ เช่น ชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เป็นต้น ส่วนกลิ่นของสายพันธุ์กาแฟโรบัสต้าจะค่อนข้างออกไปทางฉุน รสชาติก็จะเข้มข้นและขมกว่าส่วนมากจะถูกนำไปทำเป็นกาแฟสำเร็จรูป เพราะด้วยปริมาณคาเฟอีนที่มีมากถึง 2% ขึ้นไป (ต้นกาแฟ, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 เมล็ดกาแฟ อราบิก้า (ซ้าย) และ เมล็ดกาแฟโรบัสต้า (ขวา)

ที่มา : <http://suzuki-coffee.com/wp-content/uploads/2016/09/arabica-robusta-beans.jpg>

### 2.1.3 กาแฟชี่ชะมด

กาแฟชี่ชะมดหรือที่รู้จักกันในชื่อโกปีลูวะก เป็นภาษา อินโดนีเซีย ซึ่งคำว่า โกปี แปลว่า กาแฟ ส่วนคำว่า ลูวะก แปลว่า ชะมด โดยกาแฟที่เป็นผลผลิตมาจากชี่ของชะมดสายพันธุ์ ดังกล่าวที่มาจากไรบนเกาะสุมาตรา นับเป็นสินค้าผู้บริโภคกาแฟให้การยอมรับถึงรสชาติและคุณภาพ ทำให้กาแฟชี่ชะมดที่ได้มานั้นมีราคาแพงกว่ากาแฟทั่วไปเนื่องจากกระบวนการเพื่อให้ได้กาแฟชี่ชะมดเช่นว่า นี้จะต้องผ่านกระบวนการหลายขั้นตอนด้วยวิธีการที่ยุ่งยากและซับซ้อน ซึ่งเริ่มจากชาวไร่กาแฟจะต้อง เลี้ยงชะมดพันธุ์นี้เอาไว้ในไร่กาแฟ และจัดเตรียมให้ชะมดกินผลสุกของกาแฟเข้าไป เมล็ดกาแฟจะไปผสมกับ เอนไซม์และสารเคมีบางอย่างที่มีอยู่ในระบบการย่อยของชะมด จากผลการศึกษาในส่วนของงานวิจัยที่ศึกษาโดยนักวิทยาศาสตร์ โภชนาการที่ชื่อว่า “มาซิโมมารีคอน” ของมหาวิทยาลัย University of Guelph ประเทศแคนาดา ที่ได้ศึกษาถึงกระบวนการย่อยผลสุกของเมล็ดกาแฟจะพบว่ากรดและเอนไซม์ในกระเพาะ อาหารและกระบวนการหมัก เมล็ดของกาแฟภายในทางเดินอาหารของชะมดพบว่ามีสารคัดหลั่ง (secretion) จากระบบทางเดินอาหารของชะมดที่ซึมเข้าไปในเมล็ดกาแฟเป็นสารที่มีเอนไซม์ Protease ซึ่งช่วยย่อยโปรตีนในเมล็ดกาแฟ ทำให้เกิดเปปไทด์ที่สั้นกว่าและจำนวนกรดอะมิโนอิสระ ที่มากกว่า โดยโปรตีนเหล่านี้ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำสีให้เข้มขึ้นผ่านปฏิกิริยาเมลลาร์ด โดยไม่ใช่เอนไซม์ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการคั่วเมล็ดกาแฟในภายหลัง ทำให้กาแฟชนิดนี้มีกลิ่นหอม เฉพาะตัวอันเป็นเอกลักษณ์ เมื่อชะมดถ่ายออกมาแล้วชาวไร่ก็จะเก็บชี่ชะมด เพื่อนำไปคัดแยกกระหว่างชี่ชะมดกับเมล็ดกาแฟที่ปนออกมาแล้วจึงนำไปล้างให้สะอาดก่อนนำไปตากแดดเพื่อให้เมล็ดกาแฟที่ได้แห้งสนิทก่อนจะนำไปคั่ว พร้อมบรรจุส่งให้กับร้านกาแฟ (Gaotopai, 2558)



ภาพที่ 2.2 กาแฟชี่ชะมด

ที่มา : <https://variety.thaiza.com/interest/284644/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การคั่วเมล็ดกาแฟ

การคั่วเมล็ดกาแฟในปัจจุบันจะใช้เครื่องคั่วกาแฟที่หมุนติดต่อกันตลอดเวลา (Drum- Roasting) โดยใช้เวลาประมาณ 8-25 นาที และอุณหภูมิสุดท้ายของการคั่วคือ 150-250 องศาเซลเซียส วิธีการนี้ถือเป็นวิธีที่ดีที่สุดซึ่ง ในการคั่วกาแฟในรูปแบบมาตรฐานสากล แต่ระบบทำความร้อนในการคั่วกาแฟนั้นจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับเครื่องคั่วที่นำมาใช้ การคั่วเมล็ดกาแฟคือการเพิ่มความร้อนให้กับเมล็ดกาแฟไปเรื่อยจนสุกและเป็นการไล่น้ำและความชื้นที่ค้างอยู่ในเมล็ดกาแฟออกไป เมื่อความชื้นถูกขจัดออกไปเมล็ดกาแฟจะเหมือนเนื้อไม้ แก๊สจะเริ่มก่อตัวขึ้นภายในเมล็ด และจะติดตัวออกเหมือนเมล็ดข้าวโพด และจะขยายขนาดออกเป็น 2 เท่า ระดับการคั่วตอนนี้เรียกว่าการประทุหรือการแตกตัว (Crack) น้ำมันที่อยู่ในเมล็ดจะระเหยออกมา เมล็ดกาแฟที่คั่วแล้วจะมีสีค้ำขึ้น คาร์โบไฮเดรตและไขมันจะกลายเป็นกลิ่นหอมระเหย โปรตีนที่มีอยู่มากมายและกรดอะมิโนจะแปรสภาพเป็นรสชาติของกาแฟเหมือนกับการทำไวน์ วิธีการคั่วกาแฟจะเป็นตัวบอกว่ากาแฟจะออกมาในรูปใด ถ้านำไปคั่วชนิดหน้อยจะได้รสชาติของพันธุ์ไม้และผลจากเมล็ดกาแฟถ้าใช้เวลาคั่วนานหน้อยจะให้รสชาติเข้มข้น หวานและได้กลิ่นไหม้ๆโดยจะต้องมีคนที่ทำหน้าที่ต้องคอยประเมินตลอดเวลาเกี่ยวกับกาแฟที่คั่วเพื่อให้ได้ความสม่ำเสมอและทำให้คุณภาพกาแฟดี โดยมีรสชาติที่ดี และในขณะเดียวกันต้องมีการดูแลให้แน่ใจว่าเมล็ดกาแฟนั้นจะไม่ถูกคั่วจนไหม้ (นิรนาม, 2557)

ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟคั่ว

- ชนิดสายพันธุ์ของเมล็ดกาแฟ
- แหล่งที่ของเมล็ดกาแฟ (รวมทั้งความชื้นของเมล็ดกาแฟ)
- ประเภทเครื่องคั่วกาแฟ
- แหล่งการให้พลังงานเครื่องคั่วกาแฟ
- อุณหภูมิเริ่มต้น – อุณหภูมิสิ้นสุด
- ระยะเวลาในการคั่ว
- สภาพอากาศความชื้น ขณะคั่วกาแฟ
- ระบบการถ่ายเทความร้อนภายในเครื่องคั่ว

## 2.3 ระดับการคั่วกาแฟ

เมล็ดกาแฟคั่วที่มีขายอยู่ในท้องตลาด มีหลากหลายระดับความเข้มของสีที่แตกต่างกัน ตั้งแต่สีอ่อนไล่ระดับไปเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาในการคั่วและอุณหภูมิ ยิ่งคั่วนานสีของเมล็ดกาแฟก็ยิ่งเข้มและได้กลิ่นของน้ำมันหอมระเหยได้มากกว่า แต่ด้วยความชอบที่แตกต่างกัน เราจึงควรเลือกซื้อเมล็ดกาแฟคั่วที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รสชาติตามต้องการ ซึ่งโดยทั่วไปจะถูกแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังต่อไปนี้

### 2.3.1 การคั่วในระดับ Light Roast

สีของเมล็ดกาแฟจะมีความอ่อนมากที่สุดจากทั้งหมด ใช้เวลาในการคั่วเพียงระยะสั้นๆ แค่ 5-10 นาทีเท่านั้น และจะใช้ความร้อนอยู่ที่ระดับ 204 องศาเซลเซียส สีสนัที่ได้จะยังคงความเป็นสีของกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติเอาไว้แบบจางๆ แต่จะเข้มด้วยสีเหลืองนวลอ่อนๆ ส่วนเรื่องรสชาติจะให้ความเปรี้ยวที่โดดเด่น ออกมากับความขมหรือที่เรียกกันว่า Acidity

### 2.3.2 การคั่วในระดับ Medium Roast

การคั่วที่ใช้เวลามากขึ้นกว่าแบบแรกเป็น 11-15 นาที สีสนของเมล็ดกาแฟที่ได้จะเข้มขึ้นมาอีกเล็กน้อย ส่วนอุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ไม่เกิน 232 องศาเซลเซียส บางครั้งเมล็ดกาแฟจะออกเป็นสีน้ำตาลเข้มหรือมีสีเหลืองเข้มตามชนิดของเมล็ดกาแฟ ส่วนรสสัมผัสเมื่อนำมาผ่านการบดและชง จะให้รสชาติเปรี้ยวจางๆ หลงเหลืออยู่ แต่จะโดดเด่นไปที่ความหวานมากขึ้น

### 2.3.3 การคั่วในระดับ Viennese Roast

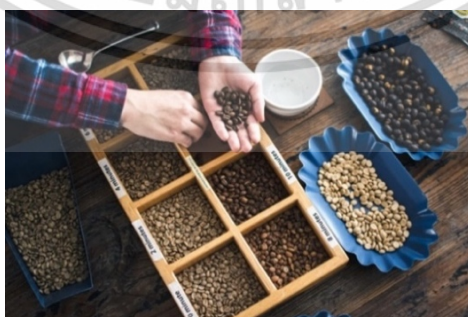
การคั่วที่มีความเข้มมากขึ้น ให้สีของเมล็ดกาแฟเข้มกว่าแบบ Medium Roast ที่สำคัญสิ่งที่จะออกมาจากผิวของเมล็ดกาแฟก็คือน้ำมันหอมระเหย ส่งผลให้กาแฟที่คั่วในระดับนี้มีความหอมมากกว่าชนิดอื่น ส่วนใหญ่ใช้เวลาในการคั่วตามแบบมาตรฐานประมาณ 14-16 นาที ด้วยความร้อน 232 องศาเซลเซียส สังเกตได้ว่าบริเวณผิวจะมีความมัน เนื่องจากตัวน้ำมันในเมล็ดมาเคลือบผิวเอาไว้

### 2.3.4 การคั่วในระดับ Dark Roast

เป็นที่รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า Dark Brown สีของเมล็ดจะเป็นน้ำตาลเข้มทั้งหมด มีความมันวาวมากขึ้นเนื่องจากน้ำมันที่ออกมาเคลือบมากกว่า อุณหภูมิที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 248 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 16-18 นาที ในระยะนี้ความเปรี้ยวภายในเมล็ดจะหายไป ได้รสชาติที่นุ่มกลมกล่อมและให้กลิ่นที่หอม

### 2.3.5 การคั่วในระดับ Continental

เป็นการคั่วที่ถือได้ว่ามีความเข้มเป็นอย่างมาก สีของเมล็ดกาแฟที่ได้จะอยู่ในระดับเข้มที่สุดไปจนถึงสีดำ ถือว่าเป็นการคั่วแบบพิเศษที่ต้องใช้ความสามารถสูง มักนิยมนำเอาไปใช้บดเพื่อทำเป็นกาแฟชนิด espresso การคั่วจะต้องผ่านระยะเวลาประมาณ 17-19 นาที เมล็ดกาแฟจะถูกดึงเอากลิ่นหอมของมันออกมาอย่างเต็มที่ ให้รสสัมผัสที่น่าสนใจสำหรับคนชอบการดื่ม espresso เพราะจะได้กลิ่นของน้ำมันจากเมล็ดที่ระเหยออกมาจนเห็นได้ชัดและกลิ่นใหม่ผสมผสานกันอย่างลงตัว เป็นรสชาติที่คอกาแฟส่วนใหญ่นิยมเลือกดื่ม เนื่องจากให้สัมผัสที่นุ่มลึกและเต็มเปี่ยมไปด้วยความเข้มอย่างสมบูรณ์แบบ



ภาพที่ 2.3 การคั่วเมล็ดกาแฟในระดับต่างๆ

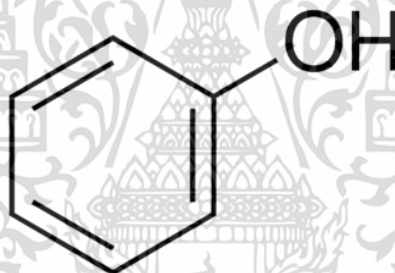
ที่มา : <https://www.coffeefavour.com/coffee-roasted>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) มีโครงสร้างทั่วไปที่ประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็น หมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อย 1 หมู่และสามารถละลายน้ำได้ ปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในอาหารเพื่อสุขภาพ (functional food) มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ ทั้งโรคมะเร็ง โรคอัลไซเมอร์ โรคหัวใจรวมทั้งโรคที่เกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจเป็นต้นเนื่องจากสารที่พบในพืช (phytonutrients) เป็นสารที่เข้าไปทำหน้าที่เป็น สารต้านอนุมูลอิสระ เช่น รังควัตถุและสารฟีนอลิกต่าง ๆ เป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระมีบทบาทสำคัญในการป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (peroxidation) ในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยการกำจัด ออกซิเจนเพื่อป้องกันการเป็นโรคต่าง ๆ โดยทั่วไปสารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วย กลุ่มไฮดรอกซิลและ กลุ่มอะโรมาติกริง เช่น เบนซีนริง เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่พบมากในพืช สารประกอบฟีนอลิกมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก เช่น กรดฟีนอลและโพลีฟีนอลซึ่งทำหน้าที่ที่แตกต่างกันไปในพืช เช่น เป็นสารรงควัตถุ หรือส่งผลทางประสาทสัมผัส หรือเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (Ignat และคณะ, 2011)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/phenolic%20compond.bmp>

## 2.5 คาเฟอีน

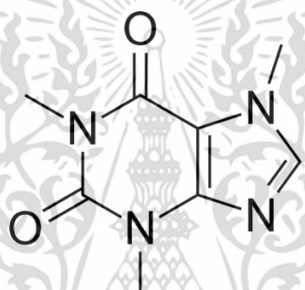
คาเฟอีน (Caffeine) เป็นสารเคมีในกลุ่มแซนทีนส์ (Xanthines) ซึ่งนอกจากคาเฟอีน แล้วยังมีสารอีกสองตัว คือ ทีโอฟีลลีน (Theophylline) ซึ่งเป็นยาที่นิยมใช้กันมาก ในโรคหอบหืด และใช้กระตุ้นการหายใจในทารกแรกเกิดที่หยุดหายใจและ ทีโอโบรมีน (Theobromine) ซึ่งไม่ใช้ในทางการแพทย์แล้ว ลักษณะเด่นของสารกลุ่มนี้ คือ มีฤทธิ์กระตุ้นการทำงานของสมอง ขยายหลอดลม และยังสามารถขับปัสสาวะได้อีกด้วย

คาเฟอีน มีลักษณะเป็นผงสีขาว มีรสขม มีน้ำหนักโมเลกุลค่อนข้างน้อย ละลายน้ำได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ ละลายได้พอสมควรในน้ำร้อน จะสามารถละลายได้ถึง 20-30 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรของน้ำ

กาแฟประกอบด้วย คาเฟอีนประมาณร้อยละ 1.5-2.5 นอกจากนั้นเป็นไขมัน และสารอินทรีย์ กาแฟ 1 ถ้วย มีคาเฟอีนประมาณ 0.10-0.15 กรัม มีไนโอซิน 1 มิลลิกรัม และมีไทอามีน และไลโบเฟวิน เล็กน้อย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาเฟอีนถูกดูดซึมได้ดีจากทุกส่วนของทางเดินอาหาร โดยเฉพาะลำไส้เล็กเป็นส่วนที่มีการดูดซึมมากที่สุด เพราะมีพื้นที่การดูดซึมมาก คาเฟอีนถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดภายในร่างกายเราไม่เกิน 1 ชั่วโมง แต่ถ้าได้รับคาเฟอีนเข้าไปขณะท้องว่างหรือกำลังหิว จะถูกดูดซึมเข้าไปในกระแสเลือดภายใน 30 นาที เพราะเหตุนี้จึงทำให้รู้สึกกระปรี้กระเปร่า ขึ้นมาทันทีหลังจากได้รับคาเฟอีนเข้าไป คาเฟอีนจะกระจายไปยังสมอง หัวใจ ตับ และไตอย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยังกระจายไปทุกส่วนของร่างกาย คาเฟอีนถูกเผาผลาญที่ตับและถูกขับออกทางปัสสาวะ

อีกทั้งคาเฟอีนมีฤทธิ์ในร่างกายประมาณ 3-6 ชั่วโมง และปกติจะไม่มีผลสะสมในร่างกาย ยกเว้น ผู้ที่มีการทำงานของตับลดลง ความสามารถในการกำจัดคาเฟอีนจะลดลงด้วย เมื่อได้รับยาหรือสารการกำจัดคาเฟอีน เช่น ยาคุมกำเนิดที่มี Estradiol แอลกอฮอล์ อาจทำให้ คาเฟอีนสะสมในร่างกาย จนเกิดผลที่ไม่พึงประสงค์ ได้หากบริโภคมากเกินไป เช่น มือสั่น มึนงง ปวดศีรษะ เป็นต้น (Sleep, 2019)



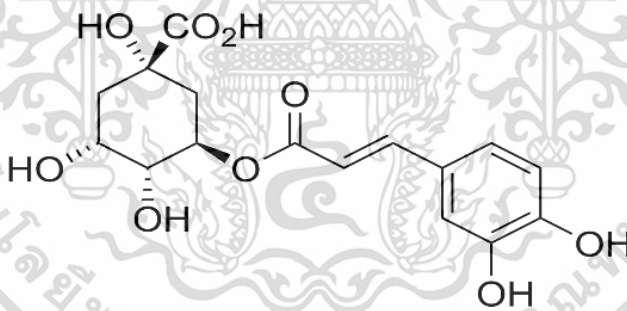
ภาพที่ 2.5 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบคาเฟอีน ( Caffeine )  
ที่มา : <http://www.foodnetworksolution.com/uploaded/caffeine.JPG>

## 2.6 กรดคลอโรจีนิก

กรดคลอโรจีนิก (Chologenic Acid) เป็นสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ชนิดหนึ่งที่พบในพืชและอาหารที่มาจากพืช มีสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน เชื่อว่าเป็นสารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ กรดคลอโรจีนิกเป็นสารหลักในเมล็ดกาแฟนอกเหนือจากคาเฟอีน ในระหว่างการคั่วกรดคลอโรจีนิกจะค่อย ๆ สลายตัวไปเป็นกรดคาเฟอิก (caffaic) และกรดควินิก (quinic) กว่า 50 % ดังนั้นหลังจากกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟแล้วจะยังคงเหลือกรดคลอโรจีนิกอยู่เพียงครึ่งหนึ่งจากการรวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพฤติกรรมการดื่มกาแฟต่อการเกิดโรคเบาหวาน พบว่าผลการวิจัยส่วนใหญ่ให้ผลเชิงบวกคือมีแนวโน้มลดความเสี่ยงการเกิดโรคเบาหวาน โดยสันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากสารสำคัญในเมล็ดกาแฟที่ชื่อว่ากรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) คุณสมบัติสำคัญของกรดคลอโรจีนิก (CGA) คือ จะลดการหลังกลูโคสเข้าสู่กระแสเลือดหลังรับประทานอาหาร (ไพโรจน์, 2545)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Chlorogenic acid (CGA) เป็นสารต้านอนุมูลอิสระประสิทธิภาพสูง ช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดตีบในหัวใจ (Coronary Heart Disease) ช่วยต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคเบาหวานชนิดที่ 2 (Type-2 Diabetes, Glucose Management and Metabolic Syndrome) โดยเข้าไปยับยั้งการผลิตน้ำตาลในเซลล์ตับ จากการศึกษาค้นคว้าวิจัย พบว่ากาแฟมีสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าในชาเขียวถึง 3 เท่าตัว สารต้านอนุมูลอิสระที่ถูกค้นพบว่ามีในเมล็ดกาแฟว่านักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าจริง ๆ แล้วในเมล็ดกาแฟสดจากต้นกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วนั้น อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ชื่อ “กรดคลอโรจินิก” ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมและนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี แต่กรดคลอโรจินิกจะเกิดการสลายตัวเมื่อโดนความร้อนจากการคั่วเมล็ดกาแฟแต่ไม่ได้เป็นการสูญเสียไปโดยสิ้นเชิง เนื่องจากกรดคลอโรจินิกจะรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโนและโปรตีนในเมล็ดกาแฟในระหว่างการคั่ว ให้เป็นสารเมลานอยดินส์ ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม ตามอุณหภูมิและระยะเวลาของการคั่วเมล็ดกาแฟ ทำให้เกิดเป็นสีและกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของกาแฟ นอกจากนี้สารเมลานอยดินส์ยังมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย แต่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากรดคลอโรจินิก ที่สำคัญยังพบอีกว่าหากคนเรารดื่มน้ำกาแฟเป็นประจำจะทำให้ได้รับสารต้านอนุมูลอิสระอย่างเพียงพอที่จะทำให้ร่างกายไม่เกิดความผิดปกติกับการออกซิเดชัน อันเป็นสาเหตุของโรคต่าง ๆ ในเมล็ดกาแฟสดจะมีปริมาณ Chlorogenic acid (CGA) ประมาณ 61-86 มิลลิกรัม/กิโลกรัม สารตัวนี้จะลดลงเหลือครึ่งหนึ่งเมื่อผ่านกระบวนการคั่ว กรดโคโรจินิก (Chlorogenic Acid) และคาเฟอีน (Caffeine) ซึ่งเป็นสารประกอบโพลีฟีนอล (Polyphenols Extract) มีการออกฤทธิ์สำคัญๆ หลายประการ



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบกรดคลอโรจินิก (Chlorogenic acid)

ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorogenic\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorogenic_acid)

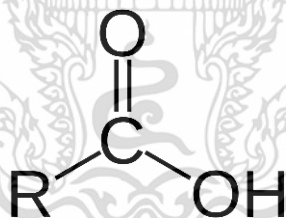
## 2.7 กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ (Organic acids) เป็นกรดที่พบในผลิตภัณฑ์เกษตรหลังการเก็บเกี่ยวหลายชนิด โดยมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม ความสำคัญต่อคุณภาพของผลไม้หลายชนิด กรดอินทรีย์จะมีกลุ่มของ carboxyl group (-COOH) เป็นองค์ประกอบหลัก ที่ให้ความเป็นกรด (ยกเว้น fatty acid ไม่จัดเป็นกรดอินทรีย์) โดยอาจมี 1, 2 หรือ 3 กลุ่มของ COOH (mono-, di-, tricarboxylic acids) อาจอยู่ในรูปของ free acids หรือ anions (-COO<sup>-</sup>) หรือรวมเป็น salts, esters, glucosides หรือ สารประกอบอินทรียอื่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินทรีย์เป็นโมเลกุลสำคัญในขั้นตอนต่างๆ ของการหายใจ เป็นต้นกำเนิดของโมเลกุลอื่นๆ เช่น กรดอะมิโน (amino acids) ชนิดต่างๆ และทำหน้าที่สำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) และกรดอินทรีย์บางตัวยังทำหน้าที่หลายๆ อย่างในพืช บางเนื้อเยื่อซึ่งพบกรดอินทรีย์ในปริมาณสูง จะเป็นแหล่งอาหารสะสม (stored energy) และนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงานเมื่อจำเป็น กรดอินทรีย์ที่เป็นอาหารสะสมมักจะถูกเก็บไว้ในแวคิวโอลในปริมาณร้อยละ 70 เช่น malate ( $C_4H_4O_5^{2-}$ ) ที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 30 อยู่ในไมโทคอนเดรียใช้สำหรับกระบวนการเมแทบอลิซึม ในเซลล์พืชบางชนิดกรดอินทรีย์จะอยู่ในรูปของเกลือที่ไม่ละลาย (insoluble salts) ตัวอย่างเช่น calcium oxalates ใน รูบาร์บ (rhubarb) หรือ potassium bitartrate ในองุ่น เป็นต้น (Mamie, 2561)

ในผลิตภัณฑ์อาหาร (food products) กรดอินทรีย์มีส่วนสำคัญในกลิ่น (odour) กลิ่นรส (flavour) และรสชาติ (taste) เอสเทอร์ (ester) ของกรดอินทรีย์หลายชนิดมีส่วนสำคัญในกลิ่นหอมระเหย (volatile compounds)

สมบัติทางกายภาพของกรดอินทรีย์จะเป็นกรดอ่อน มีกลิ่นฉุนเปรี้ยว เช่น  $-HCOOH$ ,  $-CH_3COOH$  เป็นโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีขั้ว ความแรงของขั้วจะมากกว่าแอลกอฮอล์ ที่ C 1-5 อะตอม จะละลายน้ำได้ดี แต่ถ้าคาร์บอนมากขึ้น การละลายน้ำจะลดลงเพราะ เมื่อโมเลกุลใหญ่ขึ้น ส่วนที่ไม่มีขั้วจะใหญ่ จึงสามารถบดบังส่วนที่มีขั้วได้ สาเหตุที่กรดโมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ดีเพราะสามารถเกิด พันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ กรดจะมีจุดเดือด จุดหลอมเหลวสูงกว่าแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนเท่ากัน เพราะกรดเกิดพันธะไฮโดรเจน ได้มาก และแรงกว่าแอลกอฮอล์ กรดที่มีคาร์บอน 1-10 อะตอม มีสถานะเป็นของเหลวแต่ถ้ามีคาร์บอนมากกว่า 10 จะมีสถานะเป็นของแข็ง



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางเคมีของสารประกอบหมู่คาร์บอกซิล (carboxylic acid)

ที่มา : [https://en.wikipedia.org/wiki/Carboxylic\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Carboxylic_acid)

## 2.8 กาแฟสกัดเย็น

กาแฟสกัดเย็น (Cold Brew) คือกาแฟที่ชงด้วยน้ำอุณหภูมิห้องหรือน้ำเย็นหรือน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาขั้นต่ำ 12-24 ชั่วโมง โดยเวลาที่นิยมมักอยู่ที่ 18 ชั่วโมง (Starbucks, 2017) โดยการเทน้ำลงบนกาแฟบดหยาบแล้วแช่ทิ้งไว้ ทำให้สารประกอบต่าง ๆ ในกาแฟละลายออกมาได้น้อยกว่าแบบการใช้น้ำร้อน หลังจากนั้นจึงกรองเอากากออก กาแฟสกัดเย็นจะได้รสหวานของเมล็ดกาแฟชัดกว่า มีรสชาติที่นุ่มนวลไม่ฝาดขมหรือฝาดลิ้นและมีความเปรี้ยวต่ำกว่ากาแฟร้อนทั่วไป เมื่อบริโภคในอุณหภูมิห้องเหมือนกาแฟร้อน และมีความเอกลีลาเป็นเอกลักษณ์ที่ชวนดื่มสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มชั้นสูง จึงมักนำไปผสมน้ำหรือนมก่อนดื่ม อีกทั้งกาแฟสกัดเย็นทำให้ปวดมวนท้องน้อยกว่ากาแฟร้อน เพราะการชงกาแฟด้วยความร้อนจะเกิดกรดขึ้น อาจทำให้ดื่มแล้วไม่สบายท้องได้ แต่กาแฟสกัดเย็นไม่ผ่านความร้อน ที่ดื่มกาแฟร้อนแล้วมวนท้องจึงสามารถดื่มกาแฟสกัดเย็นได้ แต่วิธีการสกัดเย็นต้องใช้เวลาชงที่นานกว่าการใช้น้ำร้อนทั่วๆ ไป กาแฟสกัดเย็นสามารถแบ่งออกได้เป็นสองชนิดด้วยกันได้แก่ แบบแช่ (Immersion) และแบบดริป (Drip)



ภาพที่ 2.8 การเตรียมกาแฟสกัดเย็น

ที่มา : OpenRice (2017)

## 2.9 สี

การที่เรามองเห็นสีของวัตถุที่แสงต่าง ๆ นั้น เกิดจากการที่วัตถุนั้นสะท้อนแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้นเข้าตาเรา การมองเห็นสีจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 อย่าง ได้แก่ แสง วัตถุ และประสาทตาของเรา ปัจจัยทั้งสามนี้มีความซับซ้อนทั้งเรื่องธรรมชาติแสงที่ฉายหรือส่องบนวัตถุ เรื่องของประสาทตาของแต่ละคนและความสามารถในการรับแสงช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่มีระดับความเข้มหรือความสว่างต่าง ๆ กัน ตลอดจนการตีความข้อมูลที่ประสาทตาได้รับที่สมองของคนเราซึ่งเป็น ประสบการณ์ที่สะสมมาก่อนของแต่ละบุคคลอาจส่งผลให้วัตถุสิ่งของอย่างหนึ่งเมื่อดูโดยคนๆ เดียวกันในที่สว่างภายใต้แสงดวงอาทิตย์กับการดูภายในอาคารที่ใช้หลอดไฟฟ้าหรือที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำหน้าที่ให้แสงสว่างทำมมองเห็นสีที่แตกต่างกัน หรือการดูสีของทีบแสงภายใต้แสงอาทิตย์ต่างเวลากันสีอาจแตกต่างกันได้ (นิรนาม, 2020) โดยทั่วไปการพรรณนาและการสื่อสารสีที่มองเห็นให้ผู้อื่นรับรู้และเข้าใจง่ายขึ้น จะนิยมใช้ 3 สิ่งประกอบกัน คือ

1. เฉดสี (hue) ซึ่งจะระบุเป็นสีที่รู้จักกัน เช่น แดง เขียว ม่วง น้ำเงิน ส้ม ฯลฯ
2. ความสว่าง (value lightness หรือ brightness) ซึ่งจะเป็นสิ่งที่กำหนดว่า วัตถุ หรือสีนั้นสว่างหรือมืด (dark) เมื่อเทียบกับสิ่งอื่น ๆ
3. ความอึมัว (chromaหรือsaturation) เป็นเทอมที่ระบุความสดของสีหรือความบริสุทธิ์ของสี (saturation หรือ vividness) หากสีอึมัวน้อยหรือไม่สดใสจะเรียกว่า สีตุ่น (dull color) การระบุสีด้วย 3 เทอมนี้ พัฒนาขึ้นเป็นระบบสีหรือสเกลสี (color scale) ที่เรียกว่า Munsell System การระบุสีเป็นค่าตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นได้มีการพัฒนาโดยองค์การนานาชาติเกี่ยวกับแสงและสีคือ International Commission on Illumination (CIE) วิธีการที่รู้จักกันแพร่หลายได้แก่ ระบบ Yxy ในปี ค.ศ. 1931 ซึ่งอยู่บนฐานค่า 3 ค่า xyz ที่นิยามโดย CIE และระบบ  $L^*a^*b^*$  color space ในปี ค.ศ. 1976 ที่มีฐานจากทฤษฎีสีตรงข้าม ซึ่งสมมติว่า ประสาทตามนุษย์รับรู้สีโดยมีคู่ตรงข้าม 3 คู่ ได้แก่

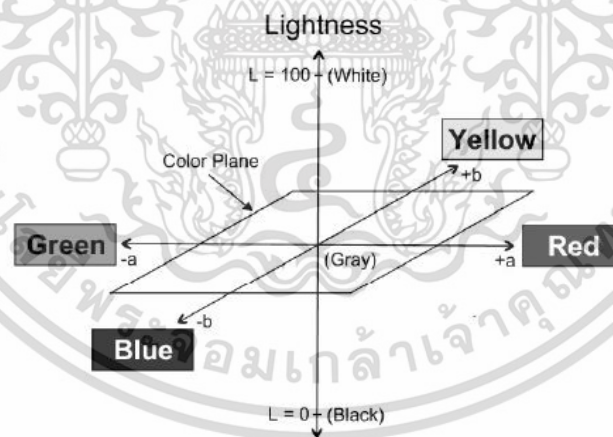
สว่าง (light)	-	มืด (dark)
แดง (red)	-	เหลือง (yellow)
เขียว (green)	-	น้ำเงิน (blue)

### 2.9.1 ระบบสี CIEL\*a\*b\*(CIELAB) และCIELCH

จากแหล่งข้อมูล([http://www.hunterlab.com/appnotes/an08\\_96a.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf)) ระบบสี CIE  $L^*a^*b^*$  หรือ CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่คำนึงถึงองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. Light source คือ แหล่งกำเนิดแสง เช่น แสงมาตรฐาน D 65
2. Color object คือ วัตถุที่มีสี
3. Observer คือ ผู้สังเกตการณ์

CIELAB เป็นระบบการวัดสีที่พัฒนาจากระบบ CIE Tristimulus Value (x, y และ z) และ CIE Chromaticity Coordinates (x, y และ Y) โดยปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงจนสามารถบอก ความแตกต่างของสีได้อย่างสม่ำเสมอและใกล้เคียงกับความแตกต่างของสีที่ตามองเห็น



ภาพที่ 2.9 แผนภาพระบบสี CIELAB (1)

ที่มา : [http://www.hunterlab.com/appnotes/an08\\_96a.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf)

โดย  $L^*$  ใช้กำหนดค่าความสว่าง (Lightness)  
 $L = 0$  สีที่ได้จะมีมืดเป็นสีดำ  
 $L = 100$  สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- a\* ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว  
 a เป็น + วัตถุที่มีสีออกแดง  
 a เป็น - วัตถุที่มีสีออกเขียว
- b\* ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน  
 b เป็น + วัตถุที่มีสีออกเหลือง  
 b เป็น - วัตถุที่มีสีออกน้ำเงิน

นอกจากนี้ในระบบ CIELAB ยังมีการปรับปรุงต่อไป โดยการเชื่อมค่า a และ b เข้ากับ “hue” และ “chroma” โดยกำหนด color term อีก 2 ตัว คือ hue (h\*) และ chroma (C\*) ดังรูปที่ 2.11



ถ้า	$h^* = 0^\circ$ แสดงว่าเป็น	สีแดง
	$h^* = 90^\circ$ แสดงว่าเป็น	สีเหลือง
	$h^* = 180^\circ$ แสดงว่าเป็น	สีเขียว
	$h^* = 270^\circ$ แสดงว่าเป็น	สีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9.2 การวัดความแตกต่างของสี (Color differences)

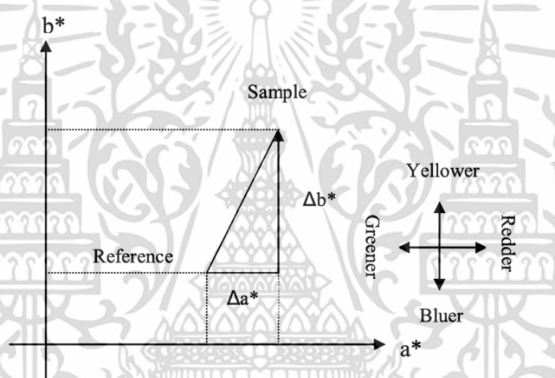
การวัดความแตกต่างของสีตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน ที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ ระบบ CIE ดังภาพที่ 2.11 และระบบ CMC ซึ่งสามารถหาได้จากค่าความแตกต่างระหว่างค่าความสว่าง, ความเป็นสีแดง-เขียว และความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน ดังนี้คือ

$$\Delta L^* = L^* \text{ ของตัวอย่าง} - L^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

$$\Delta a^* = a^* \text{ ของตัวอย่าง} - a^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

$$\Delta b^* = b^* \text{ ของตัวอย่าง} - b^* \text{ ของตัวอย่างมาตรฐาน}$$

ถ้า	$\Delta L^*$	เป็นบวก = lighter	$\Delta L^*$	เป็นลบ = darker
	$\Delta a^*$	เป็นบวก = redder (less green)	$\Delta a^*$	เป็นลบ = greener (less red)
	$\Delta b^*$	เป็นบวก = yellow (less blue)	$\Delta b^*$	เป็นลบ = bluer (less yellow)



ภาพที่ 2.11 แสดงค่า  $\Delta a^*$  และ  $\Delta b^*$  ในระบบ CIELAB

ที่มา : [http://www.hunterlab.com/appnotes/an08\\_96a.pdf](http://www.hunterlab.com/appnotes/an08_96a.pdf)

นอกจากจะบอกความแตกต่างด้วยค่า  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  แล้วสามารถบอกเป็นค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (total color difference)  $\Delta E^*$  เมื่อ

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

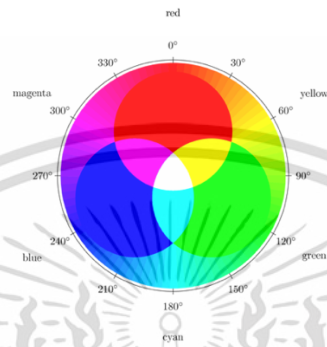
## 2.9.3 ระบบสีแบบ RGB

เป็นระบบสีที่ประกอบด้วยแม่สี 3 สีคือ แดง (Red), เขียว (Green) และ น้ำเงิน (Blue) ในสัดส่วนความเข้มข้มที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาผสมกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ บนจอคอมพิวเตอร์ได้มากถึง 16.7 ล้านสี ซึ่งใกล้เคียงกับสีที่ตาเรามองเห็นได้โดยปกติ และจุดที่สีทั้งสามสีรวมกันจะกลายเป็นสีขาว นิยมเรียกการผสมสีแบบนี้ว่าแบบ “Additive” หรือการผสมสีแบบบวก ซึ่งเป็นการผสมสีขั้นที่ 1 หรือถ้านำเอา Red Green Blue มาผสมครั้งละ 2 สี ก็จะทำให้เกิดสีใหม่ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{Blue} + \text{Green} &= \text{Cyan} \\ \text{Red} + \text{Blue} &= \text{Magenta} \\ \text{Red} + \text{Green} &= \text{Yellow} \end{aligned}$$

แสงสี RGB มักจะถูกใช้สำหรับการส่องสว่างทั้งบนจอทีวีและจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างจากการให้กำเนิดแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้สีดูสว่างกว่าความเป็นจริง

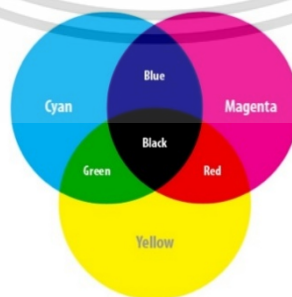


ภาพที่ 2.12 แผนภาพระบบสีแบบ RGB

ที่มา : <https://dpanorama.ru/th/>

#### 2.9.4 ระบบสีแบบ CMYK

เป็นระบบสีที่ใช้กับเครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ออกทางกระดาษ ซึ่งประกอบด้วยสีพื้นฐาน คือ สีฟ้า (Cyan), สีม่วงแดง (Magenta), สีเหลือง (Yellow), และเมื่อนำสีทั้ง 3 สีมาผสมกันจะเกิดสีเป็น สีดำ (Black) แต่จะไม่ดำสนิทเนื่องจากหมึกพิมพ์มีความไม่บริสุทธิ์ โดยเรียกรวมสีทั้ง 3 สีข้างต้นว่า “Subtractive Color” หรือการผสมสีแบบลบ หลักการเกิดสีของระบบนี้คือ หมึกสีหนึ่งจะดูดกลืนสีจากสีหนึ่งแล้วสะท้อนกลับออกมาเป็นสีต่าง ๆ เช่น สีฟ้าดูดกลืนสีม่วงแล้วสะท้อนออกมาเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าสีที่สะท้อนออกมาจะเป็นสีหลักของระบบ RGB การเกิดสีนี้ในระบบนี้จึงตรงข้ามกับการเกิดสีในระบบ RGB



ภาพที่ 2.13 แผนภาพระบบสีแบบ CMYK

ที่มา : <https://dpanorama.ru/th/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.9.5 ระบบสีแบบ HSB

สีในการมองเห็นสีด้วยสายตาของมนุษย์ประกอบด้วยลักษณะของสี 3 ลักษณะ

2.9.5.1 Hue คือ สีต่าง ๆ ที่สะท้อนออกมาจากวัตถุเข้ามายังตาของเรา ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีต่าง ๆ ได้ ซึ่งแต่ละสีจะแตกต่างกันตามความยาวของคลื่นแสงที่มากกระทบวัตถุและสะท้อนกลับที่ตาของเรา Hue ถูกวัดโดยตำแหน่งการแสดงสีบน Standard Color Wheel ซึ่งถูกแทนด้วยองศา 0 ถึง 360 องศา แต่โดยทั่วไปแล้วมักจะเรียกการแสดงสีนั้นๆเป็นชื่อของสีเลยเช่นสีแดง สีม่วง สีเหลือง

2.9.5.2 Saturation คือ ความสดของสี โดยค่าความสดของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนด Saturation ที่ 0 สีจะมีความสดน้อย แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสดมาก ถ้าถูกวัดโดยตำแหน่งบน Standard Color Wheel ค่า Saturation จะเพิ่มขึ้นจากจุดกึ่งกลางจนถึงเส้นขอบ โดยค่าที่เส้นขอบจะมีสีที่ชัดเจนและอิมพัทธ์ที่สุด

2.9.5.3 Brightness คือ ระดับความสว่างและความมืดของสี โดยค่าความสว่างของสีจะเริ่มที่ 0 ถึง 100 ถ้ากำหนดที่ 0 ความสว่างจะน้อยซึ่งจะเป็นสีดำ แต่ถ้ากำหนดที่ 100 สีจะมีความสว่างมากที่สุด ยิ่งมีค่า Brightness มากจะทำให้สีนั้นสว่างมากขึ้น



ภาพที่ 2.14 แผนภาพระบบสีแบบ HSB

ที่มา : <https://dpanorama.ru/th/>

### 2.10 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค

ขั้นตอนการพัฒนาความรู้สึกของมนุษย์ (Development of human perception) การวิเคราะห์การยอมรับ (ผลิตภัณฑ์) เป็นวิธีการที่ผู้บริโภคเท่านั้นบอกได้ และวัดโดยวิธีการอื่นทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ ถึงแม้ว่าจะวัดได้แต่อาจจะไม่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้ เพราะถือว่าข้อมูลการยอมรับของผลิตภัณฑ์มาจากการตอบสนองของมนุษย์ (Human sense) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.10.1 การรับรู้ (Perception / response)

การรับรู้ของประสาทสัมผัสของมนุษย์เป็นความสามารถขั้นพื้นฐานของมนุษย์ (primary response) ทุกคนที่มีระบบประสาทสัมผัสที่มีการกระตุ้นอยู่ตลอดเวลาเพื่อการเจริญเติบโตการมีชีวิตรอด การบริโภคอาหารเป็นต้นและมนุษย์จะเปลี่ยนประสิทธิภาพการรับรู้ไปตามสภาพแวดล้อมได้ต่อไป

### 2.10.2 ทศนคติ (Attitude)

มนุษย์อยู่ในฐานะผู้บริโภคสินค้าต่างๆได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อม สังคมวัฒนธรรม นวัตกรรมจึงเพิ่มประสิทธิภาพการรับรู้โดยเอาทัศนคติเข้ามามีส่วนร่วมในการตัดสินใจทำให้มีทัศนคติในการรับรู้สนองต่อผลิตภัณฑ์ทั้งด้านบวกและด้านลบหรือไม่มีทัศนคติใดๆ เช่น ทัศนคติต่อสีสังเคราะห์ทัศนคติต่อสีธรรมชาติ ทัศนคติต่อการไม่แต่งสีในอาหารมนุษย์แต่ละกลุ่มให้ความรู้สึกแตกต่างกันเช่นเด็กมีทัศนคติทางบวกต่อสีสังเคราะห์เพราะมีสติปัญญาผู้ใหญ่สนใจเรื่องความปลอดภัยมักมีทัศนคติทางบวกต่อการใช้สีธรรมชาติมากกว่าสีสังเคราะห์ ทัศนคติที่มาจากนวัตกรรม เช่น สังคมในเมืองครอบครัวขนาดเล็กอาศัยในห้องชุดไม่นิยมอาหารที่ต้องปรุงเองใช้เวลามากดังนั้นจึงมีการผลิตอาหารประเภทอุ่น (precooked food) หรืออาหารวัยรุ่น (teen-food) เพื่อตอบสนองต่อกลุ่มผู้บริโภคดังกล่าว

### 2.10.3 ความชอบ / ไม่ชอบ (Like / Dislike)

การตัดสินใจความชอบหรือไม่ชอบ เป็นการเชื่อมโยงมาตั้งแต่ การรับรู้ผ่าน ทัศนคติ แล้วขยายผลเป็นความชอบหรือไม่ชอบ แต่อาจจะมีเหตุผลเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องจากบางคนความชอบอยู่เหนือเหตุผล จึงต้องมาวิเคราะห์ความชอบต่อไปว่า มาจากอะไร เช่น ความรู้สึกด้านคสามภักดีต่อตราสินค้า (Brand Loyalty) ความคุ้นเคยของโฆษณา ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

### 2.10.4 การยอมรับ/ปฏิเสธ Acceptance/Rejection)

การตอบรับ-ปฏิเสธผลิตภัณฑ์อาจใกล้เคียงกับความรู้สึกชอบ-ไม่ชอบ แต่ในที่นี้หมายถึงการตอบรับ-ปฏิเสธที่มาจากอิทธิพลเชื่อมโยงและถ่ายทอดเชิงบูรณาการ (integrated sense) โดยใช้ผู้บริโภค (Consumer) ทำหน้าที่เป็นผู้ทดสอบ (assessor) เท่านั้น เป็นการประยุกต์การทดสอบปกติเพื่อใช้ในการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภค (ไพโรจน์, 2555) โดยทั่วไปการวิเคราะห์ลักษณะผลิตภัณฑ์นับว่าเป็นภาระหน้าที่ของผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการซึ่งสิ่งสำคัญที่สามารถให้ข้อมูลเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่พบในการวิเคราะห์ผลจากผู้ทดสอบชิมในห้องปฏิบัติการกับความชอบจากผู้บริโภคคืออะไร

### 2.10.5 วิธีการทดสอบการยอมรับ

วิธีการทดสอบการยอมรับโดยใช้การให้สเกลความชอบ 9 คะแนน เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน วิธีนี้ถูกนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1952 ถูกนำมาใช้ในการประเมินความชอบของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์อาหารอย่างเป็นทางการครั้งแรก การทดสอบวิธีนี้ผู้ทดสอบประเมินความชอบที่มีต่อตัวอย่างโดยใช้สเกลความชอบ 9 คะแนนคือ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉยๆ (บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ) 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมากและ 9 = ชอบมากที่สุด เพื่อประเมินว่าผู้ทดสอบชอบผลิตภัณฑ์ใดมากน้อยแค่ไหนโดยการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนความชอบ เช่น ถ้าค่าคะแนนความชอบเท่ากับ 8 หมายความว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์ในระดับมากโดยคะแนนความชอบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 9 คือชอบมากที่สุดหากมีผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ตัวอย่างขึ้นไปก็สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างต่อไปเช่นวิเคราะห์ผลโดยใช้ t-test หรือ ANOVA (ธงชัย, 2550; เพ็ญขวัญ, 2556)

## 2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระในกาแฟโรบัสต้า ได้ศึกษาโดยใช้ตัวอย่างในการศึกษาเป็นกาแฟ 4 ชนิด (คั่วสุก/บดปานกลาง, คั่วสุกหยาบ, คั่วปานกลาง/บดปานกลาง, คั่วปานกลาง/บดหยาบ) โดยใช้วิธีการสกัดด้วยความเย็นและความร้อนและนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของกาแฟ ข้อมูลที่ได้ พบว่า กรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนพบที่ความเข้มข้นสูงในกาแฟสกัดเย็น ที่มาจากกาแฟคั่วระดับกลางมากกว่ากาแฟคั่วเข้ม ขนาดของการบด ไม่มีผลแบบนัยสำคัญต่อระดับของกรดคลอโรจีนิก และความเข้มข้นของคาเฟอีนของตัวอย่างกาแฟสกัดเย็น ระดับคาเฟอีนในตัวอย่างกาแฟสกัดแบบเย็น มีขนาดการบดหยาบมากกว่ากาแฟที่สกัดด้วยความร้อน เมื่อนำมาเทียบกัน กรดคลอโรจีนิกและค่าความเป็นกรดจะถูกเปรียบเทียบระหว่างกาแฟสกัดแบบร้อนและแบบเย็น รายงานปัญหาพิเศษฉบับนี้แสดงให้เห็นปริมาณความเป็นกรดของกาแฟสกัดแบบเย็น มีแนวโน้มว่าไม่ได้เกิดจากความเข้มข้นของคาเฟอีนหรือกรดคลอโรจีนิก เนื่องจากกรดในกาแฟส่วนใหญ่นั้นมีการละลายสูงและสกัดได้อย่างรวดเร็ว

ต่อมา Bakuradze และคณะ (2014) แสดงสารประกอบที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์กาแฟคั่วโดยเฉพาะกรด 5-caffeoylquinic และกรด caffeic สารต้านอนุมูลอิสระโดยตรงในเซลล์ HT-29 (human colon) การสำรวจล่าสุดโดย Naveed และคณะ(2014)ได้สนใจบทบาทของกรดคลอโรจีนิก ในการรักษาสุขภาพของมนุษย์และเรียกร้องให้มีการวิจัยเพิ่มเติมในท้องถิ่น การศึกษามุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์เมล็ดกาแฟสด การบริโภคกาแฟร้อนหรือไม่มีความแตกต่างถึงวิธีการสกัดที่ใช้การวิจัยในกาแฟร้อนบอกถึงอุณหภูมิในการคั่ว และบดขนาด ส่งผลต่อจลนพลศาสตร์การสกัดและความเข้มข้นสูงสุดที่สกัดได้ของสารประกอบที่ละลายได้จากกาแฟบดโดยเฉพาะกรดคลอโรจีนิก การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการคั่วมีความสัมพันธ์กับการลดลงของความเข้มข้นของกรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีน (Hečimović, และคณะ,2011)

จากการศึกษาข้างต้น Lane และคณะ (2017) รายงานว่าความเข้มข้นของคาเฟอีนของกาแฟขงเย็นที่ขายตามท้องตลาดจะอยู่ที่ 207 มิลลิกรัม ต่อ 12 ออนซ์ การศึกษาครั้งที่ 3 ของ Shin ในปี 2560 รายงานว่า Polysaccharides ที่แยกได้จากกาแฟขงเย็น ไว้ว่า “ปรับปรุงการทำงานของ macrophage และระบบภูมิคุ้มกันทางเดินอาหาร” จนถึงปัจจุบันสื่อสิ่งพิมพ์เหล่านี้เป็นตัวแทนของงานวิจัยที่ตีพิมพ์ส่วนใหญ่มีอยู่ในกาแฟขงเย็น ในความต้องการตลาดต้องการกาแฟที่ความเป็นกรดต่ำและคุณลักษณะทางเคมีและรสชาติอื่น ๆ ยังไม่ได้รับการตรวจสอบโดยการวิจัยที่เป็นกลาง เมื่อพิจารณาถึงการเติบโตที่สำคัญในตลาดกาแฟและความสำคัญที่อาจเกิดขึ้นจากการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของที่เกี่ยวข้องกับร่างกายมนุษย์ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของการขงกาแฟในแต่ละวิธีที่มีผลต่อ kinetic และสภาวะสมดุลของสารประกอบที่น่าสนใจ คาเฟอีนและกรดคลอโรจีนิก ค่า pH ของทั้งหมด กาแฟที่ผลิตในงานวิจัยนี้ยังถูกวัดเพื่อตรวจสอบว่าเครื่องตีกาแฟขงเย็นส่งผลให้เกิดกรดน้อยกว่าหรือไม่ งานวิจัยนี้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการสกัดคาเฟอีนและกรดคลอโรจีนิกทั้งเย็นและร้อน วิธีการขงโดยใช้เมล็ดกาแฟอาราบิก้าที่ปลูกในเขต Kona ของ Hawaii เพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาผลอุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาการต้มที่มีต่อจลนพลศาสตร์การสกัดและความเข้มข้นสมมูลสูงสุดของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพทั้งสองนี้วิธีการต้มที่ใช้ในงานนี้เลียนแบบเงื่อนไขการชงกาแฟแบบมาตรฐานทั่วไป เพื่อแสดงความแตกต่างที่ผู้บริโภคสามารถคาดหวังได้ระหว่างกาแฟชงร้อนและเย็น

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของการคั่วกาแฟโรบัสต้า โดยการใช้การทดสอบการยอมรับและ RSM โดย Luciane และคณะ (2000) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคั่วของกาแฟโรบัสต้า (*Coffea canephora* Conillon) ได้ใช้การออกแบบสององค์ประกอบกลาง (11 ตัวอย่าง) ถูกนำมาใช้เพื่อปรับการตั้งค่าสำหรับเวลาการคั่วและอุณหภูมิภายในเริ่มต้นของกล่องคั่วในตัวแปรตอบรับ กับผู้ประเมินจำนวน 25 คน สำหรับคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของกลิ่นเครื่องดื่มรสชาติและสี นอกจากนี้ยังได้แบบจำลองเชิงทำนายสำหรับการวัดสีของเมล็ดคั่วและกาแฟบด ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการคั่วนั้นแสดงให้เห็นว่าเป็นเวลา 22-28 นาทีที่อุณหภูมิ 225-230 องศาเซลเซียส การศึกษาพบว่ากาแฟโรบัสต้าเมื่อคั่วในช่วงการคั่วที่เหมาะสมนี้ส่งผลให้เครื่องดื่ม ได้รับการยอมรับค่าเฉลี่ยทั้งกลิ่นและรสชาติระหว่าง 6 และ 7 ในระดับความชอบคือระหว่างค่า "ชอบเล็กน้อย" และ "ชอบปานกลาง" ผลลัพธ์นี้ยืนยันอย่างชัดเจนว่าภาคกาแฟของบราซิลถูกเข้าใจผิดว่าขาดความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพของเครื่องดื่มจากกาแฟโรบัสต้าซึ่งสามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการคั่ว เป็นไปได้ที่จะปรับปรุงคุณภาพของกาแฟโรบัสต้าด้วยวิธีการคั่วที่เพียงพอซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณภาพการผสมของกาแฟนี้ด้วยกาแฟอาราบิก้าและทำให้สามารถรวมกาแฟโรบัสต้าที่ได้รับการปรับปรุงในสัดส่วนที่สูงขึ้น เพื่อลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (กาแฟคั่วบด) ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าช่วงการคั่วที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวอย่างของกาแฟโรบัสต้าที่ใช้ในการศึกษานี้ ประเมินโดยผู้ประเมินการบริโภคชาวบราซิลซึ่งสอดคล้องกับระดับการคั่วที่มีสีแก้วเท่ากับ  $L^*$  ระหว่าง 37.05 และ 40.69  $a^*$  ระหว่าง 2.29 ถึง 4.15 และ  $b^*$  ระหว่าง 2.70 ถึง 6.29 แบบจำลองการทำนายที่ปรับสำหรับตัวแปร  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  แสดงความสามารถในการทำนายที่ดีและสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมกระบวนการ

นอกจากนี้ ได้มีการศึกษางานวิจัยการก่อตัวของพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนในสภาพที่แตกต่างกันในกาแฟ โดย Jae-Hyung และคณะ (2018) พบว่าไนโตรโพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (ไนโตร - พีเอเอชเอส) เป็นสารอินทรีย์สารก่อมะเร็งและสารก่อกลายพันธุ์ที่มาจากปฏิกิริยาของสาร PAHS กับ NO ได้ทำการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิเคราะห์ nitro-PAHS เจ็ดตัว nitro-PAHS ในระบบแบบจำลองกาแฟเตรียมด้วยเมล็ดกาแฟที่ผลิตจากสถานที่ที่แตกต่างกันสามแห่งภายใต้อนุมูลต่างๆ และ OH ในการศึกษาค้นคว้าวิธีการเป็นเงื่อนไขการคั่ว นอกจากนี้ยังทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเพิ่มกรดอะมิโนต่างๆต่อการสร้าง nitro-PAHS อนุมูลอิสระที่ผลิตขึ้นนั้นถูกหาปริมาณด้วยอิเล็กตรอนสปินเรโซแนนซ์ (ESR) เพื่อประเมินความสัมพันธ์กับไนโตร - พีเอเอชที่เกิดขึ้น หลังจากสกัดและทำความสะอาดแล้วไนโตร - พีเอเอเอสในกาแฟถูกวิเคราะห์โดยใช้แก๊สโครมาโตกราฟี ในระบบอุณหภูมิการเติมกรดอะมิโนเพิ่ม nitro-PAHS อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการควบคุม ผลลัพธ์ ESR สอดคล้องกับผลลัพธ์ก่อนหน้านี้ในการก่อตัวของ nitro - PAHS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมามีรายงานหลายฉบับเกี่ยวกับการเกิดขึ้นของnitro-PAHS ในตัวอย่างด้านสิ่งแวดล้อมเช่นอากาศเสีย, ไอเสีย, อนุภาคอากาศ, ดินและน้ำ โดย Siegmund และคณะ (2003) ไนโตร - พีเอเอชเอชนั้นเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการรวมกลุ่มที่ไม่สมบูรณ์ (pyrosynthesis) หรือเป็นผลมาจากปฏิกิริยาที่หลากหลายที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศดังนั้นจึงเกิดปรากฏการณ์ที่แพร่หลาย ตัวอย่างเช่นสารประกอบของผู้ปกครองที่สอดคล้องกัน, โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAHS) ที่ดูดซับในอนุภาคอากาศทำปฏิกิริยากับไนโตรเจนออกไซด์ก่อตัวเป็นอนุพันธ์ไนโตรต่างๆ โดย Dušek และคณะ (2002) นอกจากนี้งานวิจัยเมื่อเร็ว ๆ นี้แสดงให้เห็นว่าการก่อตัวของสารตั้งต้นออกไซด์ไนโตรเจน (NO) (ส่วนใหญ่ HCN และ NH) เกิดขึ้นผ่านสารตั้งต้นของสารชีวมวลและไนโตรเจน (เช่นกรดอะมิโน, โปรตีน)

จึงได้ศึกษาผลของกรดอะมิโนต่างๆต่อการก่อตัวของไนโตร-พีเอเอช โดย Jae-Hyung และคณะ (2018) เติมกรดกลูตามิกจำนวนมาก (น้ำหนักพื้นฐาน 0-17% แห้ง) ลงในระบบแบบจำลองกาแฟตามลำดับและให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีเพื่อสร้างความเข้มข้นของกรดอะมิโน หลังจากพิจารณาความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดกรดอะมิโนแต่ละชนิด (กรดกลูตามิกไกลซีนและกรดแอสปาร์ติก) จะถูกเพิ่มเข้าไปในระบบรูปแบบกาแฟและจากนั้นให้ความร้อนในบล็อกที่ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที แล้วเข้าไปในระบบแบบจำลองกาแฟโดยใช้ ESR รับสัญญาณ ESR โดยใช้อุณหภูมิตัวอย่างระบบรูปแบบกาแฟซึ่งถูกให้ความร้อนด้วยกรดอะมิโนเพิ่มเติมถูกถ่ายโอนไปยังหลอด ESR ที่ดำเนินการเพื่อประเมินกลไกของระบบ Bruker 5 ELEXSYS EPR ที่ห้องที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มม. และวิเคราะห์ในสเปกโตรมิเตอร์โดยตรง ใช้เครื่องมือพารามิเตอร์ของการทดลอง ESR ตามที่อธิบายไว้ก่อนหน้า โดย Kato และคณะ (1996) โดยมีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อย ความถี่ไมโครเวฟ 9.836 กรัม พลังงานไมโครเวฟ 1.002 มิลลิวัตต์ แอมพลิจูด 2 G ความถี่การปรับ 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ความกว้างการกวาด 150 G เวลากวาด 40.96 วินาที เวลาแปลง 40 เมตรต่อวินาที และฟิลด์กลาง 3510 G ทำการวิเคราะห์ทางสถิติของความเข้มข้นของไนโตร - พีเอเอชในระบบแบบจำลองกาแฟได้ดำเนินการโดยใช้ IBM SPSS ver 21 (SPSS Inc. , USA) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ด้วยการทดสอบหลายช่วงของดันแคน ( $p < 0.05$ ) ถูกนำมาใช้เพื่อประเมินความแตกต่าง การทดลองทั้งหมดดำเนินการเป็นสามเท่าและข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย SD สำหรับเส้นโค้งการปรับเทียบปัจจัยการตอบสนองของไนโตร - พีเอเอชเจ็ดตัวเทียบกับมาตรฐานภายในทั้งสี่ได้รับการประเมินที่ระดับความเข้มข้นไนโตร - พีเอเอชห้าระดับ (1, 2, 5, 10 และ 20 ไมโครกรัม / กิโลกรัม) สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) วัดพื้นที่โครมาโตกราฟเป็นความเข้มข้นของกราฟการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สำหรับไนโตร - พีเอเอชเอชที่ความเข้มข้นทั้งหมดคือ  $R^2 > 0.99$  LOD ถูกกำหนดให้เป็นความเข้มข้นต่ำสุดที่นำไปสู่อัตราส่วน S / N เท่ากับ 3 ในขณะที่ LOQ หมายถึงความเข้มข้นที่นำไปสู่อัตราส่วน S / N ที่ 10 LOD ของเมล็ดกาแฟอยู่ระหว่าง 0.10 และ 0.17 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และ LOQ อยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 0.50 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ค่าการกู้คืนซึ่งวัดโดยใช้พื้นที่สูงสุดของมาตรฐานภายในแปรผันระหว่าง 94.58 ถึง 109.64% สำหรับเมล็ดกาแฟและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 1.84 และ 4.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3

## อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

### 3.1 วัสดุดิบและสารเคมี

#### 3.1.1 วัสดุดิบ

เมล็ดกาแฟ Robusta เมืองปากซอง แขวงจำปาสัก สปป.ลาว

#### 3.1.2 สารเคมี

ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ , AR grade, ACI Labscan, Thailand)

คาเฟอีน (Caffeine,  $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ , SAFC, China)

กรดคลอโรจินิก (Chlorogenic Acid,  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{O}_9$ , SIGMA, England)

ฟีนอล์ฟทาลีน (Phenolphthalein,  $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$  CARLO ERBA, Italy)

น้ำกลั่น (Distilled water, Better Syndicate, Thailand)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide, NaOH, Merck, Germany)

### 3.2 อุปกรณ์

กระดาษกรองกาแฟ Filter Paper (Boncafe, Thailand)

กรวยกรอง (Duran, Germany)

กรวยแยก ขนาด 250 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

กระบอกตวง 10 และ 100 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

ขวดวัดปริมาตร ขนาด 25, 50 และ 100 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

บีกเกอร์ ขนาด 50, 100 และ 1000 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

เทอร์โมมิเตอร์อินฟาเรด (Fluke 51II, USA)

ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร (Duran, Germany)

เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-1061, Shimadzu, Japan)

เครื่องวัดสี (Minolta Chroma meter CR-400, Minolta CO., Japan)

เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (HI5222, Hanna instruments, USA)

เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (SI-234, Denver instrument, USA)

เครื่องบดเมล็ดกาแฟ (High-speed multi-purpase disintegrator, China)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ 1) การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ และ 2) การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี โดยมีรายละเอียดการทดลองดังนี้

#### 3.3.1 การวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ

##### 3.3.1.1 การคั่วกาแฟ

ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบ 100 กรัม และนำไปคั่วที่อุณหภูมิ 205, 210 และ 220 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยใช้เวลาในการคั่ว 12, 15 และ 18 นาทีตามลำดับต่ออุณหภูมิ



ภาพที่ 3.1 ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟสด

##### 3.3.1.2 การวัดสี

วัดค่าสีของเมล็ดกาแฟคั่ว โดยเครื่องวัดสี Minolta CR-400 บดตัวเมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วแล้วให้ละเอียด และนำไปวัดสีในรูปแบบของค่า  $L^*$ ,  $a^*$  และ  $b^*$  เพื่อเป็นข้อมูลเฉลี่ยของระดับสีตามความสุกของเมล็ดกาแฟที่ทำการคั่ว



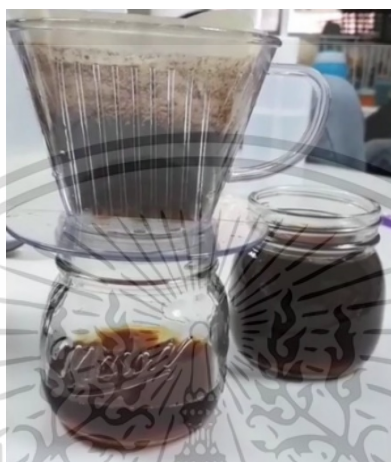
ภาพที่ 3.2 วัดค่าสีเครื่องวัดสี Minolta CR-400

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การวิเคราะห์ลักษณะทางเคมี

#### 3.3.2.1 การเตรียมสารละลายกาแฟโดยวิธีการสกัดเย็น

กาแฟสกัดเย็น (Cold Brew) นั้นจะใช้สัดส่วนกาแฟต่อน้ำอยู่ที่ 1 : 10 จึงใช้กาแฟ 50 กรัม พร้อมเทน้ำ 500 กรัม ตามลงไปในแก้วหรือขวดโหลที่เตรียมไว้ และคนจนผงกาแฟเปียกจนทั่วแล้วจึงนำเข้าตู้เย็น เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมากรองกากกาแฟโดยใช้กระดาษกรองกาแฟ



ภาพที่ 3.3 กรองกาแฟ

#### 3.3.2.2 การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

นำสารละลายกาแฟที่ผ่านการสกัดเย็นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มาทำการกรอง จากนั้นตวงสารละลายกาแฟที่กรองแล้วประมาณ 20 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร **รอให้สารละลายกาแฟมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง** แล้วนำไปวัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรดต่างทำการวัดค่าพีเอชตัวอย่างละ 3 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

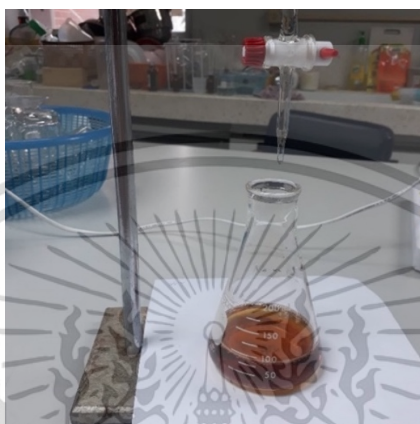


ภาพที่ 3.4 วัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2.3 กรดอินทรีย์ทั้งหมดในรูปกรดซิตริก

โดยวิธีการไตเตรท ทำการปิเปตตัวอย่างกาแฟ 10 มิลลิลิตร. ใส่ในขวดรูปชมพู่ (กรณีตัวอย่างมีความเข้มข้นสูง ให้เติมน้ำกลั่นลงไป 25 มิลลิลิตร.) หยด 1% Phenolphthalein 3 หยด ไตเตรตตัวอย่างด้วย 0.1 N NaOH จนถึงจุดยุติ โดยเมื่อถึงจุดยุติสีของกาแฟจะเริ่มออกสีแดงเล็กน้อย บันทึกปริมาตร 0.1 N NaOH ที่ใช้ และ**คำนวณหา Citric Acid** ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์หลักในผลิตภัณฑ์แต่ละตัว



ภาพที่ 3.5 ไตเตรตตัวอย่างกาแฟด้วย 0.1 N NaOH

### 3.3.2.4 การวิเคราะห์หาปริมาณกรดคลอโรจีนิก

วิเคราะห์ปริมาณกรดคลอโรจีนิก โดยวิธี UV/Vis spectrometer ดัดแปลงจาก (Belay และ Gholap,2009) สกัดแยกกาเฟีนออกจากตัวอย่าง โดยดัดแปลงวิธีของ Belay และคณะ, 2008 โดยผสมสารละลายกาแฟตัวอย่างกับไดคลอโรมีเทน (dichloromethane) ในอัตราส่วนสารสกัดต่อไดคลอโรมีเทนเป็น 20:20 และกวนเป็นเวลา 10 นาที จึงใส่ในกรวยแยกสาร เพื่อแยกกาเฟีนออก โดยทำการสกัดกาเฟีนออก ในกรวยแยกด้วยไดคลอโรมีเทนปริมาณ 20 มิลลิลิตร 4 ครั้ง จึงไปนำสารสกัดที่แยกกาเฟีนออกแล้ว (สารละลายชั้นบน) ไปวิเคราะห์กรดคลอโรจีนิก โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 324 นาโนเมตร โดยใช้ น้ำกลั่นเป็น blank เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดคลอโรจีนิก

### 3.3.2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณคาเฟอีน

วิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน โดยวิธี UV/Vis spectrometer นำสารละลายคาเฟอีน (สารละลายชั้นล่าง) ที่ได้จากข้อ 3.3.4.3 ) ไปวิเคราะห์คาเฟอีน โดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 274 นาโนเมตร โดยใช้ไดคลอโรมีเทนเป็น blank เปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานคาเฟอีน ด้วยเครื่อง UV -Visible spectrophotometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.6 สกัดคาเฟอีนและกรดคลอโรจินิกด้วยไดคลอโรมีเทน

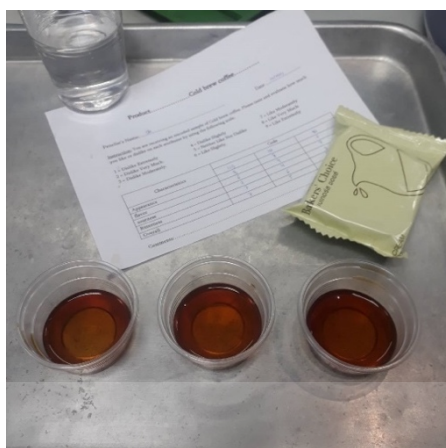


ภาพที่ 3.7 เครื่อง UV-Visible spectrophotometer (UV 1601 Shimadzu)

### 3.3.3 การเปรียบเทียบและศึกษาสภาวะที่เหมาะสม

นำผลการทดลองของตัวอย่างกาแฟมาศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของการคั่วและสกัดเย็นที่ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมี แล้วนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าของกาแฟเกรดพรีเมียม รวมถึงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส มาวิเคราะห์ในรูปแบบของกราฟและตารางค่าสถิติ โดยใช้ one-way ANOVA โปรแกรม SPSS ให้มีความคล้ายและใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้ได้มาซึ่งสภาวะที่เหมาะสมของการคั่วกาแฟสกัดเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 การเตรียมตัวอย่างในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

### 3.3.4 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัส (sensory) ของกาแฟที่ผ่านการคั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ นำมาสกัดเย็นที่อัตราส่วนผงกาแฟคั่วต่อน้ำเปล่า 1:10 และแช่เย็นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง มาทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic test โดยมีผู้ทดสอบจำนวน 30 ราย ซึ่งเป็นนักศึกษาในระดับปริญญาตรีและปริญญาโทระหว่างอายุ 20 – 30 ปี และไม่เคยผ่านการฝึกฝนการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาก่อน แล้วให้คะแนนความชอบทั่วไปในด้าน ลักษณะปรากฏ กลิ่น ความเปรี้ยว ความขม และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนนเป็นความแตกต่างแบบ 9-point hedonic scale คือคะแนน 9 = ชอบมากที่สุด และ 1= ไม่ชอบมากที่สุด (แบบฟอร์มการทดสอบ ภาคผนวก ข.3) แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ตารางค่าสถิติ One-Way ANOVA โปรแกรม SPSS version 15 ในการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการศึกษาการคั่วและการสกัดเย็นของกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟคั่ว

เมล็ดกาแฟที่ผ่านกระบวนการทำแห้งก่อนที่จะนำไปคั่วจะมีสีเขียวยอ่อน เมื่อนำมาผ่านกระบวนการคั่ว เมล็ดกาแฟจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน หลังจากระดับนี้จะมีเปลือกของเมล็ดกาแฟหลุดออกมา (Crack) สีของเมล็ดกาแฟจะเป็นสีน้ำตาลและเริ่มเข้มขึ้นเรื่อยๆ ตามอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นและเวลาที่เพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 4.1 เนื่องจากในเมล็ดกาแฟดิบมีคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด ถึงร้อยละ 50-60 (Sivetz และ Foote, 1963) น้ำตาลจึงเป็นส่วนที่พบมากที่สุด ในเมล็ดกาแฟดิบ เมื่อน้ำตาลได้รับความร้อนในสภาวะไม่มีน้ำ ทำให้เกิดสารประกอบระเหยหรือกลิ่นรสคาราเมล และเกิดสีน้ำตาลหรือสีคาราเมล (Caramelization) (Coca และคณะ, 2004)

ตารางที่ 4.1 ค่าผลการวัดสีกาแฟคั่วที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ

Temperature(°C)	Time (min)	Color	
		L*	E*
Commercial coffee	0	31.50 ± 0.21	0
	10	30.49 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.25 <sup>a</sup>
	12	29.72 ± 1.22 <sup>ns</sup>	3.78 <sup>ns</sup>
	15	29.29 ± 0.67 <sup>a</sup>	5.19 <sup>a</sup>
	18	27.21 ± 0.45 <sup>a</sup>	7.66 <sup>a</sup>
205	10	27.67 ± 1.27 <sup>b</sup>	6.82 <sup>b</sup>
	12	26.50 ± 1.13 <sup>ns</sup>	8.75 <sup>ns</sup>
	15	26.43 ± 0.35 <sup>b</sup>	9.01 <sup>a</sup>
	18	25.68 ± 0.04 <sup>b</sup>	10.04 <sup>ab</sup>
210	10	27.16 ± 1.67 <sup>b</sup>	9.22 <sup>c</sup>
	12	26.94 ± 0.37 <sup>a</sup>	6.95 <sup>ns</sup>
	15	26.62 ± 0.01 <sup>b</sup>	8.50 <sup>b</sup>
	18	26.53 ± 0.32 <sup>ns</sup>	8.88 <sup>b</sup>

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

: ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

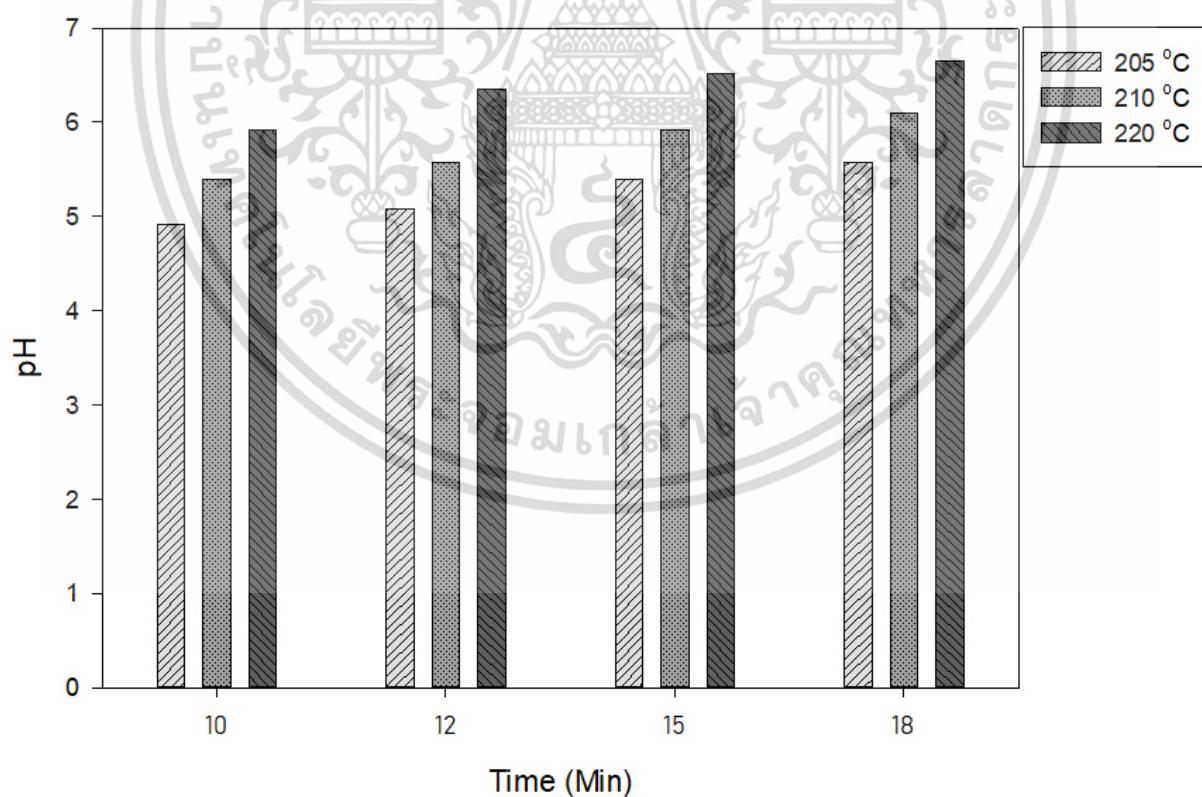
จากตารางที่ 4.1 การวิเคราะห์สีของเมล็ดกาแฟหลังการคั่ว จะเห็นได้ว่าค่า  $L^*$  อยู่ในช่วง 25-32 มีค่าลดลงตามลำดับ ทำให้ทราบว่าสีของเมล็ดกาแฟคั่วมีสีเข้มออกไปทางเกือบดำ และจะมีความเข้มเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิและเวลาเพิ่มมากขึ้น

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางเคมีของเมล็ดกาแฟคั่วสกัดเย็น

กาแฟที่ผ่านกระบวนการคั่วนั้นผลของอุณหภูมิที่คั่วและเวลาที่ใช้จะส่งผลต่อองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ จึงนำมาศึกษา โดยการบดหยาบด้วยเครื่องบด และผ่านกระบวนการสกัดเย็นด้วยวิธีการแช่ (soak) เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปทำการศึกษาผลขององค์ประกอบทางเคมีจากการคั่ว และเพื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกาแฟมาตรฐาน

##### 4.2.1 ผลของการคั่วต่อค่า pH ในกาแฟสกัดเย็น

จากการศึกษาพบว่าเมล็ดกาแฟคั่วที่ใช้อุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้นค่า pH จะมีค่ามากขึ้นตาม ทำให้ทราบว่ายิ่งใช้อุณหภูมิและเวลาในการคั่วเมล็ดกาแฟดิบมาก ความเป็นกรดจะน้อยลง กาแฟจะมีความเป็นกลางมากขึ้นตาม โดยพบว่าที่การคั่วที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีค่า pH น้อยที่สุด จะมีความเป็นกรดมากที่สุด ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 นาที มีค่า pH มากที่สุดจะมีความเป็นกรดน้อยที่สุด ผลของอุณหภูมิต่อเวลาที่มากขึ้นจึงส่งผลต่อค่า pH ให้เพิ่มมากขึ้นตามลำดับด้วย



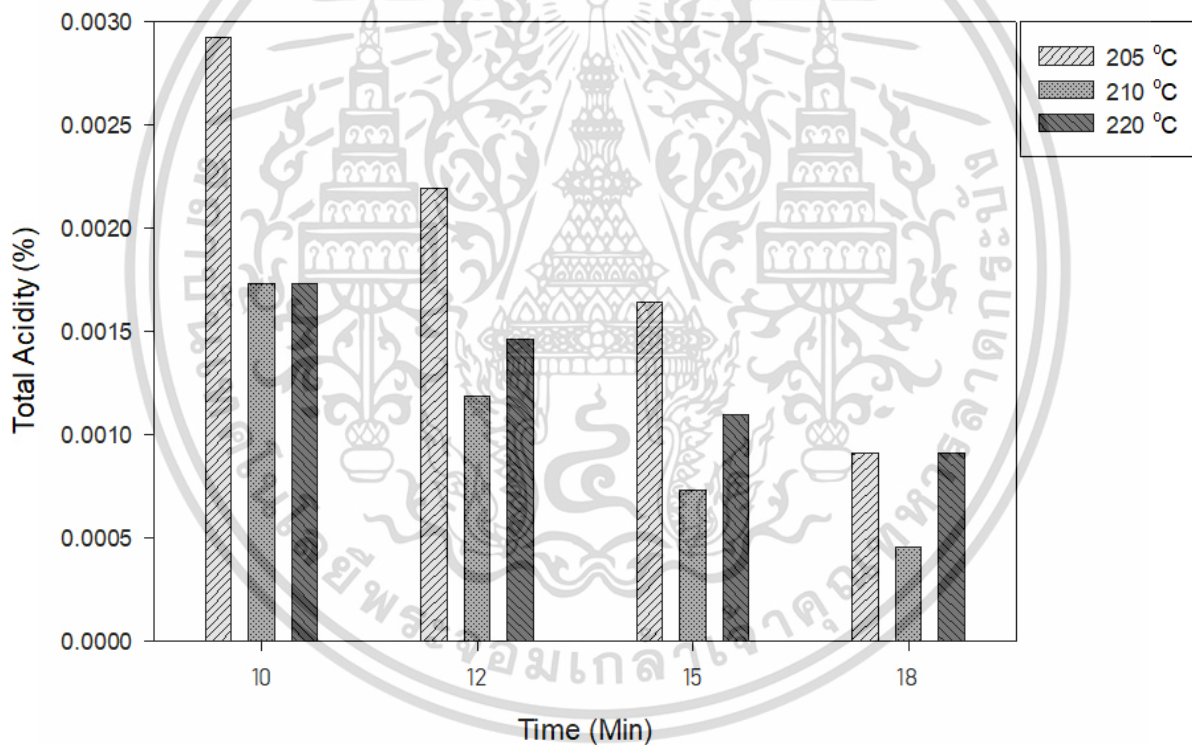
ภาพที่ 4.1 แผนภูมิค่า pH เทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลของการคั่วต่อกรดอินทรีย์ของกาแฟสกัดเย็น

จากการทดลองการวัดกรดอินทรีย์ทั้งหมดในรูปกรดซิตริกโดยการไตเตรท พบว่า กระบวนการคั่วมีอิทธิพลต่อปริมาณกรดอินทรีย์ โดยปริมาณกรดอินทรีย์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้อุณหภูมิ ในการคั่วและเวลาเพิ่มมากขึ้น โดยที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดอินทรีย์มากกว่าที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส แต่ที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดอินทรีย์มากที่สุดในแต่ละช่วงเวลา จะเห็น ได้ว่าที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 นาที มีปริมาณกรดอินทรีย์มากที่สุด และที่อุณหภูมิ 210 องศา เซลเซียส ที่เวลา 18 นาที มีปริมาณกรดอินทรีย์น้อยที่สุด

อีกทั้งกรดอินทรีย์ส่งผลต่อรสชาติของกาแฟสกัดเย็น เนื่องจากกรดอินทรีย์ให้รสเปรี้ยวของ ความเป็นกรด การคั่วที่อุณหภูมิและเวลาที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้รสเปรี้ยวของกาแฟสกัดเย็นน้อยลงตามลำดับ แต่ ถึงอย่างไรก็ตาม ปริมาณกรดอินทรีย์ในรูปของกรดซิตริกสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดชนิดอื่นได้ ด้วยการให้ ความร้อนในกระบวนการคั่ว ณ จุดใดจุดหนึ่ง

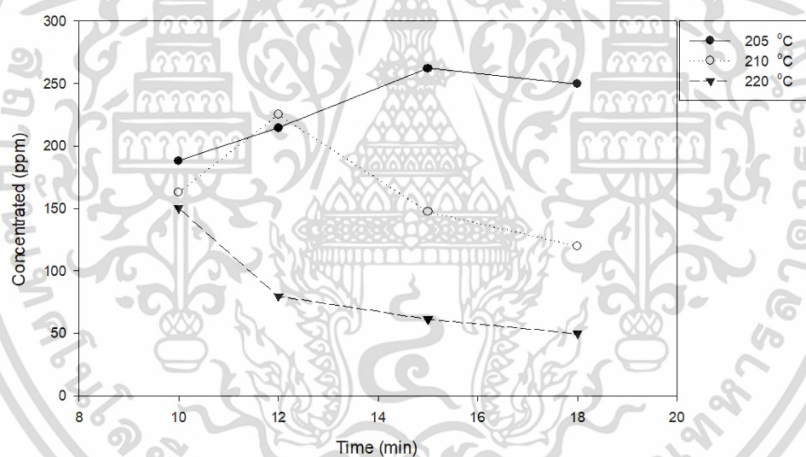


ภาพที่ 4.2 แผนภูมิปริมาณกรดอินทรีย์เทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.3 ผลของการคั่วต่อปริมาณกรดคลอโรจินิกของกาแฟสกัดเย็น

จากการศึกษาปริมาณกรดคลอโรจินิกของการคั่วกาแฟสกัดเย็น พบว่าอุณหภูมิส่งผลต่อปริมาณของกรดคลอโรจินิก โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาของการคั่วจะทำให้ได้ปริมาณของกรดคลอโรจินิกมากขึ้นแต่เมื่อถึงจุดยุติของการให้ความร้อนในการคั่ว ปริมาณกรดคลอโรจินิกจะลดลง จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดคลอโรจินิกเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อถึงจุดยุติที่เวลา 15 นาที และอุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดคลอโรจินิกเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อถึงจุดยุติที่เวลา 12 นาที แต่ที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดคลอโรจินิกที่ลดลงตามลำดับ จึงทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เวลาในการทำให้ถึงจุดยุติน้อยลง อีกทั้งปริมาณของกรดคลอโรจินิกส่งผลต่อรสเปรี้ยวของกาแฟการให้ความร้อนจึงส่งผลต่อรสชาติ เมื่อให้ความร้อนปริมาณกรดคลอโรจินิกที่เพิ่มขึ้น ทำให้กาแฟมีความเปรี้ยวเพิ่มขึ้นและเมื่อถึงจุดยุติของการให้ความร้อนความเปรี้ยวจะลดลงตามลำดับ เนื่องจากผลของความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของกรดคลอโรจินิกจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในระหว่างการคั่วเมล็ดกาแฟจะให้สารประกอบกรดคาเฟอิก และกรดควินิก ซึ่งให้รสเปรี้ยวเมื่อมีหมู่กรดคาร์บอกซิลิกเป็นองค์ประกอบ และมีรสขมและฝาดเมื่อมีหมู่ฟีนอลิก (Sivetz และ Foote, 1963) ดังแสดงในภาพที่ 4.3 และ ตารางที่ ก.5

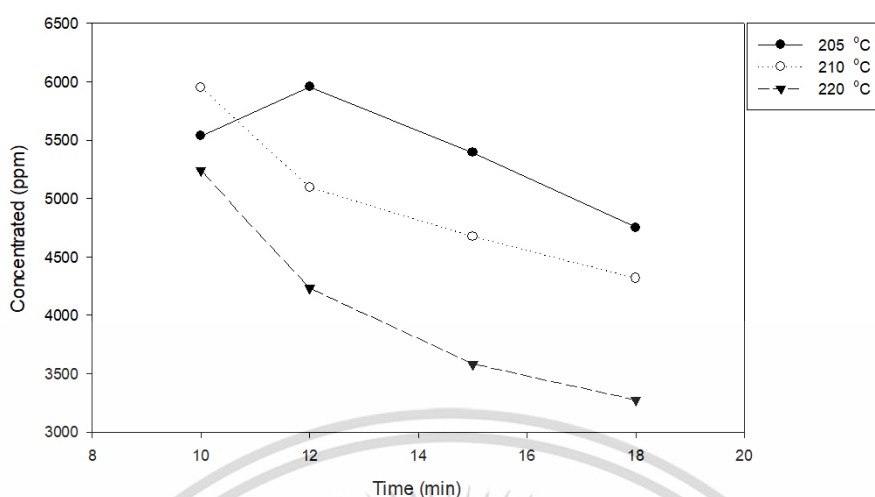


ภาพที่ 4.3 กราฟความเข้มข้นของกรดคลอโรจินิกเทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ

#### 4.2.4 ผลของการคั่วต่อปริมาณคาเฟอีนของกาแฟสกัดเย็น

จากการศึกษาปริมาณคาเฟอีนของการคั่วกาแฟสกัดเย็น พบว่าอุณหภูมิส่งผลต่อปริมาณของคาเฟอีน โดยเมื่อเพิ่มอุณหภูมิและเวลาของการคั่วจะทำให้ได้ปริมาณของคาเฟอีนมากขึ้นแต่เมื่อถึงจุดยุติของการให้ความร้อนในการคั่ว ปริมาณคาเฟอีนจะลดลงเนื่องจากคาเฟอีนละลายได้เล็กน้อยในน้ำเย็นและละลายได้ถึงร้อยละ 40 ในน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระเหิดได้ที่อุณหภูมิ 178 องศาเซลเซียส (Sivetz และ Foote, 1963) จะเห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส มีปริมาณกรดคาเฟอีนเพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อถึงจุดยุติที่เวลา 12 นาที และที่อุณหภูมิ 210 และ 220 องศาเซลเซียส มีปริมาณคาเฟอีนที่ลดลงตามลำดับ ส่งผลต่อรสขมโดยมีความขมเพิ่มขึ้นและลดลงเล็กน้อยตามปริมาณความเข้มข้นของคาเฟอีน ไม่มีผลต่อกลิ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 กราฟความเข้มข้นของคาเฟอีนเทียบกับเวลาในแต่ละอุณหภูมิ

#### 4.3 ผลการเปรียบเทียบหาสภาวะที่เหมาะสม

##### 4.3.1 เปรียบเทียบสี

เมล็ดกาแฟคั่วที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีสีใกล้เคียงหรือแตกต่างจากเมล็ดกาแฟมาตรฐานน้อยที่สุด

##### 4.3.2 เปรียบเทียบค่า pH

เมื่อเปรียบเทียบกาแฟตัวอย่างกับกาแฟมาตรฐานซึ่งมีค่า pH เท่ากับ 3.38 กาแฟตัวอย่างที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที และที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที มีค่า pH เท่ากับ 3.39 เท่ากัน มีค่าใกล้เคียงกับกาแฟมาตรฐานมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.5

##### 4.3.3 เปรียบเทียบปริมาณกรดอินทรีย์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอินทรีย์ของกาแฟตัวอย่างกับกาแฟมาตรฐานที่มีปริมาณกรดอินทรีย์ร้อยละ 2.24 โดยที่อุณหภูมิ 210 และ 220 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 นาที มีปริมาณกรดอินทรีย์ร้อยละ 2.13 ใกล้เคียงกับกาแฟมาตรฐานมากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 4.5

##### 4.3.4 เปรียบเทียบปริมาณกรดคลอโรจีนิก

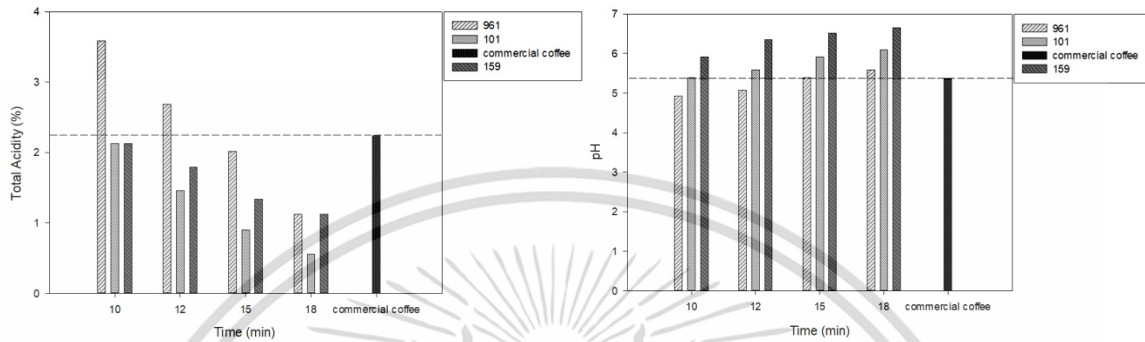
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดคลอโรจีนิกของกาแฟตัวอย่างกับกาแฟมาตรฐาน พบว่าที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เวลา 10 และ 15 นาที มีปริมาณกรดคลอโรจีนิก 162.80 และ 147.32 ppm ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 220 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที มีปริมาณกรดคลอโรจีนิก 150.10 ppm ทั้ง 3 ตัวอย่างมีความใกล้เคียงกับกาแฟมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.6

##### 4.3.5 เปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน

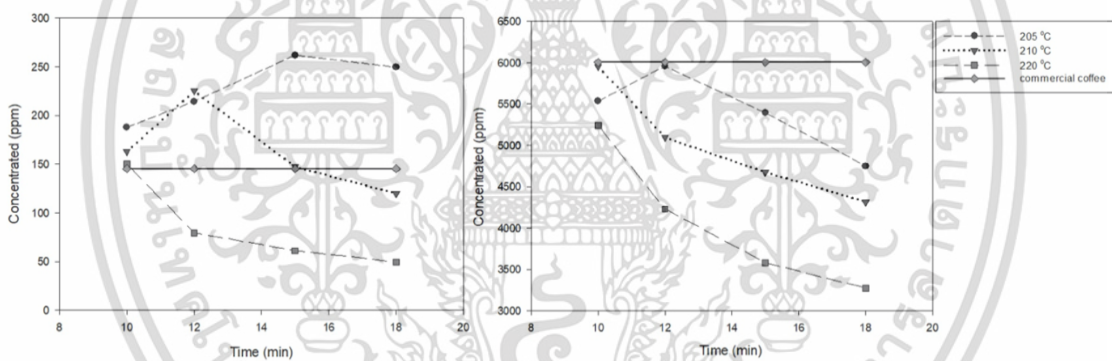
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีนของกาแฟตัวอย่างกับกาแฟมาตรฐาน พบว่าที่อุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เวลา 12 นาที มีปริมาณกรดคลอโรจีนิก 5955.59 ppm และที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลา 10 นาที มีปริมาณคาเฟอีนเท่ากับ 5952.48 ppm มีปริมาณคาเฟอีนใกล้เคียงกับกาแฟมาตรฐาน ดังแสดงในภาพที่ 4.6

จากการเปรียบเทียบสี ค่า pH ปริมาณกรดอินทรีย์ ปริมาณกรดคลอโรจีนิก และปริมาณคาเฟอีน การคั่วที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีความใกล้เคียงกับกาแฟมาตรฐานมากที่สุด



ภาพที่ 4.5 แผนภูมิค่า pH (ซ้าย) และปริมาณกรดอินทรีย์ (ขวา) ของกาแฟตัวอย่างเทียบกับกาแฟมาตรฐาน



ภาพที่ 4.6 กราฟปริมาณกรดคลอโรจีนิก (ซ้าย) และปริมาณคาเฟอีน (ขวา) ของกาแฟตัวอย่างเทียบกับกาแฟมาตรฐาน

#### 4.4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยกาแฟ 3 ชนิด คือ กาแฟจากการทดลองที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที (รหัสตัวอย่าง 159) กาแฟเกรดพรีเมียม (รหัสตัวอย่าง 961) และกาแฟตามท้องตลาด (รหัสตัวอย่าง 101) มาทำการทดสอบความชอบ จะเห็นได้ว่ากาแฟจากการทดลองได้รับความชอบทางลักษณะปรากฏ กลิ่น และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับกาแฟเกรดพรีเมียม รสขมมีความชอบน้อยที่สุด และได้รับความชอบทางด้านรสเปรี้ยวมากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ภาพที่ 4.7

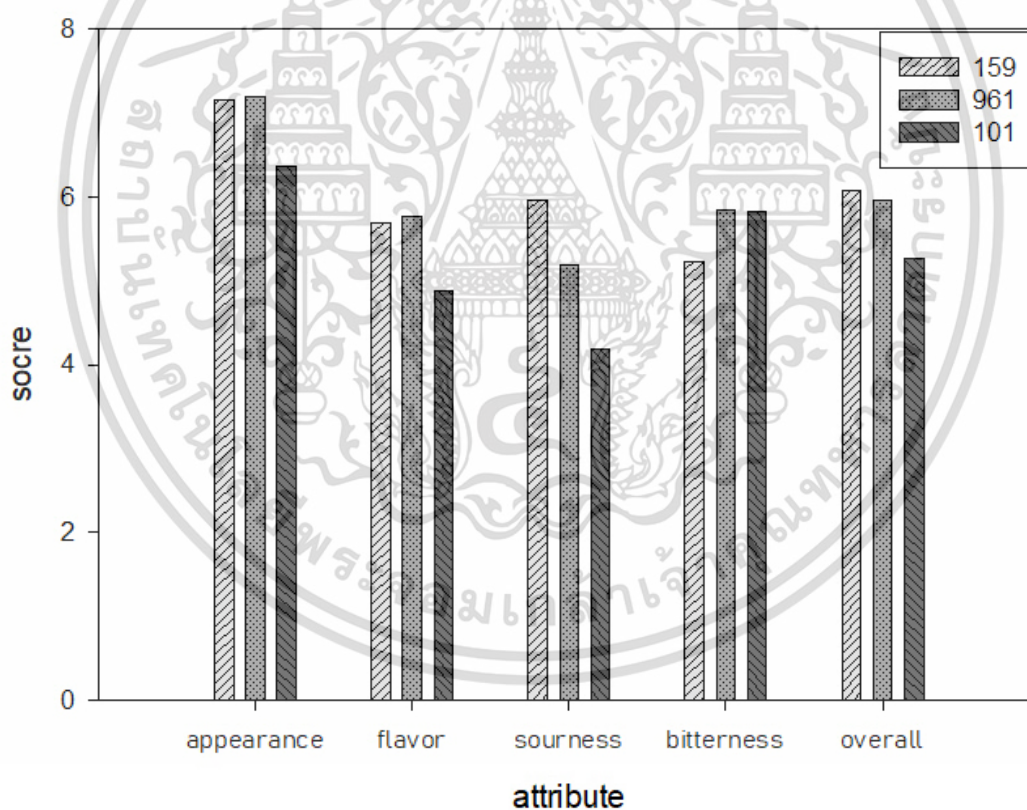
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
	159	961	101
ลักษณะปรากฏ	7.15±1.04 <sup>a</sup>	7.19±1.16 <sup>a</sup>	6.35±1.38 <sup>b</sup>
กลิ่น	5.69±1.82 <sup>ns</sup>	5.77±1.70 <sup>ns</sup>	4.88±1.58 <sup>ns</sup>
ความเปรี้ยว	5.23±2.17 <sup>a</sup>	5.85±1.54 <sup>ab</sup>	5.81±1.79 <sup>b</sup>
ความขม	5.96±1.73 <sup>ns</sup>	5.19±1.60 <sup>ns</sup>	4.18±1.74 <sup>ns</sup>
ความชอบโดยรวม	6.08±1.62 <sup>ns</sup>	5.96±1.21 <sup>ns</sup>	5.27±1.31 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวนอนตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

: ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ )



ภาพที่ 4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบทางประสาธสัมพันธ์ด้วยระบบ SPSS ความชอบทางลักษณะปรากฏของกาแฟตามท้องตลาดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ความชอบทางกลิ่น ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันทั้ง 3 ตัวอย่าง ความชอบทางความขมของกาแฟจากการทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับกาแฟตามท้องตลาด กาแฟเกรดพรีเมียมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญกับทั้ง 2 ตัวอย่าง

จากการศึกษาพบว่า การคั่วส่งผลต่อสีของเมล็ดกาแฟให้มีความเข้มขึ้น ยิ่งอุณหภูมิและเวลาเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณกรดอินทรีย์ลดลงเปลี่ยนเป็นกรดชนิดอื่น เช่น กรดคลอโรจีนิก และกรดคาเฟอิก ที่ส่งผลต่อปริมาณคาเฟอีนให้เพิ่มขึ้นด้วย เมื่อกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนเพิ่มขึ้นถึงจุดยุติ ปริมาณกรดคลอโรจีนิกและคาเฟอีนจะลดลงจากการระเหยไป กาแฟสกัดเย็นจึงเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับบุคคลที่ต้องการกาแฟที่มีรสเปรี้ยว นำและขมตาม รวมถึงทำให้มีความตื่นตัว แก้ง่วงในการทำงาน จากการที่มีกรดคลอโรจีนิกและปริมาณคาเฟอีนที่เข้มข้นมากกว่า การสกัดแบบธรรมดา เนื่องจากการสกัดเย็นที่ใช้น้ำอุณหภูมิต่ำในการสกัดทำให้น้ำเย็นผ่านเมล็ดกาแฟเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้ปริมาณโปรตีนและไขมันจากเมล็ดกาแฟสกัดออกมาได้น้อยกว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการคั่วเมล็ดกาแฟให้ได้ระดับของการคั่วในระดับที่เหมาะสมของกาแฟสกัดเย็น โดยวิธีการคั่วเมล็ดกาแฟดิบที่อุณหภูมิ 205 – 220 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 - 18 นาที พบว่าการให้ความร้อนของกระบวนการคั่วเมล็ดกาแฟมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟ เมื่อคั่วที่อุณหภูมิและเวลาที่มากขึ้นทำให้สีของเมล็ดกาแฟมีความเข้มขึ้น ค่าความเป็นกรดและปริมาณกรดอินทรีย์น้อยลงตามลำดับ ปริมาณกรดคลอโรจีนิก และคาเฟอีนเพิ่มขึ้นและจะลดลงเมื่อถึงจุดยุติของการเกิดปฏิกิริยา โดยกรดคลอโรจีนิกจะเกิดการสลายตัวเมื่อโดนความร้อนจากการคั่วเมล็ดกาแฟ เนื่องจากกรดคลอโรจีนิกจะรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และโปรตีนในเมล็ดกาแฟในระหว่างการคั่ว ให้เป็นสารเมลานอยดินส์ ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้มตามอุณหภูมิและระยะเวลาของการคั่วเมล็ดกาแฟ ทำให้เกิดเป็นสีและกลิ่นที่เป็นเอกลักษณ์ของกาแฟ

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างกาแฟจากการทดลองกับกาแฟเกรดพรีเมียม พบว่า กาแฟคั่วที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที จะมีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 5.39 ปริมาณกรดอินทรีย์ร้อยละ 2.13 ปริมาณกรดคลอโรจีนิกเท่ากับ 162.80 ppm และปริมาณคาเฟอีนเท่ากับ 5952.48 ppm มีค่าใกล้เคียงกับกาแฟเกรดพรีเมียม ซึ่งค่าความเข้มของสีเมล็ดกาแฟไม่ส่งผลต่อปริมาณองค์ประกอบทางเคมีเนื่องจากเมล็ดกาแฟต่างชนิดกัน

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กาแฟจากการทดลองมีความชอบทางลักษณะปรากฏ กลิ่น และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับกาแฟเกรดพรีเมียม แต่ระดับความเปรี้ยวของกาแฟจากการทดลองได้รับความชอบมากกว่ากาแฟเกรดพรีเมียม ถึงอย่างไรก็ตามก็ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าที่ระดับการคั่วไหนเหมาะสมที่สุด เนื่องจากความชอบของแต่ละบุคคลนั้นแตกต่างกันออกไปและผู้ทดสอบแต่ละบุคคลไม่ได้ผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัส

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การให้ความร้อนในระหว่างขั้นตอนการคั่วเมล็ดกาแฟ ต้องควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ และมีการให้ความร้อนแก่เมล็ดกาแฟอย่างทั่วถึง

5.2.2 หลังการสกัดแยกคาเฟอีนและคลอโรจีนิก ให้ใช้ขวดสีชาในการเก็บสารละลายและเมื่อสกัดออกมาควรปิดฝาเลย เนื่องจากไดคลอโรมีเทนเป็นสารละลาย

5.2.3 ควรศึกษาสารประกอบสำคัญทางเคมีของกาแฟเพื่อนำไปต่อยอดในการพัฒนาใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

5.2.4 การทำการทดสอบทางประสาทสัมผัส ควรคัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความรู้ในการทำแบบทดสอบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- จิรสวัสดิ์ ภูวิกรมณ. 2546. “ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นและรสของกาแฟผสมแบบไทย”.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เจ้าของร้าน.2020 หลักการการวัดสี(Color Measuring). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.aballtech.com/article/18/หลักการการวัดสี-color-measuring>. 23 มีนาคม 2563.
- เจ้าของร้าน. 2019. การการวัดสี(Color Measurment). [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:<https://www.ptallinstrument.com/article/5/การวัดสี-color-measurement>. 23 มีนาคม 2563
- ชูชุกิคอฟฟี่. 2557. กาแฟอราบิก้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:<http://suzuki-coffee.com/ทำความรู้จักกับ-arabica-robusta>. 15 เมษายน 2563.
- ต้นกาแฟ. 2553. ประวัติกาแฟโรบัสต้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://03609nongnuch.wordpress.com/2015/09/11/ประวัติกาแฟโรบัสต้า>. 22 มีนาคม 2563
- ธงชัย สุวรรณสิขณณ์. 2550. เทคนิคการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการวิเคราะห์หน่วยวิจัยทางประสาทสัมผัสและผู้บริโภคแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ไทยเกษตรศาสตร์. 2556 กาแฟโรบัสต้า. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.thaikasetsart.com/กาแฟโรบัสต้าrobusta-coffee/>. 22 มีนาคม 2563
- เพ็ญขวัญ ชมปรีดา และคณะ. 2536. การทดสอบทางประสาทสัมผัส. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://www.researchsystem.siam.edu/images/cop/Application\\_of\\_sensury\\_evaluation\\_for\\_quality\\_control\\_of\\_coconut\\_water\\_products/06\\_ch2.pdf](http://www.researchsystem.siam.edu/images/cop/Application_of_sensury_evaluation_for_quality_control_of_coconut_water_products/06_ch2.pdf)
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินทางประสาทสัมผัส. ภาควิชาเทคโนโลยีการพัฒนาลิขสิทธิ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- สุกัญญา อภิภัทรกุล. 2559. การเปรียบเทียบปริมาณคาเฟอีน สารประกอบฟีนอลิก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระที่มีในผงกาแฟบดและกากกาแฟ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา .นครราชสีมา
- Alice C. P. 2019. กาแฟ.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <https://scienceandfooducla.wordpress.com/author .wordpressom/author/chalice101>. 15 เมษายน 2562
- Alpdogan, G., Karbina, K., & Sungur, S. (2002). Derivative spectrophotometer determination of caffeine in some beverages. Turkish Journal of Chemistry, 26, 295–302.
- Balay A. and Gholap AV. 2009. Characterization and determination of chlorogenic acids(CGA) in coffee beans by UV-Vis spectroscopy. AJPAC. 3(11): 234-240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Balay A., Ture K., Bedi M. and Asfaw A. 2008. Measurement of caffeine in coffee beans with UVVIS spectrometer. *Food Chem.* 108(1): 310-315
- Campa C, Doubeau S, Dussert S, Hamon S, Noirot M (2005). Qualitative relation between caffeine and chlorogenic acids contents among wild coffee species. *Food Chem.* 93.
- Coca, M., Garxia, M.T., Gonzalez, G., Pena, M., and Garcia, J.A. 2004 Study of colored Components formed in sugar beet processing. *Food chemistry.* 86: 421-433
- Coffee story.[ออนไลน์].2558. เข้าถึงได้จาก : <https://baiauang.wordpress.com/about>. 24 มีนาคม 2563
- Dominique, V. and S. Chollet. 2009. How to Use Sensory Evaluation to Develop New Product. Kasetsart University Sensory and Consumer Research Unit (KUSCR) Department of product Development Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University.
- Doug Thompson.2560. How to use color space to talk about color . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.fsw.cc/color-spaces/>. 3 มกราคม 2563.
- Dušek B, Hajšlová J, Kocourek V (2002) Determination of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons and their precursors in biotic matrices. *J Chromatogr A* 982:127-143
- Fadai NT, Melrose J, Please CP, Schulman A, Van Gorder RA. 2017. A heat and mass transfer study of coffee bean roasting. *Int. J. Heat Mass Trans.* 104.
- Fuller, M., & Rao, N. 2017. The Effect of Time, Roasting Temperature, and Grind Size on Caffeine and Chlorogenic Acid Concentrations in Cold Brew Coffee. *Scientific Reports*, 7.
- Fujioka K, Shibamoto T (2008). Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. *Food Chem.* 106: 217-221
- gaotopai. 2558. กาแฟขี้ชะมด ขายกาแฟขี้ชะมด sell kopi coffee “รู้จักกาแฟขี้ชะมด”. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: [http://gaotopai.blogspot.com/p/blog-page\\_22.html](http://gaotopai.blogspot.com/p/blog-page_22.html). 20 มีนาคม 2563.
- Gloss AN, Vietri A, Wieland F, Smrke S, Schonbacher B, Lopez AS, Petrozzi S, Bongers S, Koziorowski T, Yeretian C. 2014. Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: on-line analysis with PTR- ToF- MS. *Int. J. Mass Spectrom*, 365-366.
- Herawati, D., Giriwono, P., Dewi, F., Kashiwagi, T., & Andarwulan, N. 2018. Critical roasting level determines bioactive content and antioxidant activity of Robusta coffee beans. *Food Science and Biotechnology*, 28
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D. & Komes, D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chem.* 129, 991–1000 (2011).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ignat, I., Volf, I. and Popa, V. I. 2011. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*,126
- Kato T, Harashima T, Moriya N, Kikugawa K, Hiramoto K. 1996. Formation of the mutagenic/carcinogenic imidazoquinoxaline- type heterocyclic amines through the unstable free radical Maillard intermediates and its inhibition by phenolic antioxidants. *Carcinogenesis* 17:2469-2476
- Ko J., Das G., Kim J., Shin H. 2018. Study on formation of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons from different roasting condition in coffee. *J Food Sci Technol*
- Kirkpatrick, Steven Jacob. 2003. Novel roasted coffee with a balanced flavor and a process for making it. United States Patent Application.
- L COFFEE TRADING CO., LTD. 2019. การคั่วกาแฟ. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.nicoffee.com21/index.php?tpid=0281>. 20 เมษายน 2563
- Liang N, Xue W, Kennepohl P, Kitts DD. 2016. Interactions between major chlorogenic acid isomers and chemical changes in coffee brew that affect antioxidant activities. *Food Chem.* 213
- Luciane C.M., Hilary C.M., Aparecida A.P. 2000. Optimization of the roasting of robusta coffee ( *C. canephora* ) using acceptability test and RSM. *Food Quality and Preference.* 12:153-162
- Mamie N. 2561. กรดอินทรีย์. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://119.46.166.126/self\\_all/selfaccess12/m6/703/more/61.php](http://119.46.166.126/self_all/selfaccess12/m6/703/more/61.php) 21 มีนาคม 2563
- Megan F. and Niny Z. R. 2017. The Effect of Time, Roasting, Temperature, and Grind Size on Caffeine and Chlorogenic Acid Concentrations in Cold Brew Coffee. *Scientific Report.*
- Michael. 2020. CIELAB. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://www.hunterlab.com/appontes/an08\\_96a](http://www.hunterlab.com/appontes/an08_96a) 20 มีนาคม 2563.
- Moroney, K. M. Modelling of coffee extraction during brewing using multiscale methods: An experimentally validated model. *Chem. Eng. Sci.* 137
- Murray, R. What is cold brew coffee and why is everyone – including Starbucks – into it? . 2015.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก:<http://www.today.com/food/what-cold-brew-coffee-why-everyone-including-starbucks-it-t9481>. 20 มีนาคม 2563.
- Murray, R. Website. What is cold brew coffee and why is everyone – including Starbucks – into it?. 2015. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.today.com/food/what-cold-brew-coffee-why-everyone-including-starbucks-it-t9481>. 10 มีนาคม 2563.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Openrice. 2017. กาแฟสกัดเย็นคืออะไร? ทำไมต้องcold brew. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:<https://th.openrice.com/th/bangkok/article/กาแฟสกัดเย็นคืออะไร-ทำไมต้อง-cold-brew-a6913>
- Res\_che. 2553. การวัดสีและความเข้มข้น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก[https://research.psu.ac.th/flies\\_res\\_che2553/resche\\_files/402\\_appendix.pdf](https://research.psu.ac.th/flies_res_che2553/resche_files/402_appendix.pdf)
- Sleep. 2019. คาเฟอีนคืออะไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.theobservingmind.co/how-caffeine-works/>. 25 มีนาคม 2563
- Siegmund B, Weiss R, Pfannhauser W (2003) Sensitive method for the determination of nitrated polycyclic aromatic hydrocarbons in the human diet. *Anal Bioanal Chem* 375:175-181
- Sirichai. 2560. กาแฟสกัดเย็น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<https://beanshere.com/posts/cold-brew/>. 21 มีนาคม 2563.
- Sivetz, M. and Foote, H.E, 1963. *Coffee Processing Technology*. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee The AVI Publishing Company, London. 598 p.
- Sunarharum W, Williams D, Smyth H. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*. March 2014; 62: 315-325.
- Starbucks. 2017. How to: Three Ways to Cold Brew Coffee. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [https://www.youtube.com/watch?v=An6LvWQuj\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=An6LvWQuj_8). 20 มีนาคม 2563.
- Trugo, L. C. & Macrae, R. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chem.*15, 219–227 (1984).
- Van der Werf R, Marcic C, Khalil A, Sigrist S, Marchioni E. 2014. ABTS radical scavenging capacity in green and roasted coffee extracts. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 58.
- Vignoli JA, Viegas MC, Bassoli DG, Benassi MdT. 2014. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of Arabica and Robusta coffees. *Food Res. Int.* 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก**  
**ข้อมูลการทดลอง**

**ตารางที่ ก.1** การวัดค่าสีตัวอย่างกาแฟในระบบ CIELAB

Temperature(°C)	Time (min)	Color		
		L*	a*	b*
Commercial coffee	0	31.50	6.60	5.49
205	10	30.49 ± 0.35 <sup>a</sup>	5.92 ± 0.11 <sup>a</sup>	3.72 ± 0.32 <sup>ns</sup>
	12	29.72 ± 1.22 <sup>ns</sup>	5.46 ± 0.86 <sup>ns</sup>	2.50 ± 1.41 <sup>ns</sup>
	15	29.29 ± 0.67 <sup>a</sup>	5.10 ± 0.66 <sup>ns</sup>	1.77 ± 1.05 <sup>ns</sup>
	18	27.21 ± 0.45 <sup>a</sup>	4.04 ± 0.86 <sup>ns</sup>	-0.25 ± 0.04 <sup>ns</sup>
210	10	27.67 ± 1.27 <sup>b</sup>	4.10 ± 0.04 <sup>ab</sup>	0.68 ± 0.36 <sup>ns</sup>
	12	26.50 ± 1.13 <sup>ns</sup>	3.10 ± 0.02 <sup>ns</sup>	-0.73 ± 0.50 <sup>ns</sup>
	15	26.43 ± 0.35 <sup>b</sup>	2.99 ± 0.55 <sup>ns</sup>	-0.99 ± 1.12 <sup>ns</sup>
	18	25.68 ± 0.04 <sup>b</sup>	2.48 ± 0.43 <sup>ns</sup>	-1.56 ± 1.12 <sup>ns</sup>
220	10	27.16 ± 1.67 <sup>b</sup>	2.53 ± 0.48 <sup>b</sup>	-1.72 ± 0.68 <sup>ns</sup>
	12	26.94 ± 0.37 <sup>a</sup>	2.21 ± 0.17 <sup>ns</sup>	-1.95 ± 0.15 <sup>ns</sup>
	15	26.62 ± 0.01 <sup>b</sup>	2.20 ± 0.11 <sup>ns</sup>	-2.03 ± 0.10 <sup>ns</sup>
	18	26.53 ± 0.32 <sup>ns</sup>	2.33 ± 0.24 <sup>ns</sup>	-1.92 ± 0.23 <sup>ns</sup>

หมายเหตุ : เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

: ns หมายถึงค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

ตารางที่ ก.2 ค่าความแตกต่างของสี

Temperature(°C)	Time (min)	Color			
		$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Commercial Coffee	-	31.50	6.60	5.49	0
205	10	1.01	0.58	1.77	3.25
	12	1.78	1.04	2.99	3.78
	15	2.21	1.40	3.72	5.19
	18	4.29	2.46	5.74	7.66
210	10	3.83	2.40	4.81	6.82
	12	5.00	3.40	6.22	8.75
	15	7.50	3.51	6.48	9.01
	18	5.82	4.02	7.05	10.04
220	10	2.55	1.83	3.38	9.22
	12	1.83	1.17	2.77	6.95
	15	3.46	2.29	4.78	8.50
	18	5.05	2.91	6.30	8.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ผลการทดลองการวัดปริมาณกรดอินทรีย์โดยรวม

Temperature (°C)	Time (min)	ปริมาณ 0.1 N NaOH (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดอินทรีย์ (%)	
Commercial coffee	0	1.00	2.24	
	205	10	1.60	3.58
		12	1.20	2.69
		15	0.90	2.02
		18	0.50	1.12
210	10	0.95	2.13	
	12	0.65	1.46	
	15	0.40	0.90	
	18	0.25	0.96	
220	10	0.95	2.13	
	12	0.80	1.79	
	15	0.60	1.34	
	18	0.50	1.12	

โดยคำนวณปริมาณกรดอินทรีย์รวมในสารละลายกาแฟ (Acidity) หาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\%TA = \frac{V \times N \times \text{Eqv. Wt of citric acid}}{\text{Vol. of sample} \times 1000} \times 100\%$$

โดยที่ %TA = เปอร์เซ็นต์กรดโดยรวม

vol. of titrate = ปริมาณสารละลายไตเตรท

N of titrate = ความเข้มข้นของสารละลายไตเตรท

Eqv.Wt of citric acid = น้ำหนักสมมูลของกรดซิตริก

Vol. of sample = ปริมาณตัวอย่างที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างการคำนวณปริมาณกรดอินทรีย์รวมในสารละลายกาแฟ (Acidity)

ทำการไตเตรทตัวอย่างสารละลายกาแฟที่คั่วด้วยอุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณ 10 มิลลิลิตรและเติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร โดยมี 1% phenolphthalein โดยไทเทตร 0.1NaOH ปริมาณ 1.60 มิลลิลิตร (equivalent weight = 64)

$$\%TA = \frac{1.60 \times 0.1NaOH \times 64}{35 \times 1000} \times 100\%$$

$$\%TA = 3.58$$

ดังนั้น ตัวอย่างสารละลายกาแฟ ที่คั่วด้วยอุณหภูมิ 205 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณกรดอินทรีย์โดยรวม 3.58%

ตารางที่ ก.4 การวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (ตัดแปรงจาก Mazzafera, 1999)

Temperature (°C)	Time (min)	ปริมาณความเป็นกรด (pH)
Commercial coffee	0	5.38
	10	4.92
	12	5.08
	15	5.39
	18	5.58
205	10	5.39
	12	5.58
	15	5.92
	18	6.09
210	10	5.91
	12	6.35
	15	6.51
	18	6.65
220	10	5.91
	12	6.35
	15	6.51
	18	6.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 ผลการทดลองการสกัดกรดคลอโรจีนิก

Tempurature (°C)	Time (min)	ปริมาณกรดคลอโรจีนิก (ppm)
Commercial coffee	0	145.14
	10	188.00
	12	214.38
	15	262.00
	18	249.50
205	10	162.80
	12	225.10
	15	147.32
	18	119.74
210	10	150.10
	12	79.56
	15	61.11
	18	49.50
220	10	150.10
	12	79.56
	15	61.11
	18	49.50

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองการสกัดคาเฟอีน

Tempurature (°C)	Time (min)	ปริมาณคาเฟอีน (ppm)
Commercial coffee	0	6005.28
	10	5536.34
	12	5955.59
	15	5393.48
	18	4750.62
205	10	5952.48
	12	5095.34
	15	4676.09
	18	4315.84
210	10	5238.20
	12	4230.43
	15	3581.37
	18	3272.36
220	10	5238.20
	12	4230.43
	15	3581.37
	18	3272.36

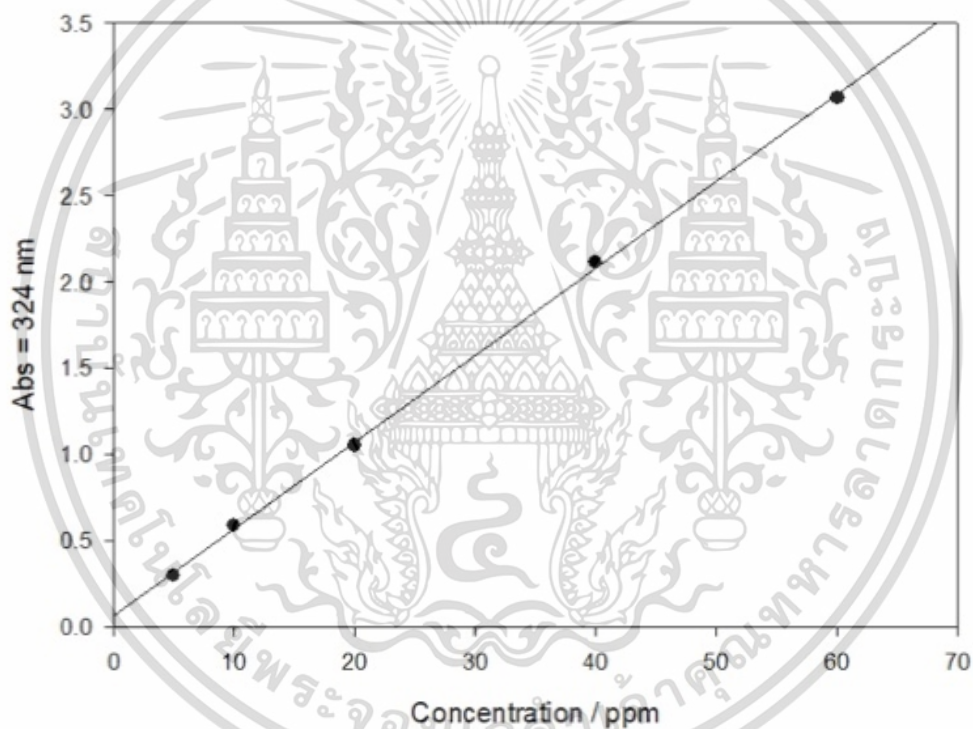
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### ตัวอย่างและวิธีการคำนวณ

#### ข.1 การคำนวณปริมาณคาเฟอีน

เตรียมสารละลายมาตรฐานคาเฟอีนในไดคลอโรมีเทน ใส่ขวดวัดปริมาตรให้มีความเข้มข้น 5, 10, 20, 40 และ 60 ppm ตามลำดับ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่  $\lambda_{\max} = 324$  นาโนเมตร (สุกัญญา, 2559) แล้วเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้น ของคาเฟอีนในสารละลาย (ppm) เป็นกราฟมาตรฐานด้วย program sigmaplot 12.0 ซึ่ง  $R^2 = 0.9996$  และ  $y = 0.0322x + 0.0873$  และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองการสกัดมาคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของคาเฟอีน

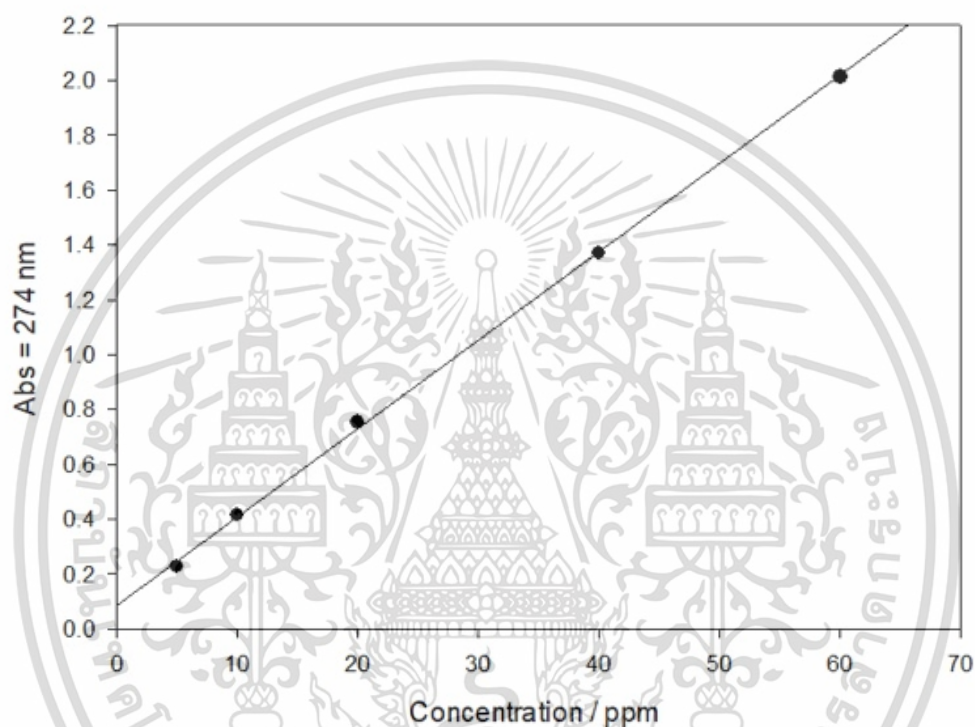


ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานคาเฟอีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 การคำนวณปริมาณกรดคลอโรจีนิก

เตรียมสารละลายมาตรฐานChologenic acid ในน้ำกลั่น ใส่ขวดวัดปริมาตรให้ความเข้มข้น 5, 10, 20, 40 และ 60 ppm ตามลำดับ และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่  $\lambda_{\max} = 274$  นาโนเมตร (สุกัญญา, 2559) แล้วเขียนกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสง กับความเข้มข้น ของกรดคลอโรจีนิกในสารละลาย(ppm) เป็นกราฟมาตรฐานด้วย program sigmaplot 12.0  $R^2 = 0.9995$  และ  $y = 0.0504x + 0.0645$  และนำค่าดูดกลืนแสงที่ได้จากการทดลองมาคำนวณเพื่อหาความเข้มข้นของกรดคลอโรจีนิก



ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดคลอโรจีนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข.3 แบบฟอร์มการทดสอบทางประสาทสัมผัส

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Hedonic scale 9 point

ผู้ทดสอบ.....

วันที่.....

ผลิตภัณฑ์ กาแฟสกัดเย็น

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างแต่ละรหัสแล้วให้คะแนนตามลักษณะต่างๆ ที่กำหนดให้ แล้วให้คะแนนความชอบตรงตามความรู้สึก โดยให้คะแนนระดับความชอบ ดังนี้

ระดับความชอบ	ระดับคะแนน	ระดับความชอบ	ระดับคะแนน
ชอบมากที่สุด	9	ไม่ชอบเล็กน้อย	4
ชอบมาก	8	ไม่ชอบปานกลาง	3
ชอบปานกลาง	7	ไม่ชอบมาก	2
ชอบเล็กน้อย	6	ไม่ชอบมากที่สุด	1
เฉยๆ	5		

คุณลักษณะ	รหัสตัวอย่าง		
ลักษณะปรากฏ			
กลิ่น			
ความเปรี้ยว			
ความขม			
ความชอบโดยรวม			

ความคิดเห็น.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ปรีวัณณ์ เกียรติกอร์ปกิจ
วัน เดือน ปี เกิด	25 กันยายน 2540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ. 2559 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงานบริษัท อิชิตัน กรุ๊ป จำกัด (มหาชน)
ผลงานวิจัย	-
รางวัลที่เคยได้รับ	-
ชื่อ-นามสกุล	พุดพิงศ์ คนโทฉิมพาลี
วัน เดือน ปี เกิด	15 สิงหาคม 2540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า พ.ศ. 2558 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า พ.ศ. 2559 เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงานบริษัท สยามแมคโคร จำกัด (มหาชน)
ผลงานวิจัย	-
รางวัลที่เคยได้รับ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้