



การพัฒนาเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Development of a Coffee Bean Roast Machine by Microcontroller

นายไชยเชษฐ์ กริบาง

นายพีระพงษ์ วงดารา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2564

การพัฒนาเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์  
Development of a Coffee Bean Roast Machine by Microcontroller

นายไชยเชษฐ์ กรีบาง

นายพีระพงษ์ วงตารา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2564

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

*Uk.S.*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาวิทย์ นาคทรัพย์)

ประธานกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

*abml/w.*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ นาราชฎร์)

กรรมการ

*Minai*

(ดร.วินัย สีลาธรรม)

กรรมการ

*abml/w.*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ นาราชฎร์)

หัวหน้าภาควิศวกรรมไฟฟ้า

*abml/w.*

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ นาราชฎร์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องควมเส็ดกาแพโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
หน่วยกิต	5 หน่วยกิต
จัดทำโดย	นาย ไชยเชษฐ์ กรีบาง 6103200005 นาย พีระพงษ์ วงดารา 6103200012
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาวัลย์ นาคทรัพย์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พุทธศักราช	2564

### บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการพัฒนาเครื่องควมเส็ดกาแพโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นการออกแบบโดยการนำเอาเครื่องเตาอบไฟฟ้ามาดัดแปลงให้เป็นเครื่องควมเส็ดกาแพแบบอัตโนมัติ โดยตัวเครื่องควมมีขนาดเท่ากับ (กว้างxยาวxสูง) 51.5x31.8x36.8 เซนติเมตร ข้างในตู้เตาอบไฟฟ้าประกอบด้วย ที่ใส่ตะแกรงเตนเลสเตาอบเม็ล็ดกาแพเพื่อควมเส็ดกาแพ ขนาดเท่ากับ 22 x 11.7 เซนติเมตร มีเครื่องวัดอุณหภูมิแบบเข็มไว้ตรวจสอบอุณหภูมิโดยใส่ไว้ข้างในเครื่องเตาอบไฟฟ้าขณะทำการควม มีพัดลมภายในตัวเครื่องเพื่อทำการกระจายความร้อนให้ทั่วถึง และมีหลอดไฟแอลอีดีเพื่อให้มองเห็นสีของเม็ล็ดกาแพได้ง่ายขึ้น ส่วนการให้ความร้อนภายในเครื่องมีลวดทำความร้อน 6 เส้น ด้านบนและล่างด้านละ 3 เส้น เมื่อเครื่องทำงานตะแกรงเตนเลสหมุนรอบเป็นวงกลม ซึ่งมอเตอร์มีขนาดความเร็วรอบ 10 รอบ/นาที จากผลการทดสอบพบว่า สามารถควมเส็ดกาแพได้ตามความต้องการ นั่นคือ ควมอ่อน ควมกลาง และควมเข้ม โดยใช้เม็ล็ดกาแพปริมาณ 250 กรัม ที่เวลา 20.30, 26.30, 30.30 นาที ตามลำดับ ที่อุณหภูมิสูงสุด 230 องศาเซลเซียส

คำสำคัญ: เครื่องควมเส็ดกาแพ /ไมโครคอนโทรลเลอร์/เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเข็ม

อาจารย์ที่ปรึกษา

Uli Sa

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาวัลย์ นาคทรัพย์ )

6 / 7 / 2564


Project Title	Development of a Coffee Bean Roast Machine by Microcontroller	
Project Credit	5 Units	
By	Mr. Chaiyachet Kreebang	6103200007
	Mr. Prerapong Wongdara	6103200012
Project Advisor Asst	Asst. Prof. Wipavan Narksarp	
Degree	Bachelor of Engineering	
Major	Electrical Engineering	
Faculty of	Engineering	
Year	2021	

#### Abstract

This project presented the development of a coffee bean roast machine by microcontroller. It was designed by taking an electric oven which was converted into an automatic coffee roaster. The roaster was the same size as (width x length x height) 51.5x31.8x36.8 cm inside the electric oven cabinet and consisted of stainless-steel wire racks for roasting coffee beans. The size was equal to (22cm X 11.7cm), and there was an analog temperature sensor to check the temperature values inside the electric oven while roasting. There was also a fan inside the unit to distribute heat throughout, and an LED lamp to clearly see the color of the beans. It was composed of 6 heating wires on top and bottom, equal to 3 wires. The synchronous motor had a speed of 10 rev/min. The test results found that coffee can be roasted according to the requirements, light, medium and dark roasts, using 250 grams of coffee beans at 20.30, 26.30, 30.30 minutes, respectively, at a temperature of 230 degrees Celsius.

**Keywords:** Coffee Bean Roast Machine/ Microcontroller/Analog Temperate Sensor

Approved by



กิตติกรรมประกาศ  
(Acknowledgement)

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ทางคณะผู้จัดทำโครงการนี้ต้องขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอบคุณเพื่อน ๆ นักศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกคน ที่เป็นกำลังใจในการทำโครงการนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจและทุนทรัพย์ในการเรียน



คณะผู้จัดทำ

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ	1
1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 ประวัติความเป็นมาของกาแฟในโลก	3
2.2 ความแตกต่างกัน ของระดับการคั่วกาแฟ	5
2.3 ทำความรู้จักกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่จะช่วยให้คุณเลือกดื่มกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์	6
2.4 Arduino	10
2.5 ฮีตเตอร์	12
2.6 หลอดไฟ LED	15
2.7 Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	16
2.8 Adaptor AC/DC อแดปเตอร์ 12V	23
2.9 Magnetic Contactor	24
2.10 มอเตอร์ซิงโครนัส	25
2.11 Push Button Switch	27

## สารบัญ(ต่อ)

<b>บทที่ 3 การออกแบบเครื่องคว่ำกาแฟ</b>	
3.1 แนวความคิดและการออกแบบเครื่องคว่ำกาแฟอัตโนมัติ	29
3.2 แนวคิดและหลักการทำงานของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ	29
3.3 รูปวงจรการทำงานของบอร์ด Arduino	30
3.4 การติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์	31
3.5 Flowchart การทำงานของเครื่องคว่ำกาแฟ	33
3.6 การออกแบบและดำเนินการสร้าง	34
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง</b>	
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	35
4.2 วิธีการทดลอง	35
<b>บทที่ 5 สรุปผลของโครงการ</b>	
5.1 สรุปผลของโครงการ	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	49
5.3 เหตุผลการคว่ำเมล็ดกาแฟ	49
<b>บรรณานุกรม</b>	50
<b>ภาคผนวก</b>	51
<b>ภาคผนวก ก</b>	
โปรแกรมภาษาซีของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	52
<b>ภาคผนวก ข</b>	
การนำเสนอการสอบโครงการ	53
<b>ประวัติผู้จัดทำ</b>	54

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อของ Relay Module 4 Channels	21
ตารางที่ 2.2 การต่อใช้งาน Arduino + Relay Module + Motor	23
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม	39
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม	40
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม	40
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม	41
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม	42
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม	43
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม	43
ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม	44
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม	45
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม	46
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม	46
ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม	47



## สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 ผลของเมล็ดกาแฟ	3
รูปที่ 2.2 กาแฟถูกใช้เป็นอาหารและยารักษาโรคในสมัยโบราณ	4
รูปที่ 2.3 กาแฟสำเร็จรูป	4
รูปที่ 2.4 ระดับการคั่วกาแฟ	5
รูปที่ 2.5 ทำความรู้จักกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่จะช่วยให้คุณเลือกดื่มกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์	6
รูปที่ 2.6 อราบิก้า (Arabica)	7
รูปที่ 2.7 โรบัสต้า (Robusta)	8
รูปที่ 2.8 เอ็กเซลซ่า (Excelsa)	8
รูปที่ 2.9 ลิเบอร์ริก้า (Liberica)	9
รูปที่ 2.10 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED	10
รูปที่ 2.11 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)	11
รูปที่ 2.12 บอร์ด Arduino Uno R3	12
รูปที่ 2.13 ลวดฮีตเตอร์	13
รูปที่ 2.14 ฮีตเตอร์	14
รูปที่ 2.15 หลอดไฟ LED	15
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการใช้งาน Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของรีเลย์	17
รูปที่ 2.18 SPST คือ Single Pole Single Throw      DPST คือ Double Pole Single Throw SPDT คือ Single Pole Double Throw      DPDT คือ Double Pole Double Throw	18
รูปที่ 2.19 วิธีการนำ Relay Module ไปประยุกต์ใช้งานจริง	18
รูปที่ 2.20 Relay Module 4 Channels	20
รูปที่ 2.21 ควบคุมมอเตอร์ให้หมุนได้ทั้งซ้าย-ขวา โดยไม่ต้องการคุมความเร็วรอบ	21
รูปที่ 2.22 วิธีต่อใช้งานจริง Arduino + Relay Module + DC Motor	22
รูปที่ 2.23 ตัวอย่างที่ 2 ควบคุมการปิด-เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC	23
รูปที่ 2.24 Adaptor AC/DC แอแดปเตอร์ 12V	24

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 2.25	Magnetic Contactor	25
รูปที่ 2.26	มอเตอร์ซิงโครนัส	25
รูปที่ 2.27	ซิงโครนัสมอเตอร์	27
รูปที่ 2.28	Push Button Switch	28
รูปที่ 2.29	โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด	28
รูปที่ 3.1	การทำงานของบอร์ด Arduino	30
รูปที่ 3.2	การติดตั้งตู้ไมโครคอนโทรลเลอร์	31
รูปที่ 3.3	Flowchart การทำงานเครื่องคว่ำกาแฟ	33
รูปที่ 3.4	การออกแบบเครื่องคว่ำเมล็ดกาแฟ	34
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างเมล็ดกาแฟก่อนทำการคั่วอาราบิก้า	35
รูปที่ 4.2	การสังแน้หนักปริมาณของเมล็ดกาแฟที่เราต้องการ 250 กรัม	36
รูปที่ 4.3	การเทเมล็ดกาแฟใส่ในสแตนเลสเตาอบตะกร้าเมล็ดกาแฟ	36
รูปที่ 4.4	เมล็ดกาแฟขณะทำการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศา เวลา 5 นาที	37
รูปที่ 4.5	การระบายความร้อน หลังจากคั่วเสร็จแล้ว	37
รูปที่ 4.6	ตัวอย่างของเมล็ดกาแฟที่ได้จากการคั่ว	38
รูปที่ 4.7	ลักษณะของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ	38
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วอ่อนครั้งที่ 1	39
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วอ่อนครั้งที่ 2	41
รูปที่ 4.10	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วกลางครั้งที่ 1	42
รูปที่ 4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วกลางครั้งที่ 2	44
รูปที่ 4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วเข้มครั้งที่ 1	45
รูปที่ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วเข้มครั้งที่ 2	47

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาของโครงการ

ศาสตร์การคว่ำกาแพเป็นศิลปะแขนงหนึ่งของผู้หลงใหลในกาแพควรต้องเข้าถึง นอกจากจะได้เมล็ดกาแพ (สารกาแพ) ที่มีคุณภาพดี ๆ มาแล้ว ผู้ที่มีประสบการณ์หรือฝึกอย่างชำนาญเท่านั้นจึงจะสร้างสรรค์กาแพคว่ำคุณภาพ ออกมาได้ตอบโจทย์กับตลาดกาแพ ในปัจจุบันไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าการตีหมากาแพเป็นส่วนหนึ่งของในชีวิตประจำวัน เมื่อเราได้เมล็ดกาแพดิบมา ในบางครั้งเราก็จะนำมาคว่ำด้วยวิธีการหลากหลาย เช่น การคว่ำเองโดยการใช้กระทะ หรือการคว่ำโดยใช้เครื่องอัตโนมัติซึ่งมีราคาแพงในทางอุตสาหกรรมในการผลิต คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการคว่ำเมล็ดกาแพจากกระทะ ซึ่งพบเจอปัญหาในการคว่ำ เช่น ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจากกระทะโดยตรงไม่ได้ ซึ่งมีผลกระทบจากเวลาในการคว่ำที่ไม่แน่นอน จึงได้คิดวิธีในการผลิตเครื่องคว่ำเมล็ดกาแพแบบ on-off โดยใช้โปรแกรม Arduino ในการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นในเมล็ดกาแพ เวลาในการคว่ำที่แน่นอน และเสียงการแจ้งเตือน จากการที่ได้คว่ำกาแพเอง จากที่ได้ใช้เครื่องคว่ำกาแพที่ใช้งานอยู่เป็นแบบเครื่องที่ใช้สายตาในการวัดระดับความเข้มของกาแพและต้องใช้เวลาในการตรวจจับให้ได้การคว่ำเมล็ดกาแพที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้งาน คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะทำเครื่องคว่ำกาแพที่สามารถตอบโจทย์ให้สะดวกมากขึ้น ในการควบคุมอุณหภูมิและเวลา และทำการแจ้งเตือนเมื่อเมล็ดกาแพคว่ำได้ระดับที่ต้องการ

### 1.2 วัตถุประสงค์ในการทำโครงการ

1.2.1 เพื่อทำการทดลองระดับการคว่ำของกาแพที่เหมาะสม

1.2.2 เพื่อให้สะดวกในการแยกความเข้มข้นของกาแพ

1.2.3 เพื่อคว่ำกาแพให้ได้รสชาติตามที่ต้องการ

### 1.3 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.3.1 ตรวจสอบระดับการคว่ำกาแพได้ 3 ระดับ คือ อ่อน กลางและเข้ม

1.3.2 ควบคุมอุณหภูมิและเวลาให้ได้ตามมาตรฐานของระดับความเข้มของกาแพ

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้นำความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้กับการคว่ำเมล็ดกาแพ

1.4.2 นำความรู้ที่ได้นี้ไปต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้

1.4.3 ได้ระดับของกาแพที่เราต้องการอย่างแน่ชัด

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ประวัติความเป็นมาของกาแฟในโลก (NLCOFFEE. (2561).)

กาแฟโดยแหล่งกำเนิดแล้วเป็นพืชพื้นเมืองของอาบิซินี (Abyssinia) และอาราเบีย (Arabia) ถูกค้นพบในศตวรรษที่ 6 ราวปี ค.ศ. 575 ในประเทศอาราเบีย (Arabia) และในขณะเดียวกันบางท่านก็กล่าวว่กาแฟเป็นพืชพื้นเมืองที่พบในเมืองคัฟฟา (Kaffa) ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งของประเทศเอธิโอเปีย (Ethiopia) กาแฟจึงได้ชื่อเรียกตามจังหวัดนี้ และยังได้เรียกแตกต่างกันออกไปอีกมาก แหล่งกำเนิดเดิมของกาแฟมาจากประเทศอาบิซินี หรือแถบประเทศอาราเบีย หรือประเทศอาหรับ ตะวันออกกลาง สมัยนั้นไม่มีผู้ใดให้ความสนใจเท่าใดนัก จนกระทั่งล่วงเลยมาถึงศตวรรษที่ 9 มีการเลี้ยงแพะชาวอาราเบียคนหนึ่งชื่อ คาลดี (Kaldi) นำแพะออกไปเลี้ยงตามปกติ แพะได้กินผลไม้สีแดงชนิดหนึ่งเข้าไปแล้วเกิดความคึกคะนองผิดปกติ จึงได้นำเรื่องไปเล่าให้ชาวมุสลิมท่านหนึ่งฟัง จึงได้นำผลของต้นไม้นั้นมาแกะเปลือกเอาเมล็ดไปคั่วแล้วต้มในน้ำร้อนดื่มเห็นว่ามีวามกระปรี้กระเปร่า จึงนำไปเล่าให้คนอื่นฟังต่อไป ชาวอาราเบียจึงได้เริ่มรู้จักต้นกาแฟมากขึ้น จึงทำให้กาแฟแพร่หลายเพิ่มขึ้นจากประเทศอาราเบีย เข้าสู่ประเทศอิตาลี เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน ฝรั่งเศส



รูปที่ 2.1 ผลของเมล็ดกาแฟ

ชาวอาราเบียเรียกพืชนี้ว่า “คะวฮ์” (Kawah) หรือ “คะเวฮ์” (Kaweh) ซึ่งแปลว่าพลัง (strength) หรือความกระปรี้กระเปร่า (vigor) ชาวตุรกีเรียกว่า “คะเวฮ์” (Kaveh) ต่อมาการเรียกชื่อกาแฟจึงเปลี่ยนแปลงไปตามแหล่งต่างๆของโลก เช่น คัฟฟี (Koffee) ในอังกฤษเรียกว่า “คอฟฟี่” (coffee) อันเป็นชื่อที่รู้จักและใช้ในปัจจุบันนี้ เมื่อมาถึงประเทศไทยคนไทยเรียกว่า โกปี้ ข้าวแผ่ และกาแฟในที่สุดระดับการค้าเมล็ดกาแฟ

### 2.1.1 กาแฟถูกใช้เป็นอาหารและยารักษาโรคในสมัยโบราณมาก่อน

อาหารและเป็นยารักษาโรค โดยจะนำเมล็ดกาแฟที่แห้งแล้วนำมาบด และนำไปผสมกับน้ำมัน ปั่นเป็นลูกแล้วนำมารับประทาน ดังรูปที่ 2.2 นอกจากนี้ ยังพบว่า มีการใช้เมล็ดกาแฟนำไปหมักเป็นไวน์อีกด้วย จากนั้นก็มีการนำเมล็ดกาแฟมาคั่ว และนำมาชงเป็นเครื่องดื่มแสนอร่อย และเริ่มแพร่หลายมากยิ่งขึ้น โดยในศตวรรษที่ 13 กาแฟคั่วกลายเป็นสินค้าที่สร้างผลกำไรอย่างมากมายให้กับดินแดนอาราเบีย จากนั้นเมล็ดกาแฟคั่วก็ถูกนำไปยังประเทศตุรกีในปี ค.ศ.1554 จากตุรกีก็เผยแพร่ไปที่อิตาลีในปี ค.ศ. 1615 จากอิตาลีไปยังประเทศฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1644 และหลังจากนั้นไม่นาน วัฒนธรรมการดื่มกาแฟก็แพร่กระจายไปทั่วยุโรป



รูปที่ 2.2 กาแฟถูกใช้เป็นอาหารและยารักษาโรคในสมัยโบราณ

กาแฟก็ได้ขยายและแพร่กระจายไปทั่วมุมโลก ด้วยรสชาติของกาแฟที่ชวนหลงใหล บวกด้วยสรรพคุณของกาแฟที่ช่วยคลายความเหนื่อยล้า อีกทั้งยังมีหลักฐานสนับสนุนมากมาย จึงทำให้กาแฟกลายเป็นเครื่องดื่มยอดนิยมของผู้คนทั่วโลกที่ติดใจในรสชาติอย่างไม่รู้ลืมมาโดยตลอด



รูปที่ 2.3 กาแฟสำเร็จรูป

## 2.2 ความแตกต่างกัน ของระดับการคั่วกาแฟ (Siam Roastery. (2563).)

ขั้นตอนการคั่วกาแฟ เป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก และมีผลต่อรสชาติของกาแฟโดยตรง การคั่วกาแฟ คือ การนำสารกาแฟ หรือเมล็ดกาแฟดิบมาผ่านความร้อนของเครื่องคั่วกาแฟ ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 120-250 องศาเซลเซียส ระดับของการคั่วเมล็ดกาแฟ ดังรูปที่ 2.4

ระดับการคั่ว ของเรา Coffee Roast Levels			
	ลักษณะเมล็ด	รสชาติ (จุดเด่น)	เหมาะสำหรับ
<b>คั่วอ่อน</b> <b>Light Roast</b> Cinnamon Roast		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ สนิงได้ทั้งเอกลักษณ์ของกาแฟ</li> <li>✓ แฝงกลิ่นและรสผลไม้ ชัดเจน</li> <li>✓ มีรสเปรี้ยว หวาน เต็มอิ่ม</li> <li>✓ รสกาแฟบางเบา นุ่มนวล</li> </ul>	ชงกาแฟร้อน กาแฟ
<b>คั่วกลาง</b> <b>Medium Roast</b> Full City Roast		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ยังคงเอกลักษณ์ของกาแฟบ้าง</li> <li>✓ มีรสเปรี้ยว หวาน เล็กน้อย</li> <li>✓ เริ่มมีความเข้ม หดึกแน่น</li> <li>✓ รสกาแฟหอม นุ่ม สุขุม</li> </ul>	ชงได้ทั้ง กาแฟร้อน และเย็น
<b>คั่วเข้ม</b> <b>Dark Roast</b> Vienna Roast		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ เหลือเอกลักษณ์ของกาแฟน้อย</li> <li>✓ ไม่มี รสเปรี้ยว กลางเหลือแล้ว</li> <li>✓ แทนที่ด้วยความเข้ม หดึกแน่น</li> <li>✓ รสกาแฟหอม เข้ม ชะใจ</li> </ul>	ชงได้ทั้ง กาแฟร้อน เย็น ดื่ม

ชื่อระดับการคั่วของมาตรฐานสากล: Half City, City, Full City+, Italian, French  
 Cinnamon, Full City, Vienna, French

\* ทั้งนี้ เรื่องรสชาติ ยังขึ้นอยู่กับอีกหลายปัจจัย เช่น สายพันธุ์กาแฟ แหล่งพื้นที่ปลูก และความชอบแต่ละบุคคล

รูปที่ 2.4 ระดับการคั่วกาแฟ

### 2.2.1 ระดับคั่วอ่อน (Light roast, Half city, Cinnamon roast)

2.2.1.1 ระดับการคั่วนี้เมล็ดกาแฟจะมีสีน้ำตาลอ่อนคล้ายสีของcinnamonหรืออบเชยนั่นเอง

2.2.1.2 ระดับการคั่วนี้ จะคงคุณสมบัติดั้งเดิมของกาแฟ และมีความเปรี้ยว สดชื่นและรสฝาดสูง

2.2.1.3 เหมาะกับการทำกาแฟร้อน

### 2.2.2 ระดับคั่วกลาง (Medium roast, Full city, American)

2.2.2.1 ระดับการคั่วนี้เมล็ดกาแฟจะมีสีน้ำตาลเข้มปานกลาง (เข้มกว่าคั่วอ่อน แต่ไม่ถึงขั้นเป็นสีดำ)

2.2.2.2 ระดับการคั่วกลาง จะให้รสชาติ ขมปนหวาน และมีความเปรี้ยวเล็กน้อย

2.2.2.3 เหมาะกับการทำกาแฟร้อนและเย็น (กรณีทำกาแฟร้อนจะมีความเปรี้ยวน้อยกว่าระดับคั่วอ่อน และเมื่อทำกาแฟเย็นรสชาติจะเข้มข้นไม่เท่าระดับคั่วเข้ม) ให้รสชาตินุ่มกลมกล่อม

### 2.2.3 ระดับคั่วเข้ม (Dark roast, Continental roast , Vienna roast)

2.2.3.1 ระดับการคั่วนี้เมล็ดกาแฟจะมีสีน้ำตาลเข้ม ขมปนหวานเล็กน้อย(ต้องสังเกตจริงๆ)ไม่มีความเปรี้ยวหลงเหลือ และมีกลิ่นฉุนของกาแฟปนกับกลิ่นหอมของกาแฟ

2.2.3.2 เหมาะกับการทำกาแฟเย็น ที่ต้องการรสชาติที่เข้มข้น หรือ ต้องการเนื้อสัมผัสของกาแฟมาก (body ของกาแฟ)

2.2.3.3 เหมาะกับเมนู espresso เย็นมากที่สุด เพราะเมนูอื่นอาจจะทำให้รสชาติกาแฟขมเกินไป

2.3 ทำความรู้จักกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่จะช่วยให้คุณเลือกดื่มกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์ (บริษัท กูร์เมท์ คอนเน็ค จำกัด. (2562).)



### รูปที่ 2.5 ทำความรู้จักกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่จะช่วยให้คุณเลือกดื่มกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์

ในยุคที่ “ร้านกาแฟ” เป็นเหมือน Third Place (สถานที่พักผ่อนระหว่างวัน) ของทุกคน เรเซอร์ช่นหลายคนมีร้านกาแฟเป็นที่ทำงาน นัดติววิชา นัดคุยงาน เจรจากรัก และเป็นสถานที่สตาร์ทวันใหม่ให้สดชื่นมีพลังซึ่งต้องยอมรับว่า ทุกวันนี้ร้านกาแฟในบ้านเรามีให้เลือกหลากหลายดีไซน์ แลยังมีของเล่นเก๋ๆ อย่างไซฟอนกาแฟ (Coffee Siphon) หรือกาแฟดริปให้ตื่นตาตื่นใจอีกต่างหาก นอกจากบรรยากาศในร้านกาแฟจะทำให้เราอยากฝังตัวอยู่ในร้านไปนานๆ รสชาติและความเข้มข้นของกาแฟก็มีส่วนสำคัญไม่แพ้กัน ซึ่งมาจากความแตกต่างของเมล็ดกาแฟแต่ละสายพันธุ์การคั่ว และเทคนิคของบาริสต้าการทำกาแฟ 4 สายพันธุ์จากนี้ จะช่วยให้คุณเพลิดเพลินกับกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์มากขึ้น ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.6 อราบิก้า (Arabica)

### 2.3.1 อราบิก้า (Arabica)

คนที่รักความกลมกล่อม กลิ่นหอม และรสชาตินุ่มละมุนของกาแฟ มักจะตกหลุมรักกาแฟสายพันธุ์นี้ ที่นิยมปลูกมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลกถึงร้อยละ 80 และเป็นกาแฟที่ได้รับความนิยมสูงสุดในร้านกาแฟสดทั่วโลก ดังรูปที่ 2.6 ขณะเดียวกันอราบิก้าก็ปลูกยากและต้องการการควบคุมด้านคุณภาพการปลูกมากเช่นกัน อราบิก้าให้ปริมาณคาเฟอีนไม่เข้มข้นมากอยู่ในระดับ 1.1-1.7 เปอร์เซ็นต์ ทั้งยังมีให้เลือกหลายพันธุ์ เช่น ทริปปี้ก้า เบอร์บอน บลูเมาท์เท่นมอกกา (Mokka) คาซูราโคน่า และเคนท์ซึ่งต่างก็มีกลิ่นหอมและรสชาติหวานมันแตกต่างกันตามถิ่นกำเนิด อราบิก้าเป็นกาแฟที่รักอากาศเย็นสบายราว 15-25 องศาฯ จึงเหมาะที่จะปลูกในที่ภูมิประเทศสูงกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล และแน่นอนว่าราคาของกาแฟก็แตกต่างกันตามคุณภาพของแต่ละสายพันธุ์อีกด้วย





รูปที่ 2.7 โรบัสต้า (Robusta)

### 2.3.2 โรบัสต้า (Robusta)

คอกาแฟเข้มข้นแบบลูกผู้ชายตัวจริงไม่ควรพลาดกาแฟโรบัสต้า ดังรูปที่ 2.7 เพราะมีปริมาณความเข้มข้นของคาเฟอีนถึง 2-4.5 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งบอดี้ (ความเข้มข้น) ยังให้รสชาติฝาดพริ้วกว่าอาราบิก้าด้วยความเข้มข้นกว่าเท่าตัวของโรบัสต้าจึงทำให้นิยมนำไปผลิตเป็นกาแฟสำเร็จรูป (Instant Coffee) และ 3in1 วันไหนที่คุณต้องเดินทางไกลหรืออยากให้ร่างกายตื่นตัวตลอดวัน แค่เลือกกาแฟโรบัสต้าซองดื่มเองก็พร้อมลุยทุกเส้นทาง รวมถึงการนำไปผสมกับกาแฟสายพันธุ์อื่นที่เรียกว่า “กาแฟเบลนด์” (Blend Coffee) นั่นเอง โรบัสต้าออกจะดูแลง่าย ปลูกง่าย รักอากาศร้อนชื้นแบบภาคใต้ของบ้านเรา แข็งแรง ทนทานต่อโรคต่างๆ ได้ดี ให้ผลผลิตสูง และการดูแลรักษาก็ไม่ยากด้วยนะ



รูปที่ 2.8 เอ็กเซลซ่า (Excelsa)

### 2.3.3 เอ็กเซลซ่า (Excelsa)

แม้จะมีรูปลักษณะภายนอกของเมล็ดและรสชาติใกล้เคียงกับโรบัสต้าแต่เอ็กเซลซ่ากลับไม่ได้รับความนิยมแพร่หลายเท่ากับโรบัสต้า แต่ถ้าคุณลองถามชาวแอฟริกันและบ้านเกิดของกาแฟ (กาแฟได้รับการค้นพบครั้งแรกในเยเมนและเอธิโอเปีย ส่วนเอ็กเซลซ่าเป็นที่รู้จักครั้งแรกในปี 1904) ดังรูปที่ 2.8 พวกเขาจะรักรสชาติเข้มข้นและความขมพราวของเอ็กเซลซ่าอย่างมาก ถึงขนาดที่ดื่มกาแฟสายพันธุ์นี้ได้ตลอดวันทั้งยังปลุกง่าย ดูแลง่าย ทนแล้งและทนโรคได้ดี ให้ผลผลิตสูง ส่วนเมล็ดแก่ของเอ็กเซลซ่ายังให้รสชาติกลมกล่อมและหอมมันคล้ายกับกาแฟอราบิก้าอีกด้วย



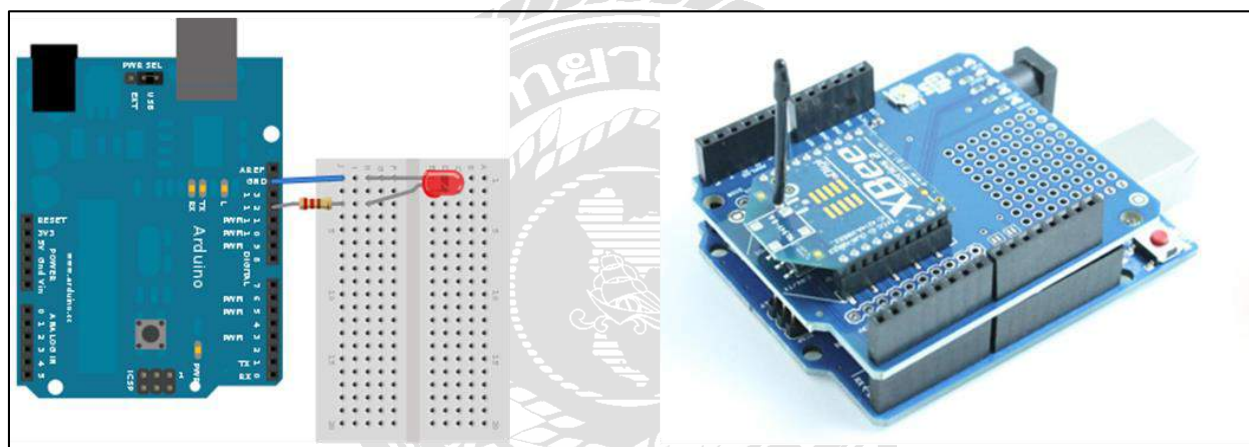
รูปที่ 2.9 ลิเบอร์ริกา (Liberica)

### 2.3.4 ลิเบอร์ริกา (Liberica)

บ้านเกิดของลิเบอร์ริกาอยู่ที่ไลบีเรียและไอวอรีโคสต์ ส่วนรสชาติก็ใกล้เคียงกับอราบิก้าแต่มีรสเปรี้ยวอมหวานของผลเบอร์รี่มากกว่า แต่มีความทนทานต่อโรคได้ดีกว่า รักอากาศร้อนชื้นและน้ำชุ่มๆ ดังรูปที่ 2.9 นอกจากนี้ชาวไอวอรีโคสต์และมาดากัสการ์ก็ยังนิยมนำไปพัฒนาสายพันธุ์กับกาแฟสายพันธุ์อื่น ส่วนบาริสต้าเองก็นิยมนำไปเบลนด์เข้ากับกาแฟอื่นๆ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นและเสริมรสให้มีเอกลักษณ์มากขึ้น แม้จะได้ชื่อว่าเป็นกาแฟที่มีคุณภาพต่ำกว่าสายพันธุ์อื่น แต่ลิเบอร์ริก้ากำลังได้รับความนิยมแพร่หลายในประเทศแถบสแกนดิเนเวีย

## 2.4 Arduino (ThaiEasyElec. (2564).)

Arduino อ่านว่า (อา-ตุ-อี-โน้ หรือ อาตุยโน้) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังรูปที่ 2.10 ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติมพัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วยความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด (หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย

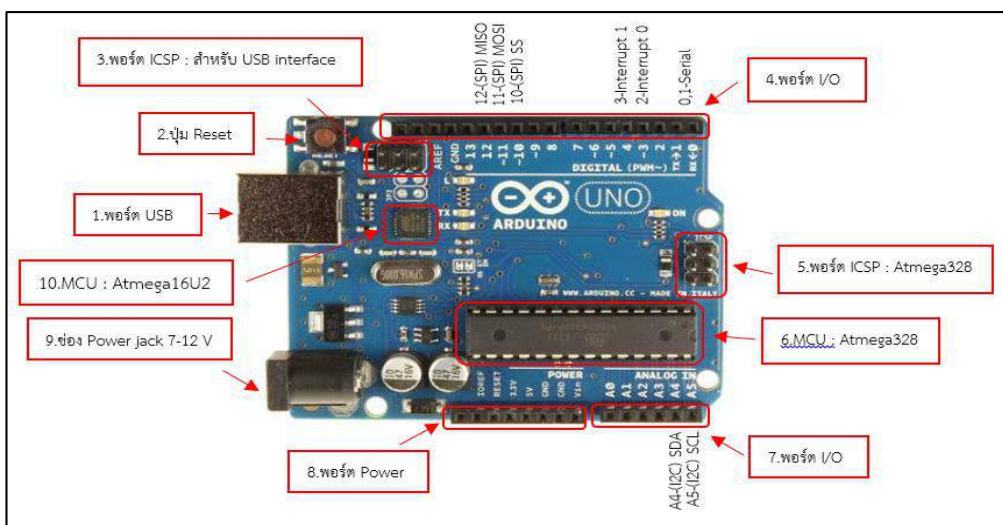


รูปที่ 2.10 บอร์ด Arduino ต่อกับ LED

### 2.4.1 จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

- 2.3.1.1 ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- 2.3.1.2 มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแกร่ง
- 2.4.1.3 Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน
- 2.4.1.4 ราคาไม่แพง
- 2.4.1.5 Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

## 2.4.2 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



รูปที่ 2.11 Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)

2.4.2.1 USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

2.4.2.2 Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่

2.4.2.4 I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM

2.4.2.5 ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader

2.4.2.6 MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

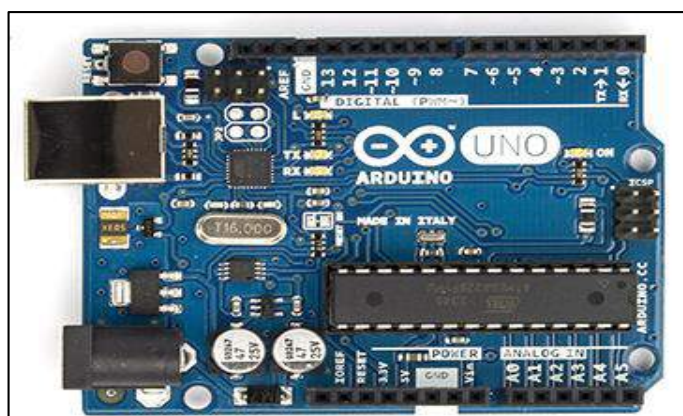
2.4.2.7 I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5

2.4.2.8 Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin

2.4.2.9 Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V

2.4.2.10 MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

### 2.4.3 Arduino Uno



รูปที่ 2.12 บอร์ด Arduino Uno R3

คำว่า Uno เป็นภาษาอิตาลี ซึ่งแปลว่าหนึ่ง เป็นบอร์ด Arduino รุ่นแรกที่ยังคงมีขนาดประมาณ 68.6x53.4mm เป็นบอร์ดมาตรฐานที่นิยมใช้งานมากที่สุด เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการเริ่มต้นเรียนรู้ Arduino และมี Shields ให้เลือกใช้งานได้มากกว่าบอร์ด Arduino รุ่นอื่นๆ ที่ออกแบบมาเฉพาะมากกว่า โดยบอร์ด Arduino Uno ได้มีการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่ R2 R3 และรุ่นย่อยที่เปลี่ยนชิปไอซีเป็นแบบ SMD

### 2.5. ฮีตเตอร์ (มีเจริญช่าง. (2562).)

ฮีตเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่ชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้หลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ (ตัวความต้านทาน R) ซึ่งส่งผลให้ลวดตัวนำมีความร้อนเกิดขึ้น โดยแหล่งจ่ายไฟสามารถใช้ได้กับแรงดัน 220VAC และ 380VAC ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานฮีตเตอร์ (Heater) ได้ง่ายและสะดวก เนื่องจากการใช้งานฮีตเตอร์ (Heater) นั้นสามารถเข้าใจหลักการทำงานได้ง่าย ซึ่งในปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่นิยมหันมาใช้ฮีตเตอร์ (Heater) มากยิ่งขึ้น เนื่องจากราคาถูก และสั่งขนาด รูปทรง และวัตต์ได้ตามความต้องการ โดยส่วนประกอบส่วนใหญ่ของฮีตเตอร์ (Heater) มีดังนี้

2.5.1 ฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) คุณสมบัติมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ แต่นำความร้อนได้ดีมาก ซึ่งทำหน้าที่กั้นกลางระหว่างลวดตัวนำฮีตเตอร์ (Heater) กับปลอกโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกระแสรั่ว (Leak Current) จากลวดฮีตเตอร์ออกไปยังผิวโลหะ จุดสำคัญคือห้ามมีความชื้นในฉนวนเด็ดขาด เนื่องจากจะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าสูงขึ้น วิธีการแก้ไขคือการนำฮีตเตอร์ (Heater) ไปอบในเตาอบเพื่อไล่ความชื้น

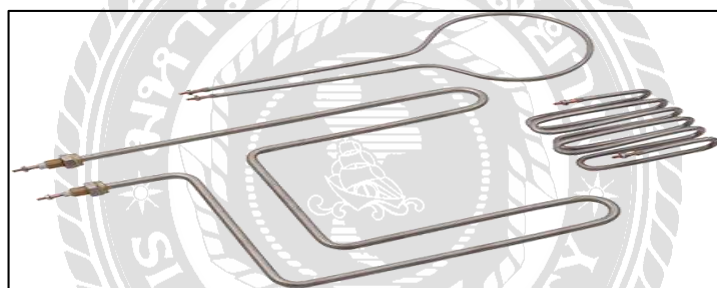
2.5.2 สแตนเลส (Stainless) ที่นำมาใช้ในการผลิตฮีตเตอร์ (Heater) มีอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนี้

+Stainless 304 : ใช้ในงานที่ต้องการขึ้นรูปเพื่อการตกแต่งให้สวยงาม สามารถป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี

+Stainless 316 : ถูกออกแบบให้ป้องกันสนิมได้เป็นอย่างดี สามารถใช้ในงานอุตสาหกรรมหนัก และสถานที่ใกล้ทะเลที่มีความเป็นกรด-ด่างสูง

+Stainless 430 : เป็นสแตนเลสที่ใช้โครเมียมเป็นส่วนประกอบ 100% และมีโอกาสเกิดสนิมน้อยกว่าเบอร์ 300 ซึ่งสแตนเลสแบบนี้นิยมนำมาตกแต่งภายใน

2.5.3 ลวดฮีตเตอร์ (Heater) ซึ่งเรียกว่า ลวด Nikrothal 80 หรือ R80 โดยมีส่วนผสมของนิกเกิล 80% และโครเมียม 20% ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1400 องศาเซลเซียส โดยมีคุณสมบัติเหนียว และทนความร้อนได้สูงถึง 1400 องศาเซลเซียส **ดังรูปที่ 2.13**

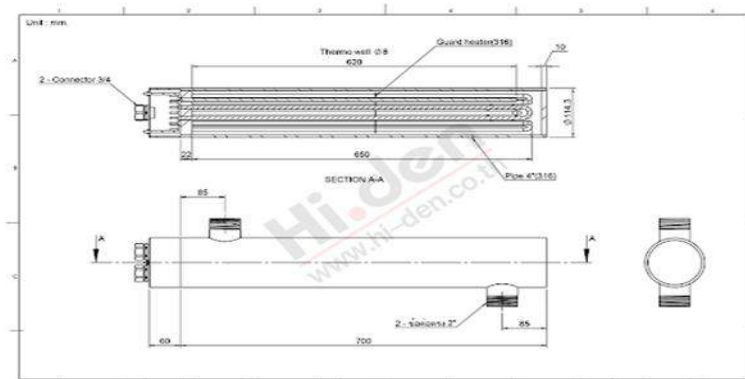


**รูปที่ 2.13** ลวดฮีตเตอร์

### หลักการทำงานของฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ มีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับโหลด ดังรูปที่ 2.14 ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด,ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่าง ขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นข้อควรระวัง คือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวงจรได้ หากพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น (ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ที่ดีควรผ่านการทดสอบหาค่าความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์

เพื่อให้แน่ใจว่าในการนำไปใช้งาน จะไม่มีกระแสไฟฟ้าวรัวไหลจากขดลวดตัวนำ ดังนั้นมาตรฐานการทดสอบความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ควรจะไม่ต่ำกว่า 1500 VDC และค่าความเป็นฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 500 เมกะโอห์ม



รูปที่ 2.14 ฮีตเตอร์

ฮีตเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ทำความร้อนในงานอุตสาหกรรม โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อมีการแสไหลผ่านขดลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทาน จะทำให้ลวดตัวนำร้อน และถ่ายเทความร้อนให้กับไหลอด ดังนั้น ลวดตัวนำความร้อนจะต้องมีคุณสมบัติที่ทนความร้อนได้สูงสำหรับการผลิตฮีตเตอร์ (Heater) โดยส่วนใหญ่ในตัวฮีตเตอร์ (Heater) จะมีผงฉนวนแมกนีเซียมออกไซด์ (ยกเว้นฮีตเตอร์อินฟราเรด, ฮีตเตอร์รัดท่อและฮีตเตอร์แผ่น) อยู่ภายใน เพื่อทำหน้าที่กั้นระหว่าง ขดลวดตัวนำกับผนังโลหะของฮีตเตอร์ ซึ่งผงฉนวนนี้จะมีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดีมาก แต่จะมีค่าความนำทางไฟฟ้าต่ำ ดังนั้นข้อควรระวัง คือ ห้ามมีความชื้นในผงฉนวนนี้เด็ดขาด เพราะจะทำให้มีค่าความนำทางไฟฟ้าสูงขึ้น และอาจจะทำให้ฮีตเตอร์เกิดการลัดวงจรได้ หากพบว่าฮีตเตอร์มีความชื้น (ผลจากการวัดโดยใช้เครื่องมือทางไฟฟ้า) สามารถแก้ไขโดยการนำฮีตเตอร์ไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกจากตัวฮีตเตอร์ ฮีตเตอร์ (Heater) ที่มีคุณภาพดีควรจะผ่านการทดสอบหาค่าความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ (Heater) เพื่อให้แน่ใจถ้าเรานำไปใช้งาน จะไม่มีกระแสไฟฟ้าวรัวไหลออกจากขดลวดตัวนำ ดังนั้นมาตรฐานการทดสอบความเป็นฉนวนของฮีตเตอร์ควรจะไม่ต่ำกว่า 1500 VDC และค่าความเป็นฉนวนต้องไม่ต่ำกว่า 500 IR (IR หรือ ค่าเมกะโอห์ม)

## 2.6 หลอดไฟ LED (กีฬิน. (2559).)



รูปที่ 2.15 หลอดไฟ LED

ในปัจจุบันที่หลอดไฟมีความหลากหลายทั้งทางรูปแบบและประเภทของการใช้งาน ยังมีความหลากหลายทางชนิดของหลอดไฟด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 2.15 วันนี้หลอดไฟที่เราจะแนะนำนอกจากจะใช้งานได้คุ้มค่า ยังประหยัดช่วยลดค่าไฟฟ้าได้อีกด้วย มาทำความรู้จักกับ หลอดไฟLED

คำว่า LED ย่อมาจาก Light Emitting Diode หรือเรียกว่า ไดโอดเปล่งแสง เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในรูปของไดโอด ที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแล้วเปล่งแสงสว่าง เป็นแสงช่วงอัลตราไวโอเล็ต และช่วงอินฟราเรด ซึ่งเป็นช่วงแสงที่สามารถมองเห็นได้ ผู้พัฒนาคนแรก คือ “นิค โฮโลนยัค” (Nick Holonyak Jr. เกิด ค.ศ.1928)

ด้วยการทำงานให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้การกินไฟน้อยลง เมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นๆ อีกทั้งตัวหลอดยังปล่อยความร้อนออกมาน้อยจนแทบจะไม่ร้อนเลยก็ว่าได้ ทำให้ระยะเวลาการใช้งานของหลอดไฟLED ยาวนานหลายหมื่นชั่วโมงเลยทีเดียว คุณภาพแสงที่เปล่งออกมาถือว่าเป็นค่าของสีที่ตรงที่สุดให้ความสว่างที่มากกว่าหลอดแบบอื่นทำให้มองแล้วสบายตา การทำงานของสายตาก็จะไม่หนักอีกต่อไป เรื่องการใช้สารอันตรายในหลอดไฟก็ไม่มีปัญหา ในส่วนการบำรุงรักษานั้นก็ไม่มีอะไรมากมาย เนื่องจากไม่มีสารปรอทหรือสารอันตรายใดเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมทำให้เหมาะแก่การใช้งานในทุกสถานที่ ด้วยคุณสมบัติเด่นทั้งหลายเหล่านี้จึงทำให้หลอดไฟLED คุ้มค่ากับการเปลี่ยนมาใช้ที่ดีที่สุด



### ข้อดีของ LED

ให้แสงสว่าง(ลูเมน)ที่มากกว่า  
 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้น้อยกว่า ทำให้ลดค่าไฟฟ้าลงได้  
 อุณหภูมิที่เกิดจากการใช้งานโดยประมาณน้อยกว่า  
 อายุการใช้งานยาวนานกว่า  
 มีรูปแบบหลอดให้ใช้หลากหลายแบบ  
 สีของแสงที่ได้มีความหลากหลายกว่า  
 ไม่มีสารเจือปนที่เป็นอันตราย

### ข้อเสียของ LED

ราคาแพงกว่าหลอดชนิดอื่นหลายเท่า

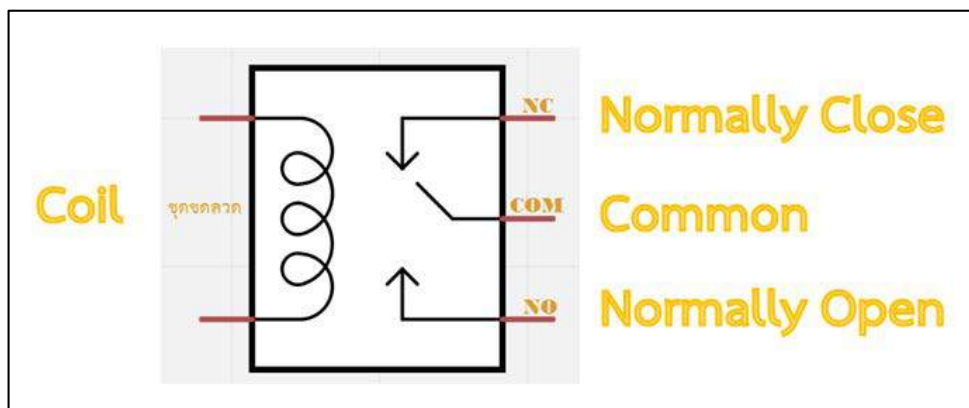
## 2.7 Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า (ThaiEasyElec. (2564).)



**รูปที่ 2.16** ตัวอย่างการใช้งาน Arduino + Relay Module  
 ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ตัดต่อวงจรแบบเดียวกับสวิตช์ โดยควบคุมการทำงานด้วยไฟฟ้า Relay มีหลายประเภท ตั้งแต่ Relay ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป จนถึง Relay ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานไฟฟ้าแรงสูง โดยมีรูปร่างหน้าตาแตกต่างกันออกไป ดังรูปที่ 2.16 แต่มีหลักการทำงานที่

คล้ายคลึงกัน สำหรับการนำ Relay ไปใช้งาน จะใช้ในการตัดต่อวงจร ทั้งนี้ Relay ยังสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบ



รูปที่ 2.17 สัญลักษณ์ในวงจรไฟฟ้าของรีเลย์

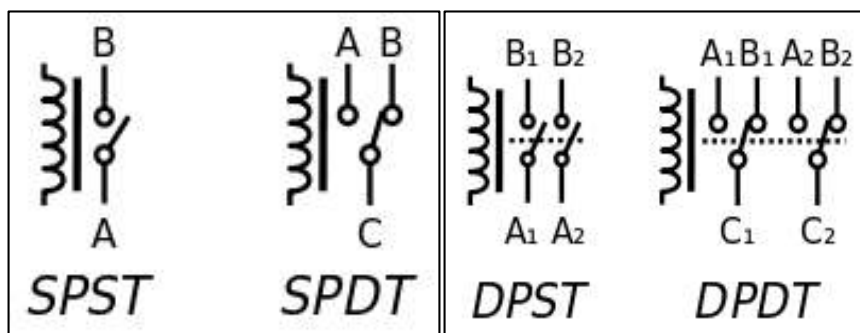
### 2.7.1 ภายใน Relay จะประกอบไปด้วยขดลวดและหน้าสัมผัส ดังรูปที่ 2.17

หน้าสัมผัส NC (Normally Close) เป็นหน้าสัมผัสปกติปิด โดยในสภาวะปกติหน้าสัมผัสนี้จะต่อเข้ากับขา COM (Common) และจะลดยหรือไม่สัมผัสกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

หน้าสัมผัส NO (Normally Open) เป็นหน้าสัมผัสปกติเปิด โดยในสภาวะปกติจะลดยอยู่ ไม่ถูกต่อกับขา COM (Common) แต่จะเชื่อมต่อกันเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด

ขา COM (Common) เป็นขาที่ถูกใช้งานร่วมกันระหว่าง NC และ NO ขึ้นอยู่กับว่า ขณะนั้นมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดหรือไม่ หน้าสัมผัสใน Relay 1 ตัวอาจมีมากกว่า 1 ชุด ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและลักษณะของงานที่ถุกนำไปใช้ จำนวนหน้าสัมผัสถูกแบ่งออกดังนี้

สวิตช์จะถูกแยกประเภทตามจำนวน Pole และจำนวน Throw ซึ่งจำนวน Pole (SP-Single Pole, DP-Double Pole, 3P-Triple Pole, etc.) จะบอกถึงจำนวนวงจรที่ทำการเปิด-ปิด หรือ จำนวนของขา COM นั้นเอง และจำนวน Throw (ST, DT) จะบอกถึงจำนวนของตัวเลือกของ Pole ตัวอย่างเช่น SPST- Single Pole Single Throw สวิตช์จะสามารถเลือกได้เพียงอย่างเดียวโดยจะเป็นปกติเปิด (NO-Normally Open) หรือปกติปิด (NC-Normally Close) แต่ถ้าเป็น SPDT- Single Pole Double Throw สวิตช์จะมีหนึ่งคู่เป็นปกติเปิด (NO) และอีกหนึ่งคู่เป็นปกติปิดเสมอ (NC) ดังรูปที่ 2.18

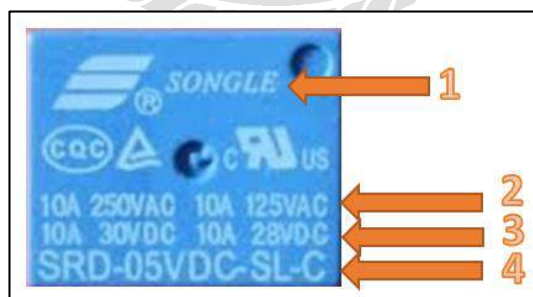


รูปที่ 2.18 SPST คือ Single Pole Single Throw  
SPDT คือ Single Pole Double Throw

DPST คือ Double Pole Single Throw  
DPDT คือ Double Pole Double Throw


จากส่วนประกอบข้างต้นที่ได้กล่าวไป ในบทความนี้จะใช้งาน Relay แบบ SPDT (Single Pole Double Throw) หลักการทำงานของ Relay นั้น ในส่วนของขดลวด เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน จะทำให้ขดลวดเกิดการเหนี่ยวนำและทำหน้าที่เสมือนแม่เหล็กไฟฟ้า ส่งผลให้ขา COM ที่เชื่อมต่ออยู่กับหน้าสัมผัส NC (ในสถานะที่ยังไม่เกิดการเหนี่ยวนำ) ย้ายกลับเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัส NO แทน และปล่อยให้ขา NC ลอย เมื่อมองที่ขา NC กับ COM และ NO กับ COM แล้วจะเห็นว่ามีการทำงานติด-ดับลักษณะคล้ายการทำงานของสวิตช์ เราสามารถอาศัยคุณสมบัตินี้ไปประยุกต์ใช้งานได้

ในบทความนี้ เราจะกล่าวถึงวิธีการนำ Relay Module ไปประยุกต์ใช้งานจริง ดังรูปที่ 2.19 แต่ก่อนอื่นเรามาดูวิธีอ่านคุณสมบัติของ Relay ว่าสามารถรองรับการทำงานที่แรงดันและกระแสไฟฟ้าเท่าไร ใช้แรงดันไฟฟ้าในการทำงานอย่างไร



รูปที่ 2.19 วิธีการนำ Relay Module ไปประยุกต์ใช้งานจริง

1. ยี่ห้อ รุ่นของผู้ผลิต (แบรนด์) รวมถึงสัญลักษณ์มาตรฐานต่างๆ
  2. รายละเอียดของไฟฟ้ากระแสสลับที่รองรับการทำงานได้ (VAC)
  3. รายละเอียดของไฟฟ้ากระแสตรงที่รองรับการทำงานได้ (VDC)
  4. โมเดล ระดับแรงดันฝั่งขดลวด ชนิดและโครงสร้าง และข้อมูลด้าน Coil Sensitivity
- คุณสมบัติแบบละเอียด ดูได้จากตารางด้านล่างนี้

1	 松乐继电器 SONGLE RELAY	RELAY ISO9002	SRD		
<b>RATING</b>					
2-3	CCC	FILE NUMBER: CH0052885-2000	7A/240VDC		
	CCC	FILE NUMBER: CH0036746-99	10A/250VDC		
	UL/CUL	FILE NUMBER: E167996	10A/125VAC 28VDC		
	TUV	FILE NUMBER: R9933789	10A/240VAC 28VDC		
4	<b>SRD</b>	<b>XX VDC</b>	<b>S</b>	<b>L</b>	<b>C</b>
	Model of relay	Nominal coil voltage	Structure	Coil sensitivity	Contact form
	SRD	03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC	S: Sealed type F: Flux free type	L: 0.36W D: 0.45W	A: 1 form A B: 1 form B C: 1 form C

จากตาราง สามารถสรุปได้ว่าเป็น Relay ยี่ห้อ Songle โมเดล SRD รองรับการทำงานแรงดันกระแสสลับที่ 250V@10A หรือ 125V@10A รองรับแรงดันกระแสตรงที่ 28VDC@10A ฝั่งขดลวดทำงานด้วยแรงดัน 5V โครงสร้างตัว Relay เป็นแบบซีลด์ มีค่าความไวขดลวดที่ 0.36W หน้าสัมผัสเป็นรูปแบบ 1 form C

หน้าสัมผัสแบบ A (Form A) หมายถึง หน้าสัมผัสของ Relay ในสภาพปกติจะเปิดอยู่ (Normally open) และหน้าสัมผัสเป็นแบบ SPST ถ้าจะเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้คือ



หน้าสัมผัสแบบ B (Form B) หมายถึง หน้าสัมผัสของ Relay ในสภาพปกติจะปิด (Normally close) และเป็นแบบ SPST เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้คือ

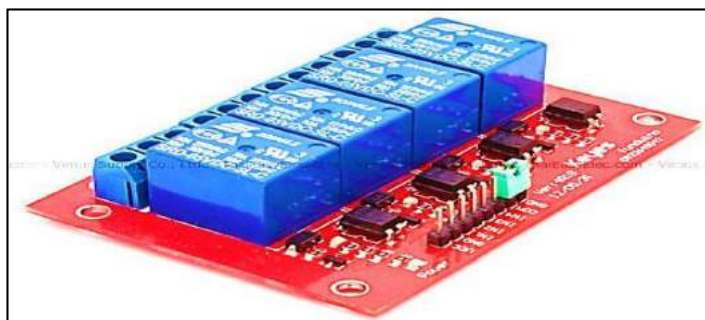


หน้าสัมผัสแบบ C (Form C) แบบนี้เรียกว่า “break, make หรือ transfer” เป็นหน้าสัมผัสแบบ SPDT เขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้



หน้าสัมผัสแบบ C จะมีอยู่ด้วยกัน 3 ขา ในขณะที่ Relay ยังไม่ทำงาน หน้าสัมผัส 1 และ 2 จะต่อกันอยู่ เมื่อ Relay ทำงาน หน้าสัมผัส 1 และ 2 จะแยกกัน จากนั้นหน้าสัมผัส 1 จะมาต่อกับหน้าสัมผัส 3 แทน พอ Relay หยุดทำงาน หน้าสัมผัส 1 กับ 2 ก็จะกลับมาต่อกันตามเดิม

หลังจากที่เราทราบคุณสมบัติของ Relay กันไปแล้ว ในบทความนี้ จะยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโดยใช้ Relay โดยจะใช้ Relay Module 4 Channels แบบ OPTO-ISOLATED ดังรูปที่ 2.20



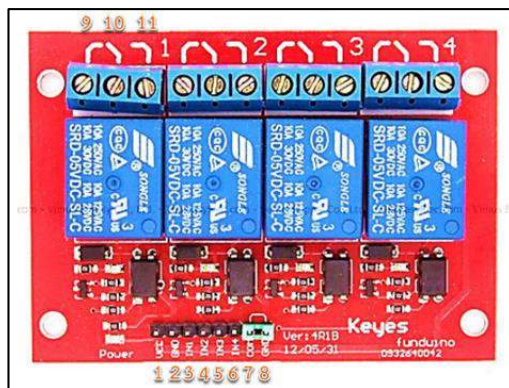
รูปที่ 2.20 Relay Module 4 Channels

### 2.7.2 Relay Module 4 Channels

Relay Module 4 Channels มีเอาต์พุตคอนเน็คเตอร์ที่ Relay เป็น NO/COM/NC สามารถใช้กับโหลดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้า DC และ AC โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณลอจิก TTL คุณสมบัติ (Features)

- รีเลย์เอาต์พุตแบบ SPDT จำนวน 4 ช่อง
- สั่งงานด้วยระดับแรงดัน TTL
- CONTACT OUTPUT ของรีเลย์รับแรงดันได้สูงสุด 250 VAC 10 A, 30 VDC 10 A
- มี LED แสดงสถานะ การทำงานของรีเลย์และแสดงสถานะของบอร์ด
- มีจัมป์เปอร์สำหรับเลือกว่าจะใช้กราวด์ร่วมหรือแยก
- มี OPTO-ISOLATED เพื่อแยกกราวด์ส่วนของสัญญาณควบคุมกับไฟฟ้าที่ขับรีเลย์ออกจากกัน

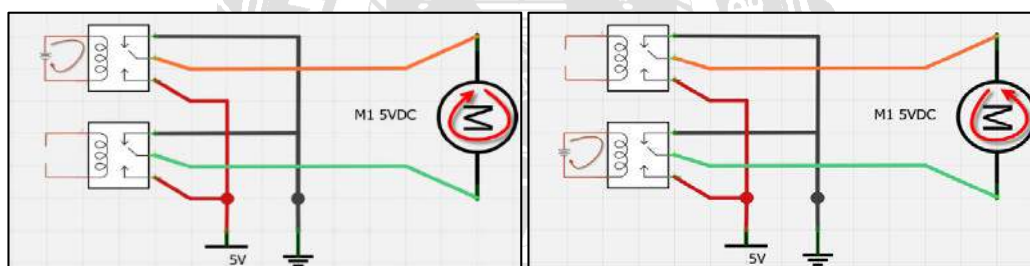
#### 2.11.2.1 ขาสัญญาณ (Pin Definition)



ขาที่	คำอธิบาย
1	+VCC ขาไฟ 5VDC
2	GND
3	ขาสัญญาณอินพุต Relay 1 ( IN1 )
4	ขาสัญญาณอินพุต Relay 2 ( IN2 )
5	ขาสัญญาณอินพุต Relay 3 ( IN3 )
6	ขาสัญญาณอินพุต Relay 4 ( IN4 )
7	COM (คอมมอนของ OPTO)
8	GND (กราวด์ของบอร์ดเป็นกราวด์เดียวกับขาที่ 2)
9	NC (Normal Close) ซึ่งหมายถึงหน้าสัมผัสแบบปกติปิด
10	COM (Common) ที่จะตัดหรือต่อวงจรจากขา NC, NO
11	NO (Normal Open) ซึ่งหมายถึงหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงขาที่ใช้ในการเชื่อมต่อของ Relay Module 4 Channels

บทความนี้ จะยกตัวอย่างการนำ Relay Module 4 Channels ไปใช้งาน โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 ในการควบคุมการทำงาน จะยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน 2 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่1 ควบคุมมอเตอร์ DC ให้หมุนได้ทั้งซ้าย-ขวา โดยไม่ต้องการคุมความเร็วรอบ และตัวอย่างที่2 ควบคุมการปิด-เปิดเครื่องไฟฟ้า กระแสสลับ 220 VAC ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.21 ควบคุมมอเตอร์ให้หมุนได้ทั้งซ้าย-ขวา โดยไม่ต้องการคุมความเร็วรอบ

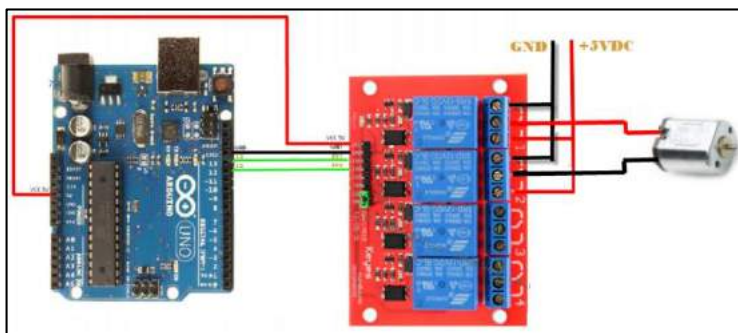
จากวงจรนี้ เราจะเห็นได้ว่าในการจะควบคุมให้มอเตอร์หมุนไปกลับ หรือ ซ้าย-ขวา นั้นจะต้องใช้ Relay 2 ตัวในการควบคุม ดังรูปที่ 2.21 วิธีการต่อวงจรเป็นดังนี้

นำขั้ว + ของมอเตอร์ต่อเข้ากับขา COM ของรีเลย์ตัวที่ 1

นำขั้ว - ของมอเตอร์ต่อเข้ากับขา COM ของรีเลย์ตัวที่ 2

นำขา NC ของรีเลย์ทั้ง 2 ตัว ต่อเข้ากับไฟลบ (GND)

นำขา NO ของรีเลย์ทั้ง 2 ตัว ต่อเข้ากับไฟบวก (+5VDC)

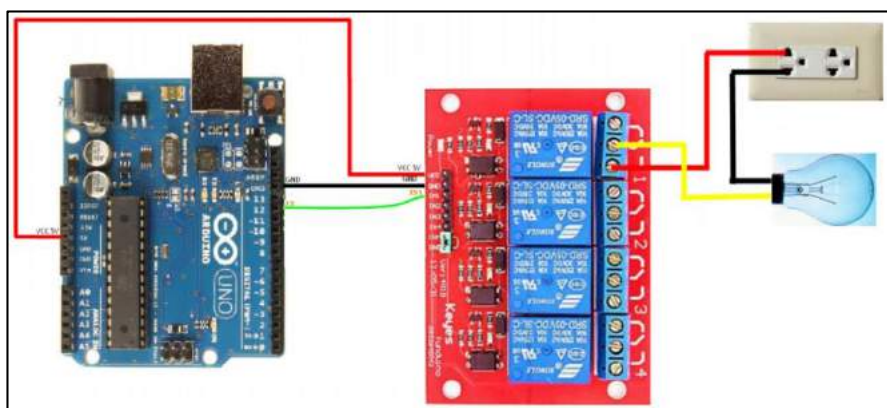


รูปที่ 2.22 วิธีต่อใช้งานจริง Arduino + Relay Module + DC Motor

ตารางที่ 2.2 การต่อใช้งาน Arduino + Relay Module + Motor

Arduino	Relay Module 4 Ch	Motor
+5VDC	VCC	-
GND	GND	-
13	IN1	-
12	IN2	-
-	NC 1 GND (GND (-) Battery)	-
-	COM 1	Pin + Motor
-	NO 1 (VCC (+) Battery)	-
-	NC 2 (GND (-) Battery)	-
-	COM 2	Pin - Motor
-	NO 2 (VCC (+) Battery)	-

หลักการการทำงานคือ มีบอร์ด Arduino UNO R3 ในการรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์สื่อสารผ่านพอร์ต Serial แล้วนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบว่าตรงกับค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าตรงกันก็สั่งให้ Relay ทำงานตามที่เราต้องการ



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างที่2 ควบคุมการปิด-เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 VAC

### วิธีการเชื่อมต่อ

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ดังรูปที่ 2.23

- ต่อไฟเส้นที่ 1 จากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ที่ขั้วลบ (ถ้ามีแจ้งไว้ ถ้าไม่มีก็ใช้ขั้วใดก็ได้)
  - ต่อไฟเส้นที่ 2 จากแหล่งจ่ายไฟเข้าขา NO ของรีเลย์
  - ต่อสายจากขา COM ของรีเลย์ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าขั้วที่เหลือ
- สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง (DC)
- ต่อไฟลบหรือ GND ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าที่ขั้วลบหรือ GND
  - ต่อไฟบวกหรือ VCC ไปยังขา NO ของรีเลย์
  - ต่อสายจากขา COM ของรีเลย์ไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ขั้วบวก

### 2.8 Adaptor AC/DC อะแดปเตอร์ 12V (Charvan อุตสาหกรรม International Co., Ltd. (2561).)

บทบาทของอะแดปเตอร์ไฟฟ้าคือการแปลงแรงดันไฟฟ้าสูง 220 โวลต์ในบ้านเป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำที่เสถียร 5 โวลต์ถึง 20 โวลต์ที่ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้สามารถทำงานได้เพื่อให้สามารถทำงานได้ตามปกติ หากไม่มีมันก็จะนำมาซึ่งความไม่สะดวกมากมายต่อการใช้ชีวิตประจำวันของเรา อะแดปเตอร์ไฟฟ้านั้นเรียกว่าแหล่งจ่ายไฟภายนอก เป็นอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พกพาขนาดเล็กและเครื่องใช้ไฟฟ้า พบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กเช่นโทรศัพท์มือถือจอยสติ๊กและคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก

อะแดปเตอร์ใช้งานอะไร? ในแง่ง่ายฟังก์ชันของอะแดปเตอร์คือการแปลงแรงดันไฟฟ้า นั่นคือการแปลงแรงดันสูงของ AC เป็นแรงดันไฟฟ้าต่ำ DC ผ่านการแก้ไขและการแปลงแรงดันไฟฟ้าของอะแดปเตอร์ ดังรูปที่ 2.24 ตัวอย่างเช่นอินพุต: 100- 240VAC 50-60HZ เอาต์พุต: 12VDC 1A นี่คือการแปลงแรงดันสูง 100-240V เป็น 12V



แรงดันต่ำ โดยทั่วไปแล้วอะแดปเตอร์ไฟฟ้ามีแผ่นป้ายชื่อ จุดต่อไปนี้จะระบุถึงกำลังไฟแรงดันขาออกและปริมาณกระแสไฟฟ้า ควรให้ความสนใจเป็นพิเศษกับแรงดันเอาต์พุต นี่คือนะอะแดปเตอร์เพาเวอร์ทาว์ พีเจอร์นี้มีประสิทธิภาพมากเมื่อประเทศ 100V คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊กที่นำเข้ามาบางเครื่องวางจำหน่ายในประเทศต้นทางเท่านั้น หากไม่มีแผ่นดังกล่าวแม้จะมีแรงดันเอาต์พุตเพียง 100 โวลต์ที่เสียบอยู่ภายใต้แรงดันไฟเมน 220V ในประเทศจีน จะถูกยกเลิก



รูปที่ 2.24 Adaptor AC/DC อะแดปเตอร์ 12V

## 2.9 Magnetic Contactor (JW TECH. (2564).)

แมกเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) คือ อุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อเปิด-ปิด หน้าสัมผัส ในการตัดต่อวงจรไฟฟ้า เช่นการเปิด-ปิดระบบควบคุมปั้มน้ำ หรือมอเตอร์ และยังใช้งานในเครื่องจักรต่างๆใน โรงงานอุตสาหกรรมอีกด้วย

### หลักการทำงานของ แมกเนติก คอนแทคเตอร์

เมื่อเราจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังขดลวดจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวด จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ขาดตรงกลางของแกนเหล็ก ตัวขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่มีความแรงกว่าแรงของสปริง จะดึงให้แกนเหล็กที่เป็นชุดเคลื่อนที่ (Moving Core) เคลื่อนที่ลงมา จะส่งผลให้ถ้าเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open) เปลี่ยนสถานะเป็นการต่อวงจร และถ้าเป็นหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close) เปลี่ยนสถานะเป็นการตัดวงจร หากเมื่อเราหยุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังขดลวด จะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด จะส่งผลให้มีสนามแม่เหล็กที่แกนเหล็ก และหน้าสัมผัสจะกลับสู่สภาวะเดิม

ดังนั้นส่วนประกอบทุกส่วนคือสิ่งสำคัญต่อการทำงานของแมกเนติก คอนแทคเตอร์เป็นอย่างมาก ถ้าเราต้องการให้แมกเนติก คอนแทคเตอร์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นล่ะก็ จะต้องคำนึงถึงปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการทำงานของแมกเนติก คอนแทคเตอร์ด้วย ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 Magnetic Contactor

2.10 มอเตอร์ซิงโครนัส (Illustrationprize. (2562).



ปที่ 2.26 มอเตอร์ซิงโครนัส

มอเตอร์ที่ทำงานด้วยความเร็วแบบซิงโครนัสคือมอเตอร์ซิงโครนัส ดังรูปที่ 2.26 ความเร็วแบบซิงโครนัสคือความเร็วคงที่ซึ่งมอเตอร์จะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้า มอเตอร์ซิงโครนัสใช้สำหรับเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

### 2.10.1 โครงสร้างมอเตอร์ซิงโครนัส

สเตเตอร์และโรเตอร์เป็นสองส่วนหลักของมอเตอร์ซิงโครนัส สเตเตอร์กลายเป็นนิ่งและถือกระดองของมอเตอร์ ขดลวดกระดองเป็นขดลวดหลักเนื่องจาก EMF ชักนำให้เกิดมอเตอร์. rotator จะทำการพันรอบสนามไฟฟ้า ฟลักซ์สนามหลักเหนี่ยวนำให้เกิดโรเตอร์ โรเตอร์ได้รับการออกแบบในสองวิธีคือโรเตอร์แบบเสาหลักและใบพัดแบบไม่ทำงาน

มอเตอร์แบบซิงโครนัสใช้โรเตอร์ขั้วโลกที่สำคัญ คำสำคัญหมายถึงเสาของโรเตอร์ที่คาบไปทางขดลวดของกระดอง. โรเตอร์ของมอเตอร์ซิงโครนัสทำด้วยการเคลือบของเหล็ก การเคลือบจะลดการสูญเสียกระแสวนที่เกิดขึ้นกับขดลวดของหม้อแปลง ส่วนใหญ่ใช้สำหรับการออกแบบโรเตอร์เสาเส้นเขากลางและความเร็วต่ำ - มอเตอร์ สำหรับการรับโรเตอร์ทรงกระบอกความเร็วสูงนั้นใช้ในมอเตอร์

### 2.10.2 การทำงานของมอเตอร์ซิงโครนัส

สเตเตอร์และโรเตอร์เป็นสองส่วนหลักของมอเตอร์ซิงโครนัส สเตเตอร์เป็นส่วนที่นิ่งและโรเตอร์เป็นส่วนที่หมุนของเครื่อง แหล่งจ่ายไฟ AC สามเฟสนั้นมอบให้กับสเตเตอร์ของมอเตอร์

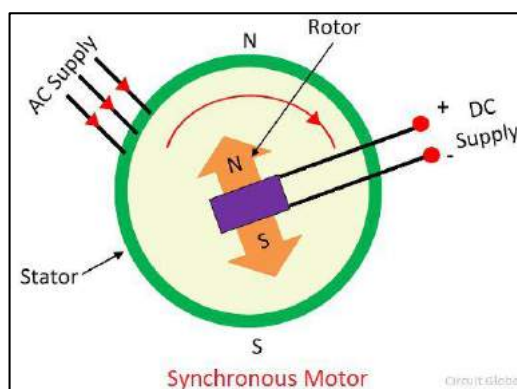
สเตเตอร์และโรเตอร์ทั้งคู่ต่างตื่นเต็นกัน การกระตุ้นคือกระบวนการกระตุ้นสนามแม่เหล็กบนชิ้นส่วนของมอเตอร์ด้วยความช่วยเหลือของกระแสไฟฟ้า

เมื่อมีการจ่ายสามเฟสให้กับสเตเตอร์สนามแม่เหล็กหมุนที่พัฒนาขึ้นระหว่างสเตเตอร์และช่องว่างของโรเตอร์ สนามแม่เหล็กที่มีการเคลื่อนที่เรียกว่าสนามแม่เหล็กหมุน สนามแม่เหล็กหมุนได้พัฒนาในระบบโพลีเฟสเท่านั้น เนื่องจากสนามแม่เหล็กหมุนได้ขั้วเหนือและขั้วใต้จึงพัฒนาบนสเตเตอร์

โรเตอร์รู้สึกตื่นเต็นกับแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงทำให้ขั้วขั้วเหนือและขั้วใต้ก่อให้เกิดปัญหา ในขณะที่แหล่งจ่ายไฟกระแสตรงยังคงมีค่าคงตัวฟลักซ์จะเหนี่ยวนำให้โรเตอร์ยังคงเหมือนเดิม ดังนั้นฟลักซ์จึงมีขั้วคงที่ ขั้วเหนือพัฒนาขึ้นที่ปลายด้านหนึ่งของโรเตอร์และขั้วใต้จะพัฒนาขึ้นที่ปลายอีกด้านหนึ่ง

AC คือไอซ์ คลื่นของคลื่นเปลี่ยนไปในทุก ๆ ครั้งรอบนั้นคือคลื่นยังคงเป็นบวกในครั้งแรกและจะกลายเป็นลบในรอบครึ่ง ครึ่งคลื่นบวกและลบของคลื่นพัฒนาขั้วเหนือและขั้วใต้บนสเตเตอร์ตามลำดับ

เมื่อโรเตอร์และสเตเตอร์ทั้งสองมีขั้วเดียวกันในด้านเดียวกันพวกเขาผลักกัน หากพวกเขามีเสาตรงข้ามพวกเขาดึงดูดซึ่งกันและกัน สิ่งนี้สามารถเข้าใจได้ง่ายด้วยความช่วยเหลือของรูปที่แสดงด้านล่าง



รูปที่ 2.27 ซิงโครนัสมอเตอร์

โรเตอร์ติดตั้งไปยังขั้วของสเตเตอร์สำหรับรอบครึ่งแรกของการจ่ายและผลสำหรับรอบครึ่งหลัง ดังรูปที่ 2.27 ดังนั้นโรเตอร์จะกลายเป็นจิ้งหะในทีเดียวเท่านั้น นี่คือเหตุผลที่มอเตอร์ซิงโครนัสไม่เริ่มต้นเอง

### 2.10.3 คุณสมบัติหลักของมอเตอร์ซิงโครนัส

ความเร็วของมอเตอร์ซิงโครนัสนั้นไม่ขึ้นอยู่กับโหลดนั่นคือการเปลี่ยนแปลงของโหลดจะไม่มีผลกับความเร็วของมอเตอร์

มอเตอร์ซิงโครนัสไม่เริ่มต้นเอง ผู้เสนออยู่ดีสำคัญใช้สำหรับหมุนมอเตอร์ด้วยความเร็วแบบซิงโครนัส

มอเตอร์แบบซิงโครนัสทำงานได้ทั้งกับตัวประกอบกำลังนำ

มอเตอร์ซิงโครนัสสามารถเริ่มทำงานได้ด้วยความช่วยเหลือของขดลวดแฉกเพอร์

### 2.11 Push Button Switch (Factomart. (2562).)

Push Button Switch หรือที่เรียกกันว่าสวิตช์ปุ่มกด เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ซึ่งทำหน้าที่ตัดและต่อวงจรทางไฟฟ้าและ ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ หรือการทำงานของเครื่องจักรต่างๆ เป็นเหมือนอุปกรณ์พื้นฐาน ใช้ได้กับอุตสาหกรรมทั่วไป มีทั้งแบบมีไฟ และที่บัสแสง ดังรูปที่ 2.28

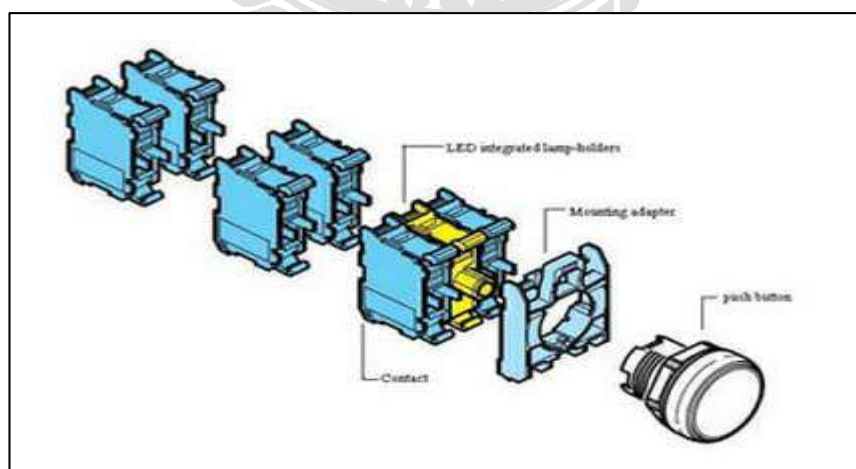


รูปที่ 2.28 Push Button Switch

### โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด

โดยโครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกดสามารถแยกได้ 4 ส่วน ดังรูปที่ 2.29

- 1 ปุ่มกดทำด้วยโลหะหรือพลาสติกซึ่งจะมีหลายหลายสีให้เลือกใช้งาน
- 2 ฐานยึดระหว่างปุ่มกดและตัวล๊อคหน้าสัมผัส โดยจะมีเกลียวที่ฐานเพื่อไว้สำหรับยึดอุปกรณ์กับชิ้นงานด้วย
- 3 หน้าสัมผัส NO และ NC
- 4 หลอดไฟ LED ที่ใช้แสดงสถานะ



รูปที่ 2.29 โครงสร้างของสวิตช์ปุ่มกด

## บทที่ 3

### การออกแบบเครื่องคว่ำกาแฟ

#### 3.1 แนวความคิดและการออกแบบเครื่องคว่ำกาแฟอัตโนมัติ

ในการออกแบบเครื่องคว่ำกาแฟอัตโนมัติ มีแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างเครื่องให้มีรูปแบบการทำงานในลักษณะ ดังนี้

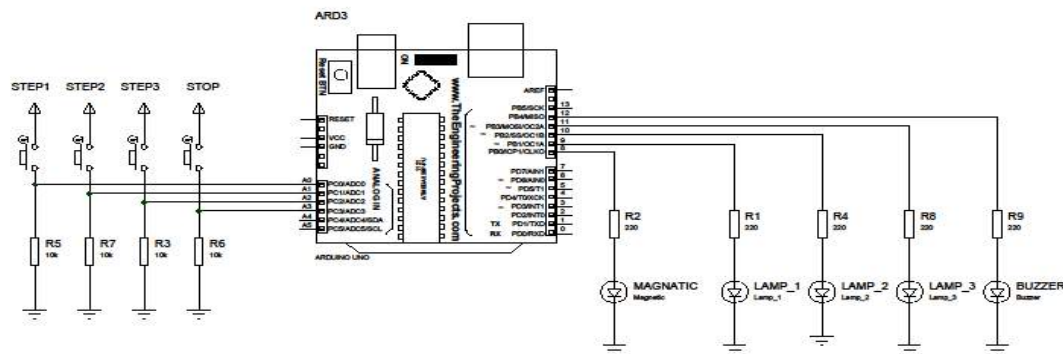
- 3.1.1 เครื่องคว่ำกาแฟโดยดัดแปลงจากเครื่องเตาอบไฟฟ้า ให้มาเป็นเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ
- 3.1.2 มีเครื่องวัดอุณหภูมิความร้อนแบบเข็มขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟ โดยใส่ไว้ในเครื่องเตาอบไฟฟ้าขณะทำการคั่ว
- 3.1.3 มีพัดลมทำความร้อนอยู่ในเครื่อง เพื่อที่จะช่วยให้ความร้อนกระจายทั่วถึงเมล็ดของกาแฟ
- 3.1.4 มีชุดถาดสแตนเลส เวลาเครื่องคว่ำกาแฟคั่วเสร็จ จะได้นำมาใส่ถาดสแตนเลส เพื่อทำการระบายความร้อนของเมล็ดกาแฟ
- 3.1.5 มีชุดรีเลย์เอาไว้ควบคุมการทำงานของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ
- 3.1.6 มีการดัดแปลงของมอเตอร์เตาอบไฟฟ้า จากความเร็วรอบมอเตอร์เดิมหมุน 3 รอบ/นาที เปลี่ยนสถานะให้ความเร็วรอบเป็น 10 รอบ/นาที
- 3.1.7 มีสวิทช์ควบคุมการทำงาน หลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน และยังมี Buzzer แจ้งเตือนหลังการทำงานเสร็จที่อยู่ในชุดกล่อง Arduino เพื่อให้สะดวกในการควบคุมการทำงาน

#### 3.2 แนวคิดและหลักการทำงานของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ

เครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ ทำงานโดยนำเอาเมล็ดกาแฟในถาดสแตนเลสตามปริมาณที่ต้องการ หลังจากนั้นทำการนำเอาไปใส่ไว้ในเครื่องเตาอบไฟฟ้า แล้วเอาถาดสแตนเลสมาวางไว้ด้านล่างสุดเพื่อรองเปลือกของเมล็ดกาแฟหลังจากเมล็ดกาแฟได้ทำการคั่วเสร็จแล้ว แล้วนำที่วัดอุณหภูมิแบบเข็มมาวางไว้บนถาดสแตนเลสเพื่อดูอุณหภูมิในการคั่ว มีพัดลมการกระจายความร้อนภายในเครื่องเพื่อให้ความร้อนกระจายทั่วถึงเมล็ดกาแฟ หลังจากนั้นปิดฝาเครื่องเตาอบไฟฟ้า ให้ทำปรับเวลาตามระดับที่ต้องการ โดยเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ระดับแรกจะเป็นการคั่วอ่อน โดยจะตั้งเวลาไว้ที่ 20.30 นาที ระดับที่ 2 จะเป็นการคั่วกลาง จะตั้งเวลาไว้ที่ 26.30 นาที และระดับที่ 3 จะเป็นการคั่วเข้ม จะตั้งเวลาไว้ที่ 30.30 นาที เมื่อเลือกระดับใดระดับหนึ่งแล้ว เครื่องคว่ำกาแฟจะเริ่มทำการคั่วแบบอัตโนมัติ เมื่อคั่วเสร็จแล้วเครื่องคว่ำ

กาแพจะมีเสียงดังแจ้เตือน ให้ทำการเปิดฝาเครื่องแล้วนำถาดสแตนเลสที่ใส่เมล็ดกาแฟเอาออกมาทำความสะอาด ยื่น นำเอาไปเขย่าเพื่อให้เปลือกเมล็ดกาแฟหลุดออกให้หมด แล้วนำมาเทใส่ถาดสแตนเลสเพื่อระบายความร้อน หลังจากนั้นก็สามารถนำไปบด และรับประทานได้เลย

### 3.3 รูปวงจรถ่ายการทำงานของบอร์ด Arduino



รูปที่ 3.1 การทำงานของบอร์ด Arduino

วงจรถ่ายการทำงานของบอร์ด Arduino ที่แสดงในรูปที่ 3.1 โดยการใช้หลอดไฟ LED แทน Relay , Magnetic Contactor , และ Buzzer ในการทำงานของวงจร

การทำงานของบอร์ด Arduino 1. เมื่อกดสวิตช์ STEP 1 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED LAMP 1 จะติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงาน หลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์ STEP 1 อยู่จะไม่สามารถกดสวิตช์ STEP 2, STEP 3 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์ STOP หยุดการทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานซ้อน 2. เมื่อกดสวิตช์ STEP 2 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED LAMP 2 จะติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงาน หลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์ STEP 2 อยู่จะไม่สามารถกดสวิตช์ STEP 1, STEP 3 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์ STOP หยุดการทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานซ้อน 3. เมื่อกดสวิตช์ STEP 3 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED LAMP 3 จะติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงานหลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์ STEP3 อยู่จะไม่สามารถกดสวิตช์ STEP1, STEP 2 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์ STOP หยุดการทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการทำงานซ้อน 4. เมื่อกดสวิตช์ STOP จะหยุดการทำงานของวงจร

### 3.4 การติดตั้งตู้ไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.2 การติดตั้งตู้ไมโครคอนโทรลเลอร์



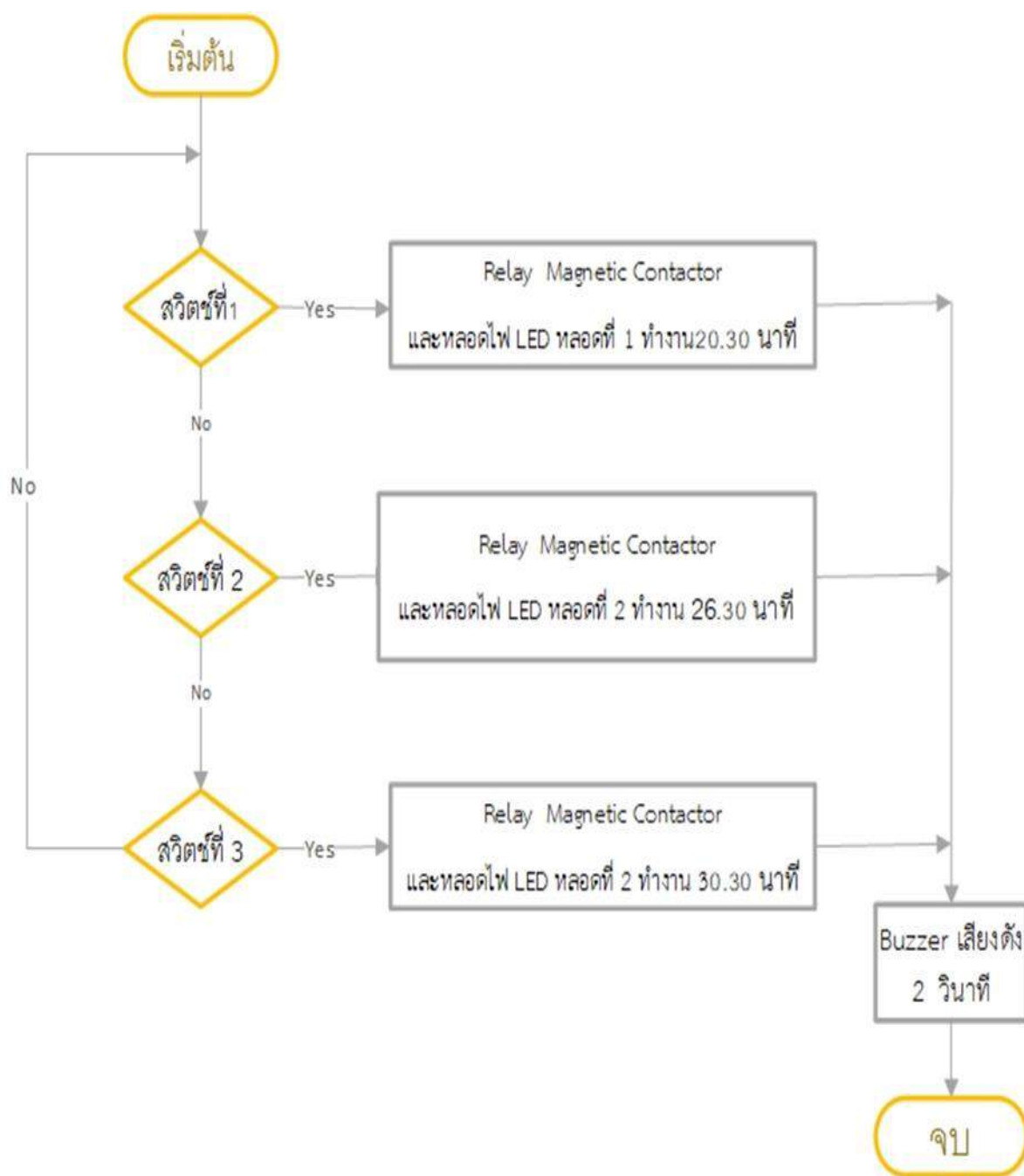
จากรูปที่ 3.2 เมื่อกดสวิตช์ที่1 Relay บนซ้ายและบนขวา จะทำงานพร้อมกับ Magnetic Contactorและหลอดไฟ LED หลอดที่1 หลังจากการทำงานครบ 20.30 นาที Relayบนซ้ายตัวที่สองทำงานพร้อมกันกับ Buzzer 2 วินาที

เมื่อกดสวิตช์ที่2 Relayบนซ้ายและบนขวาตัวที่2 จะทำงานพร้อมกับ Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED หลอดที่2 หลังจากการทำงานครบ 26.30 นาที Relayบนซ้ายตัวที่สองทำงานพร้อมกันกับ Buzzer 2 วินาที

เมื่อกดสวิตช์ที่3 Relayบนซ้ายและบนขวาตัวที่3 จะทำงานพร้อมกับ Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED หลอดที่3 หลังจากการทำงานครบ 30.30 นาที Relayบนซ้ายตัวที่สองทำงานพร้อมกันกับ Buzzer 2 วินาที

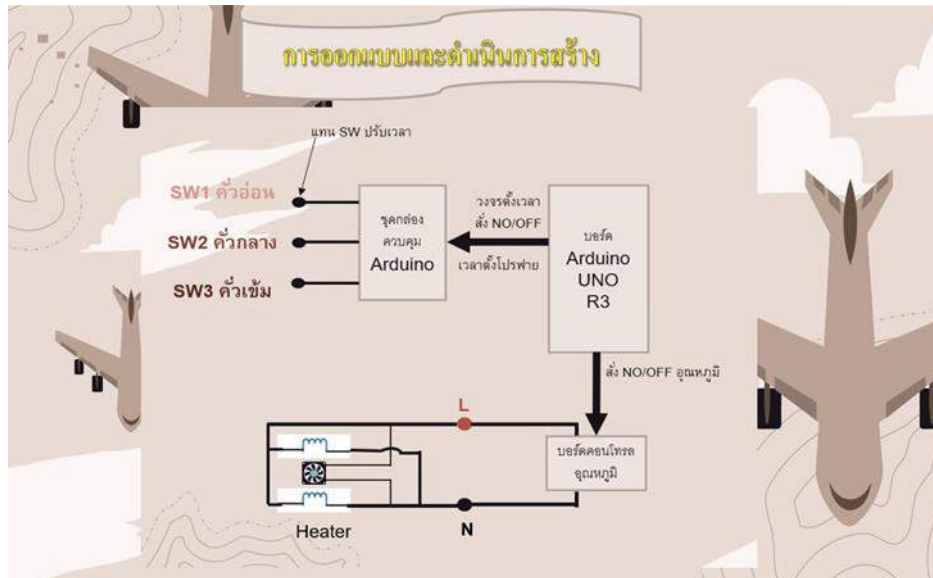


## 3.5 Flowchart การทำงานเครื่องคว่ำกาแฟ



รูปที่ 3.3 Flowchart การทำงานเครื่องคว่ำกาแฟ

### 3.6 การออกแบบและดำเนินการสร้าง



รูปที่ 3.4 การออกแบบเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

ภายในวงจรของเครื่องจะมี Heater และบอร์ดคอนโทรลอุณหภูมิ การออกแบบโดยที่เราจะนำบอร์ด Arduino UNO R3 มาต่อเพิ่ม เพื่อทำการติดตั้งเวลาสั่ง ON/OFF และทำการหาโปรไฟล์ที่เราต้องการ โดยจะมีคั่วอ่อน คั่วกลาง และคั่วเข้ม คั่วอ่อนเวลา 20.30 น. คั่วกลางเวลา 26.30 น. และคั่วเข้มเวลา 30.30 น.

## บทที่4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 4.1.1 เครื่องคั่วกาแฟใช้ไมโครเวฟ
- 4.1.2 เมล็ดกาแฟอาราบิก้า
- 4.1.3 ตาชั่ง
- 4.1.4 เทอร์โมมิเตอร์แบบเข็ม
- 4.1.5 สแตนเลสตาอบตะกร้าเมล็ดกาแฟ
- 4.1.6 ถุงมือกันความร้อน
- 4.1.7 ถาดสแตนเลสไว้พักเมล็ดกาแฟ

#### 4.2 วิธีการทดลอง

- 4.2.1 เมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า แสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟก่อนทำการคั่วอาราบิก้า

เตรียมเมล็ดกาแฟที่ได้จากการสั่งซื้อ นำมาชั่งน้ำหนักที่เราต้องการจะคั่ว โดยปริมาณการคั่ว น้ำหนักอยู่ 150 กรัม 250 กรัม และ350 กรัม ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การชั่งน้ำหนักปริมาณของเมล็ดกาแฟที่เราต้องการ 250 กรัม



รูปที่ 4.3 การเทเมล็ดกาแฟใส่ในสแตนเลสตาอบตะกร้าเมล็ดกาแฟ

การเทเมล็ดกาแฟลงในสแตนเลสตาอบที่เราได้ทำการชั่งน้ำหนักก่อนทำการคั่ว ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.4 เมล็ดกาแฟขณะทำการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศา เวลา 5 นาที

ในรูปที่ 4.4 เป็นการคั่วเมล็ดกาแฟขณะทำการคั่วที่อุณหภูมิ 120 องศา เวลา 5 นาที การคั่วเมล็ดกาแฟ เราควรเปิดไฟฉายหรือ Flash ของโทรศัพท์มือถือส่องไปยังเครื่องคั่วดูอย่างสม่ำเสมอ เพื่อดูการเปลี่ยนสีของเมล็ดกาแฟว่าสีที่ได้ตามความต้องการหรือไม่ ถ้าคั่วกาแฟนานเกินไปอาจทำให้รสชาติไม่ดี



รูปที่ 4.5 การระบายความร้อน หลังจากคั่วเสร็จแล้ว

เมื่อคั่วกาแฟเสร็จแล้วให้เราใส่ถุงมือกันความร้อน แล้วนำเมล็ดกาแฟจากเตาอบมาเขย่าเพื่อให้กากของเมล็ดกาแฟหมดไป จึงนำเมล็ดกาแฟมาใส่ถาดสแตนเลสที่เราได้เตรียมไว้ เพื่อทำการระบายความร้อนของเมล็ดกาแฟอย่างรวดเร็ว ดังรูปที่ 4.5



การคั่วอ่อน

การคั่วกลาง

การคั่วเข้ม

รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของเมล็ดกาแฟที่ได้จากการคั่ว

ลักษณะของเมล็ดกาแฟที่ได้จากการคั่วเสร็จแล้วแสดงดังรูปที่ 4.6 มี 3 รูปแบบขึ้นกับเวลาที่ใช้ในการคั่วได้แก่ การคั่วอ่อน ใช้เวลา 20.30 นาที การคั่วกลาง ใช้เวลา 26.30 นาที การคั่วเข้ม ใช้เวลา 30.30 นาที สำหรับลักษณะของเครื่องคั่วกาแฟแบบอัตโนมัติแสดงดังรูปที่ 4.7



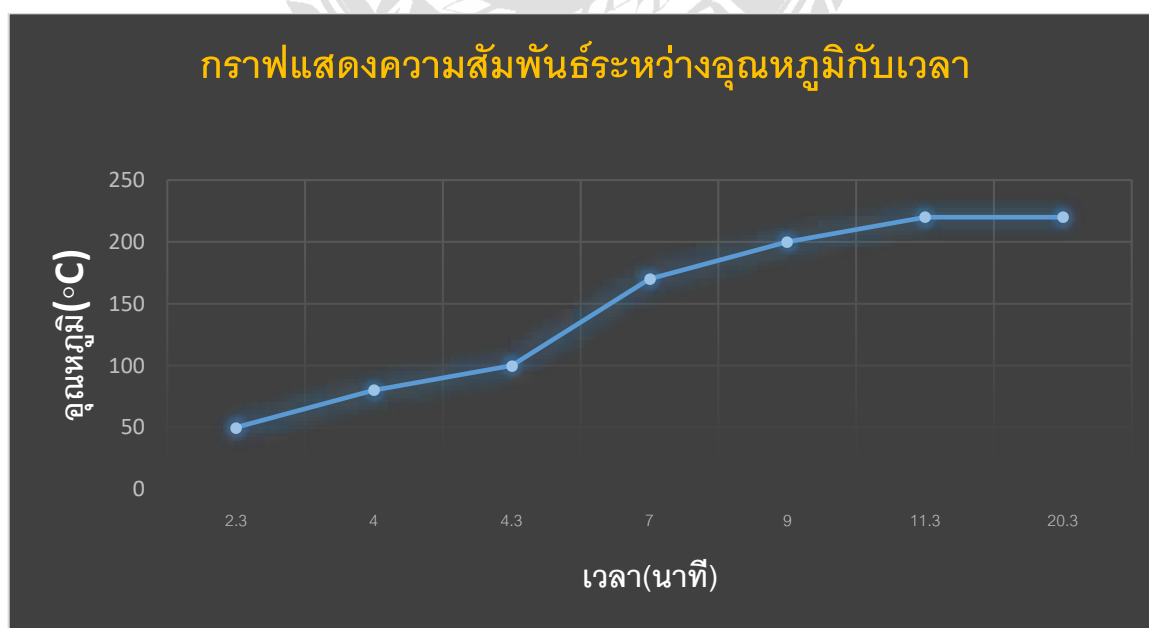
รูปที่ 4.7 ลักษณะของเครื่องคั่วกาแฟแบบอัตโนมัติ

ได้ทำการบันทึกข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟอาราบิก้า ทั้งหมด 6 ครั้งประกอบด้วย คั่วอ่อน คั่วกลางและคั่วเข้มอย่างละ 2 ครั้ง โดยที่ ครั้งที่ 1 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัมโดยวัดอุณหภูมิ (°C) เทียบกับเวลา (นาที) ดังตารางที่ 4.1 และกราฟแสดงความสัมพันธ์กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้งดังกล่าว ในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟอาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
50	2.30
80	4
100	4.30
170	7
200	9
220	11.30
220	20.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วอ่อนครั้งที่ 1



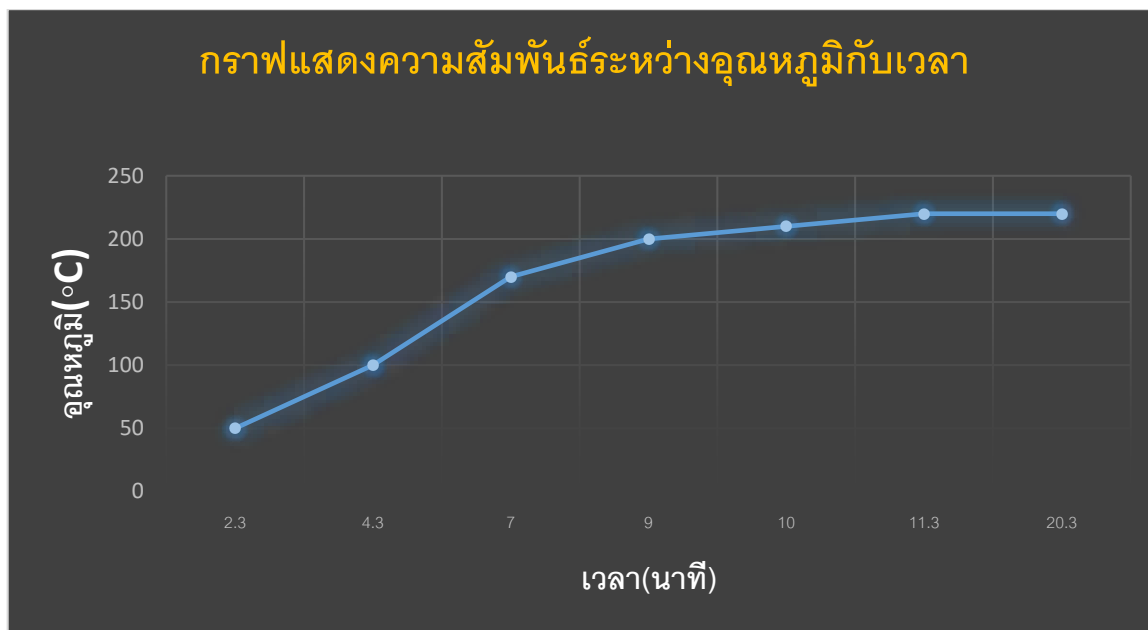
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม

ลำดับที่	อุณหภูมิ°C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-80	สีอ่อนมาก	เมล็ดกาแฟยังค่อนข้างเหนียว มีสีน้ำตาลอ่อน
2	80-100	สีอ่อน	เมล็ดกาแฟมีสีอ่อนทั่วทั้งเมล็ด เริ่มมีกลิ่นอ่อนๆ
3	100-170	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีอ่อนของเมล็ดกาแฟ ประปนน้ำตาลอ่อน กลิ่นชัดกว่าเดิมเล็กน้อย
4	170-200	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มจะมีสีน้ำตาลอ่อนชัดขึ้น เปลือกเริ่มหลุดจากเมล็ด
5	200-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อนทั้งเมล็ด กลิ่นเริ่มชัด
6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลทั้งเมล็ด กลิ่นของเมล็ดกาแฟชัดมาก

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
50	2.30
100	4.30
170	7
200	9
210	10
220	11.30
220	20.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วอ่อนครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วอ่อน ปริมาณ 250 กรัม

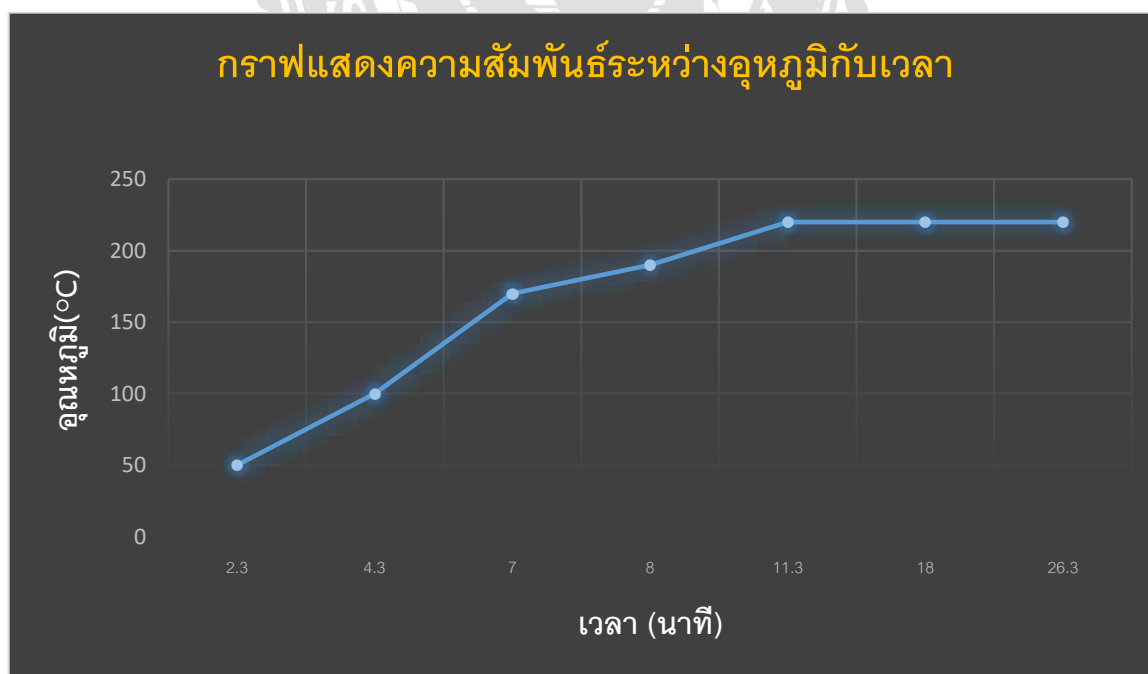
ลำดับที่	อุณหภูมิ °C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-100	สีอ่อนมาก	เมล็ดกาแฟยังเป็นสีอ่อนมาก ยังเป็นสีของเมล็ดกาแฟอยู่ เริ่มมีกลิ่นของกาแฟเล็กน้อย
2	100-170	สีอ่อน	เมล็ดกาแฟยังเป็นสีอ่อนของเมล็ดกาแฟ ประปนน้ำตาลอ่อน กลิ่นชัดขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อย
3	170-200	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อน เปลือกของเมล็ดกาแฟเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของผิวภายนอก กลิ่นเริ่มชัด
4	200-210	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มจะมีสีน้ำตาลชัดขึ้น ยังประปนสีของเมล็ดกาแฟอยู่ กลิ่นของเมล็ดกาแฟชัด
5	210-220	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลอ่อนทั้งเมล็ด มีกลิ่นหอมของเมล็ดกาแฟ

6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลทั้งเมล็ด ไม่มีสีอ่อนของ เมล็ดกาแฟประปน มีกลิ่นหอมของเมล็ดกาแฟชัด มาก
---	---------	----------	--

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
50	2.30
100	4.30
170	7
190	8
220	11.30
220	18
220	26.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง



รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วกลางครั้งที่ 1

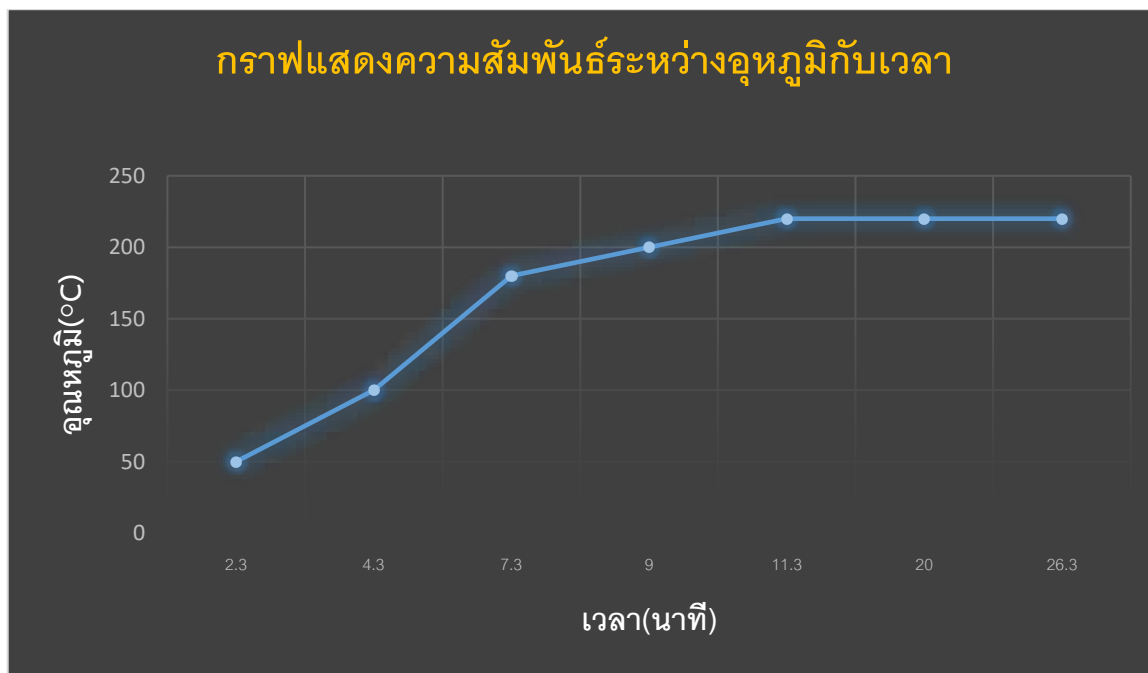
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม

ลำดับที่	อุณหภูมิ°C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-100	สีอ่อนมาก	เมล็ดกาแฟยังเป็นสีอ่อนมาก ยังเป็นสีของเมล็ดกาแฟอยู่ เริ่มมีกลิ่นของกาแฟเล็กน้อย เริ่มมีกลิ่น
2	010-170	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อน ประปนสีของเมล็ดกาแฟ มีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ
3	170-190	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของผิวภายนอก
4	190-220	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลอ่อนชัดเจน ประปนสีอ่อนเล็กน้อย กลิ่นเริ่มชัด
5	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดของกาแฟเริ่มกลายเป็นสีน้ำตาลอ่อนทั้งเมล็ด ผิวภายนอกของเมล็ดกาแฟมีการเปลี่ยนแปลงชัดเจน มีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ
6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดของกาแฟเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมของเมล็ดกาแฟชัด

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ(°C)	เวลา(นาที)
50	2.30
100	4.30
180	7.30
200	9
220	11.30
220	20
220	26.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง



**รูปที่ 4.11** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วกลางครั้งที่ 2

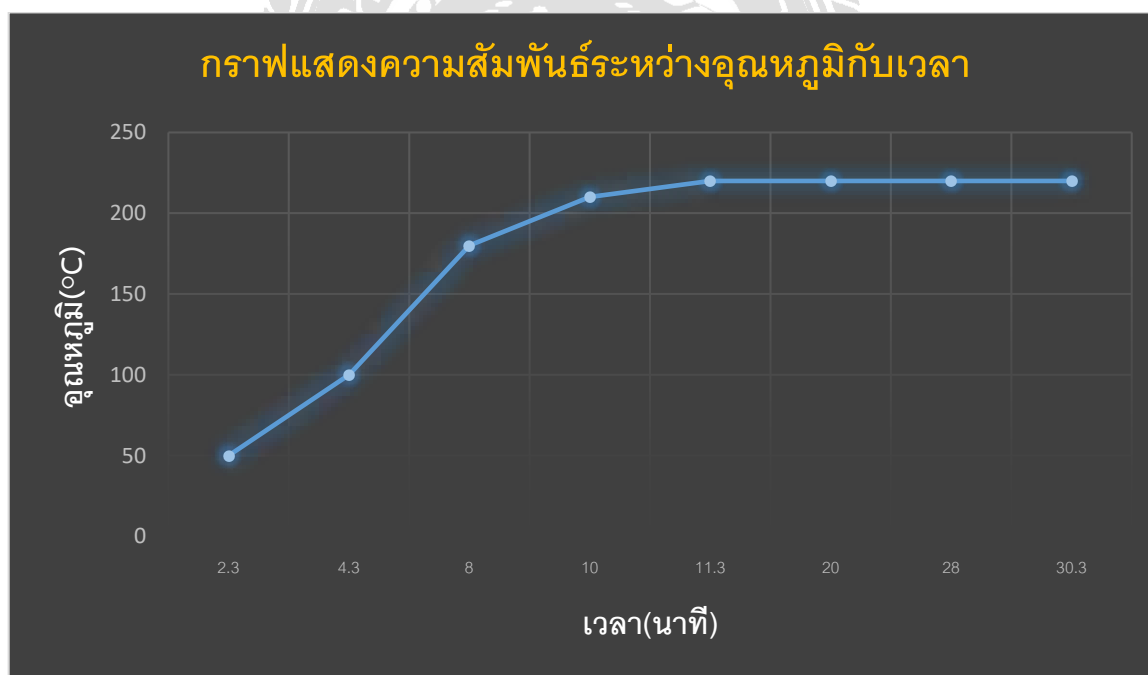
**ตารางที่ 4.8** ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วกลาง ปริมาณ 250 กรัม

ลำดับที่	อุณหภูมิ°C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-100	สีอ่อนมาก	กาแฟยังค่อนข้างเหนียว มีสีของเมล็ดกาแฟค่อนข้างเยอะ
2	100-180	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อน ประปนสีของเมล็ดกาแฟ มีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ เริ่มมีกลิ่น
3	180-200	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มจะมีสีน้ำตาลชัดเจนประปนน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย เริ่มมีกลิ่นของเมล็ดกาแฟชัดเจน
4	200-220	สีน้ำตาลอ่อน	กาแฟเริ่มจะมีสีน้ำตาลชัดเจนทั้งเมล็ด เริ่มมีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ
5	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดของกาแฟกลายเป็นสีน้ำตาลเข้ม ประปนน้ำตาลอ่อน ไม่มีสีของเมล็ดกาแฟเหลืออยู่ มีกลิ่นหอมเมล็ดกาแฟชัดมาก
6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดของกาแฟเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมของเมล็ดกาแฟชัด

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟธำราภิภา ครั้งที่ 1 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
50	2.30
100	4.30
180	8
210	10
220	11.30
220	20
220	28
220	30.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วเข้มครั้งที่ 1

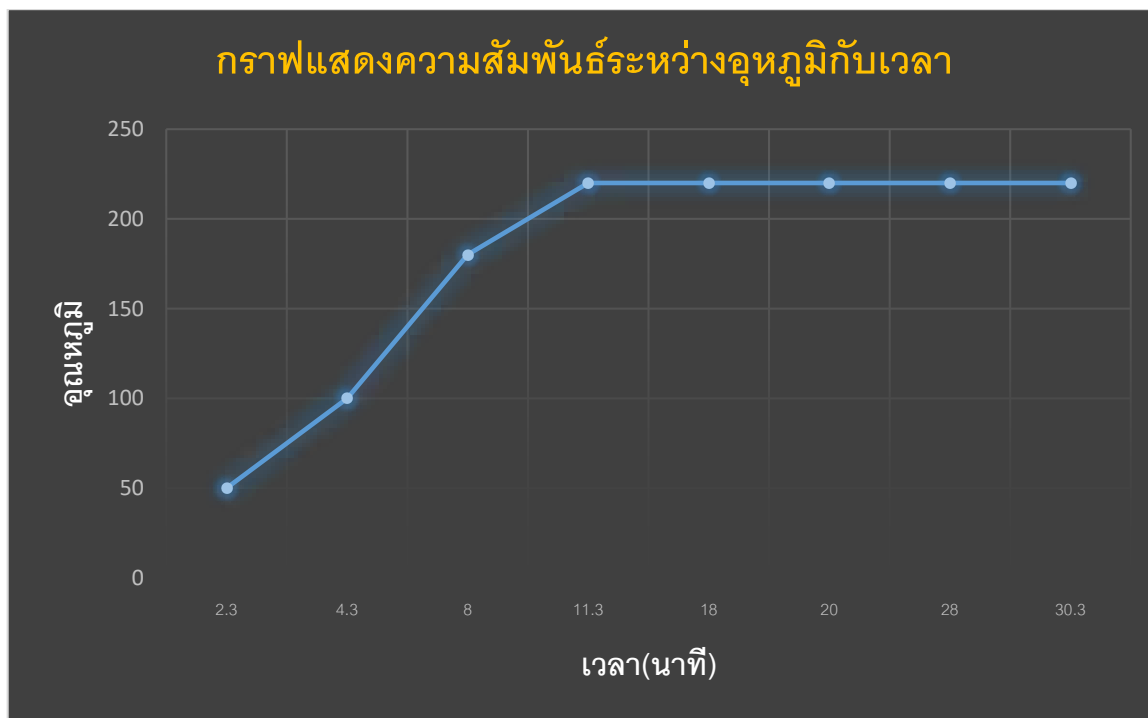
ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 1 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม

ลำดับที่	อุณหภูมิ <sup>o</sup> C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-100	สีอ่อนมาก	เมล็ดกาแฟยังเป็นสีอ่อนมาก ยังเป็นสีของเมล็ดกาแฟอยู่ เริ่มมีกลิ่นของกาแฟเล็กน้อย
2	100-180	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อน ประปนสีของเมล็ดกาแฟ มีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ เริ่มมีกลิ่น
3	180-210	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงของผิภายนอก กลิ่นเริ่มชัดเจน
4	210-220	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มจะมีสีน้ำตาลอ่อนชัดเจนทั้งเมล็ด มีกลิ่นหอม
5	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาล ผิภายนอกเปลี่ยนแปลงให้เห็นชัด กลิ่นของเมล็ดกาแฟชัดเจน
6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีควันออกจากตู้อบ กลิ่นของเมล็ดกาแฟหอมอบอวนไปทั่ว
7	220-220	สีน้ำตาลเข้ม	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลเข้มปนสีน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย มีเสียงดังตอนเมล็ดกาแฟสุกมาก ควันเริ่มเยอะ มีกลิ่นหอมมาก

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลขณะทำการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม

อุณหภูมิ <sup>o</sup> C	เวลา(นาที)
50	2.30
100	4.30
180	8
220	11.30
220	18
220	20
220	28
220	30.30

กราฟแสดงผลเมล็ดกาแฟในการคั่วแต่ละครั้ง คั่วเข้มครั้งที่ 2



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา คั่วเข้มครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการคั่วเมล็ดกาแฟพันธุ์อาราบิก้า ครั้งที่ 2 โดยการคั่วเข้ม ปริมาณ 250 กรัม

ลำดับที่	อุณหภูมิ <sup>o</sup> C	สีของกาแฟ	ลักษณะของเมล็ดกาแฟ
1	50-100	สีอ่อนมาก	เมล็ดกาแฟยังเป็นสีอ่อนมาก ยังเป็นสีของเมล็ดกาแฟอยู่ เริ่มมีกลิ่นของกาแฟเล็กน้อย
2	100-180	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลอ่อน ประปนสีของเมล็ดกาแฟ มีกลิ่นของเมล็ดกาแฟ เริ่มมีกลิ่นชัดขึ้น
3	180-220	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางสภาพผิวภายนอก เปลือกเริ่มหลุด สีของเมล็ดกาแฟเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน ชัด กลิ่นเริ่มหอมมากขึ้น
4	220-220	สีน้ำตาลอ่อน	เมล็ดกาแฟเปลี่ยนสภาพผิวภายนอกเป็นสีน้ำตาลประปนน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย มีควันออกจากเตาอบ และมีกลิ่นหอมชัด
5	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลชัด เริ่มเป็นเป็นสีน้ำตาล เข้มปนน้ำตาลอ่อน กลิ่นหอมอบอวน



6	220-220	สีน้ำตาล	เมล็ดกาแฟเริ่มเป็นสีน้ำตาลเข้ม มีควันออกจากตุ๋บ กระจกเมล็ดกาแฟหอมอบอวนไปทั่ว
7	220-220	สีน้ำตาลเข้ม	เมล็ดกาแฟเป็นสีน้ำตาลเข้มปนสีน้ำตาลอ่อนเล็กน้อย มีเสียงดังตอนเมล็ดกาแฟสุกมาก ควันเริ่มเยอะ มีกลิ่นหอมมาก

จากการทดลองคั่วกาแฟที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาทำให้สรุปได้ว่า การคั่วกาแฟ มี 3 แบบ  
อ่อน กลาง เข้ม โดยการใช้การเปรียบเทียบสีของเมล็ดกาแฟที่คั่วนั้นเป็นตัวแยก



## บทที่ 5

### สรุปผลของโครงการ

#### 5.1 สรุปผลของโครงการ

จากการทดลองคั่วเมล็ดกาแฟพบว่าพันธุ์อาราบิก้า ใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วงอุณหภูมิประมาณ 170-230 °C และใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง ได้ระดับการคั่วกาแฟตามที่ต้องการคือ คั่วอ่อน คั่วกลาง และคั่วเข้ม ตามรสนิยมของคนดื่มกาแฟ จึงสรุปได้ว่าเครื่องคั่วกาแฟที่ได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้นเหมาะสมกับการคั่วกาแฟพันธุ์อาราบิก้า เพราะใช้อุณหภูมิที่สูง แต่ใช้เวลาในการคั่วน้อยกว่าทำให้ประหยัดต้นทุนในการคั่วกาแฟ

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่จะทำการคั่วควรมีคุณภาพที่ดี และไม่ควรมีความชื้นมากเกินไปเพราะจะทำให้เมล็ดกาแฟเกิดเชื้อราบนเมล็ดได้

5.2.2 ขณะที่ทำการคั่วหมั่นตรวจสอบลักษณะของการเปลี่ยนแปลงสภาพสีของเมล็ดกาแฟเพื่อไม่ให้เมล็ดกาแฟเกิดการไหม้เพราะจะทำให้กาแฟเสียรส

#### 5.3 เหตุผลของการคั่วเมล็ดกาแฟ

##### 5.3.1 การคั่วแบบดั้งเดิม

การคั่วแบบดั้งเดิมหรือแบบเปิด จะทำให้อุณหภูมิไม่คงที่ เพราะความร้อนจะกระจายไปตามสภาวะอากาศ เช่น การคั่วใส่กระทะ

##### 5.3.2 การคั่วแบบสมัยใหม่

การคั่วแบบสมัยใหม่หรือแบบปิด จะทำให้อุณหภูมิที่ เพราะความร้อนจากการคั่วจะไม่กระจายไปในสภาวะอากาศ เช่น การคั่วโดยใช้เครื่องอบร้อน

## บรรณานุกรม

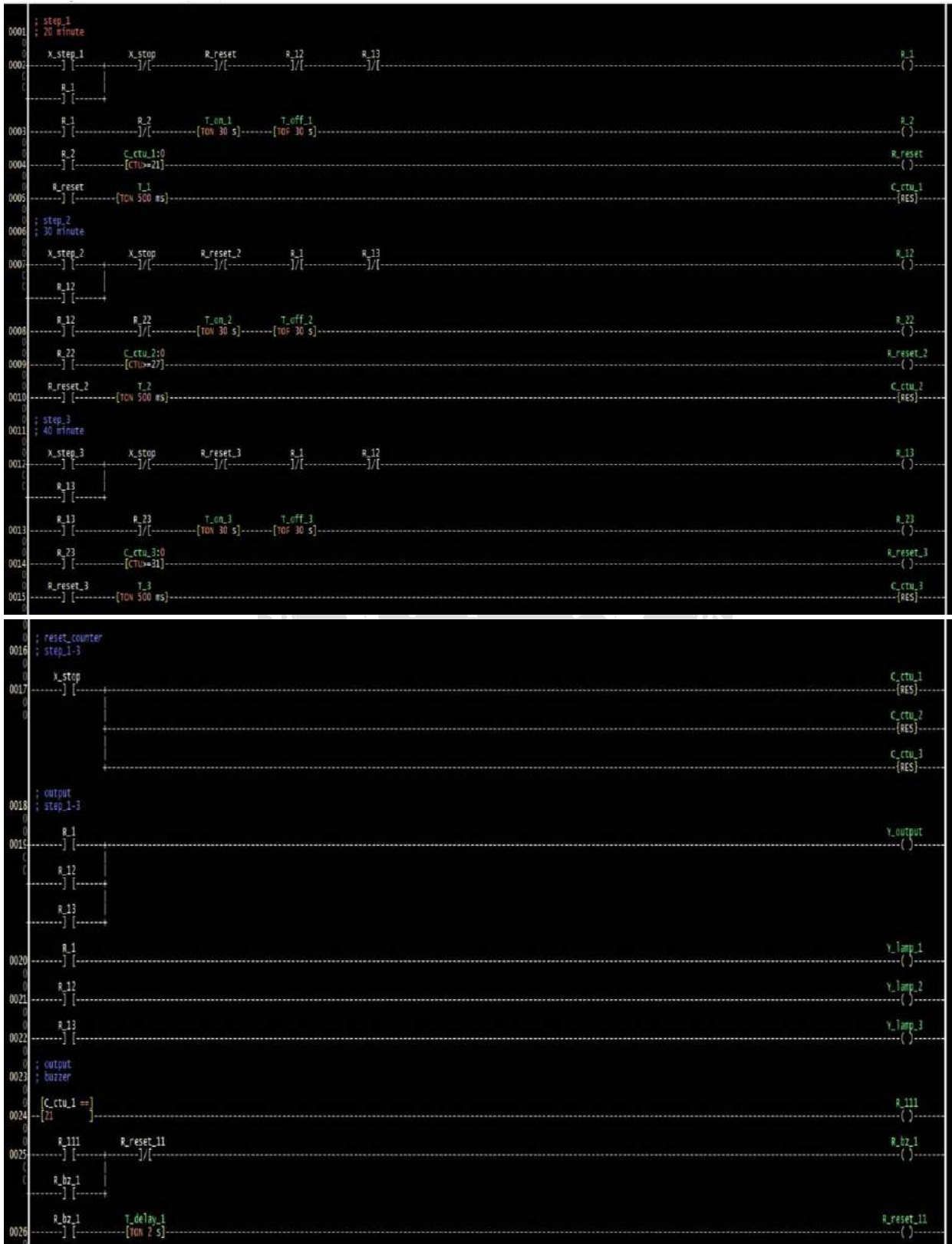
- กีหิ้น. (2559). *หลอดไฟ LED คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก <http://www.keehin.com/index/article.html/>
- บริษัท กูร์เมท์ คอนเน็ค จำกัด. (2562). *ทำความรู้จักกาแฟ 4 สายพันธุ์ ที่จะช่วยให้คุณเลือกดื่มกาแฟได้ตรงกับไลฟ์สไตล์*. เข้าถึงได้จาก <http://www.gourmet.co.th/4-lifestyle-coffee/>
- มีเจริญช่าง. (2562). *หลักการการทำงานของฮีตเตอร์*. เข้าถึงได้จาก <http://www.xnm3ca6bybc6b0exe.com/>
- Charvan International Co., Ltd. (2019). *Adaptor AC/DC 12V*. เข้าถึงได้จาก <http://m.th.cv-power.net/>
- Factomart. (2562). *Push Button Switch คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก <https://mall.factomart.com/>
- Illustrationprize. (2562). *มอเตอร์ชิงโครนัส*. เข้าถึงได้จาก <https://illustrationprize.com/>
- JW TECH. (2564). *Magnetic Contactor*. เข้าถึงได้จาก <http://jwtech.co.th/>
- NLCOFFEE. (2561). *ประวัติความเป็นมาของกาแฟในโลก*. เข้าถึงได้จาก <https://www.nlcoffee.net/content/5961/>.
- PoundXI. (2560). *Arduino*. เข้าถึงได้จาก <https://poundxi.com/arduino->
- Siam Roastery. (2563). *ความแตกต่างของระดับการคั่วกาแฟ*. เข้าถึงได้จาก <https://www.siamroastery.com/content/5553/roast-level>.
- ThaiEasyElec. (2564). *Arduino คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก <https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/>.
- ThaiEasyElec. (2564). *ตัวอย่างการใช้งาน Arduino + Relay Module ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า*. เข้าถึงได้จาก <https://blog.thaieasyelec.com/>
- Yueqing City Ouke Electronic Co., Ltd. (2563). *Buzzer คืออะไร?*. เข้าถึงได้จาก <http://m.th.wiringcable.com/>



**ภาคผนวก**

## ภาคผนวก ก

## โปรแกรมภาษาซีของเครื่องคว่ำกาแฟแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์





## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล

นายไชยเชษฐ์ กรีบาง

รหัส

6103200005

วัน/เดือน/ปี

2 ตุลาคม 2540

ที่อยู่ปัจจุบัน

68/32 ซอยอาทิตย์ ถนนวุฒากาศ 43 แขวงบางค้อ เขตจอมทอง  
กรุงเทพมหานคร 10150

โทรศัพท์

0649605542

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2559 – 2560 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

พ.ศ.2561 – ปัจจุบัน กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

## ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล	นายพีระพงษ์ วงดารา
รหัส	6103200012
วัน/เดือน/ปี	5 ตุลาคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	123/3 (หอพักองศาคอร์ท) ซอยเพชรเกษม 38 ถนนเพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร 10160
โทรศัพท์	0903410485
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559- 2560 ประกาศนียบัตร วิชาชีพชั้นสูง วิทยาเทคนิคเลย พ.ศ. 2561-ปัจจุบัน กำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม