สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ
เครื่องต้นแบบปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ
(A Prototype of automatic Barbeque Machine)

จัดทำโดย

นาย ณทพงษ์	พางาม	รหัส 47040907
นาย ยอด	อุ่นเรือน	รหัส 47040920
นางสาว วัสยามน	จินดานิล	รหัส 47040923

ปพ.
826121ค
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 85401
วัน,เดือน,ปี 1 1 พ.ย. 2551

b 12010182
i.....

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

เรื่อง

เครื่องต้นแบบปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

(A Prototype of Automatic Barbeque Machine)

จัดทำโดย

นายณทพงษ์	พางาม	รหัส 47040907
นายยอด	อุ่นเรือน	รหัส 47040920
นางสาววัสยามน	จินดานิล	รหัส 47040923

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

..... 24 / มีนาคม / 2551 .... **อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ**

(อ. ถิรเดช ดำรงโภวรรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ณทพงษ์ พางาม ,ยอด อุ่นเรือน และวัสยามน จินดานิล. 2550 :
เครื่องต้นแบบปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ (A Prototype of Automatic Barbeque Machine).
ภาควิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ถิรเดช ตำรงโภวรรณ

บทคัดย่อ

บาร์บีคิวเป็นอาหารยอดนิยมอีกประเภทหนึ่งจะเห็นได้ว่ามีผู้ประกอบการขายบาร์บีคิวเกือบทุกแหล่งชุมชน และปัญหาที่พบในการผลิตบาร์บีคิวก็คือขั้นตอนในการปิ้งบาร์บีคิวเมื่อปิ้งบาร์บีคิวจำนวนมากๆ ผู้ประกอบการจะดูแลการพลิกบาร์บีคิวได้ไม่ทั่วถึง ทำให้ระยะเวลาในการย่างเสร็จไม่เท่ากัน จะเห็นว่ากรรมวิธีผลิตแบบดั้งเดิมยังขาดความสะดวก สะอาด และความปลอดภัย

เครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ ได้ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 160 , 180 , 200 องศาเซลเซียส และใช้เวลา 10 , 8 , 6 นาที ตามลำดับ ซึ่งใช้ระบบควบคุมในการพลิก มีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับพลิกไม้บาร์บีคิว รวมถึงระบบระบายอากาศด้วยพัดลมเพื่อดูดควัน และ Heater เป็นตัวให้ความร้อนในการปิ้ง

ผลจากการทดสอบที่ระ ดับอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 6 นาที คำนวณค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นได้ 0.231 บาทต่อรอบการปิ้ง ซึ่งเสียค่าไฟฟ้าประหยัดที่สุด และบาร์บีคิวที่ผ่านการปิ้งมีคุณภาพดีคือ มีสีน้ำตาลอมเทา ความสุกและความนุ่มเนื้อไม่แตกต่างกัน

ณทพงษ์ พางาม		
ยอด อุ่นเรือน		21 มีนาคม 2551
วัสยามน จินดานิล		
ลายมือชื่อนักศึกษา	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	วัน เดือน ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

เครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติสำเร็จลุลวงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อ.ถิรเดช ดำรงโภวรรณซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษนี้ที่กรุณาได้สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา แนวคิด คำแนะนำ ตลอดจนให้แนวทางการแก้ไขปัญหาอันเป็นประโยชน์ยิ่ง ทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ค่อยแนะนำ และช่วยให้ปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลุลวงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้มีอุปการคุณทุกท่านที่ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์ และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ จนทำให้งานสำเร็จลุลวงได้เป็นอย่างดี และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือโดยตลอดมา

นายณทพงษ์ พางาม
นายยอด อุ่นเรือน
นางสาววัสยามน จินดานิล
11 มีนาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาของปัญหาพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 การถ่ายเทความร้อน	3
2.2 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า	5
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	6
2.4 การควบคุมมอเตอร์	8
2.5 การหาความเร็วรอบมอเตอร์และวิธีการคำนวณทดรอบ	15
2.6 ประสิทธิภาพของมอเตอร์	15
2.7 โซ่ส่งกำลัง	16
2.8 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า	17
2.9 เกี่ยวกับเนื้อหมู	19
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 ส่วนประกอบของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ	22
3.2 หลักการทำงานของเครื่อง	25
3.3 การออกแบบการทดลอง	25
3.4 การคำนวณจากการทดลอง	26
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลทดสอบเพื่อหาค่าองศาการหมุนของมอเตอร์	33
4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่ดีที่สุด	35
4.3 ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมู	36
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	39
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	45
ประวัติผู้เขียน	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงองศาการหมุนของมอเตอร์ในแต่ละช่วงเวลาการพลิก	33
4.2	แสดงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมะสมต่อการปิ้งบาร์บีคิว	34
4.3	แสดงค่าไฟที่ใช้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ	35
ก1	แสดงผลการทดลองหาช่วงระยะเวลาที่ดีที่สุดของแต่ละอุณหภูมิในการปิ้ง	41
ก2	แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมูระหว่างการปิ้งจากเครื่องกับการปิ้งตามท้องตลาดจำนวนผู้ทดสอบ 20 จำนวน	42
ก3	แสดงค่าไฟฟ้า(ต่อหน่วยยูนิต)	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	มอเตอร์ไฟฟ้า	5
2	วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบอนุกรม	7
3	วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบขนาน	7
4	วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมเปาว์	8
5	วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบลองชั้นท์เปาว์มอเตอร์	8
6	การทำงานของคอนแทกเตอร์	11
7	ส่วนประกอบภายนอกของโอเวอร์โหลดรีเลย์	11
8	ส่วนประกอบภายในของโอเวอร์โหลดรีเลย์	12
9	รีเลย์ตั้งเวลาด้วยอิเล็กทรอนิกส์	13
10	โครงสร้างภายนอกที่สำคัญของรีเลย์	13
11	โครงสร้างภายในที่สำคัญของรีเลย์	14
12	โซ่ลูกกลิ้งแบบชุดหลายเส้น	17
13	แสดงการติดตั้งแอมมิเตอร์ในวงจร	18
14	แสดงการใช้แอมมิเตอร์คล้องสายเพื่อวัดกระแสในวงจร	19
15	แสดงการให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์	22
16	แสดงพัดลมดูดอากาศ และปล่องควัน	23
17	แสดงระบบส่งกำลังหมุนพลิกไม้	23
18	แสดงระบบควบคุมวงจรไฟฟ้า	24
19	แสดงภาพการคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์	27
20	แสดงการคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์เมื่อใส่เฟืองที่มอเตอร์	28
21	แสดงการคำนวณแรงของโซ่ที่เริ่มเคลื่อนที่	28
22	แสดงการคำนวณหาค่าพลังงานความร้อน	29
23	แสดงการคำนวณพลังงานสูญเสียที่ส่งผ่านอากาศจาก heater ถึง ผิวบาร์บีคิว	30
24	เครื่องต้นแบบปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
25	แสดงการทำงานของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ	34
26	แสดงกราฟอุณหภูมิและเวลาในการปิ้ง	35
27	แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหาพิเศษ

บาร์บีคิวเป็นอาหารยอดนิยมอีกประเภทหนึ่ง เพราะเป็นอาหารที่รับประทานได้สะดวก ให้พลังงานสูงสามารถรับประทานเป็นอาหารว่าง หรืออาหารหลักก็ได้ จึงเป็นอาหารที่นิยมของคนหมู่มาก จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบการ พ่อค้าแม่ขาย จะประกอบอาชีพขายบาร์บีคิวเกือบทุกแหล่งชุมชน เช่น บริเวณตลาดนัด ริมถนนแหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ไม่ว่าชุมชนเมืองหรือชนบทก็สามารถทำการค้าขายได้คุ้มกับการลงทุนตลาดจึงกว้างขวางกว่าอาชีพอื่น แต่กรรมวิธีการผลิตแบบเดิมยังยุ่งยาก และปัญหาที่พบในการผลิตบาร์บีคิวก็คือขั้นตอนในการปิ้งบาร์บีคิวเมื่อปิ้งบาร์บีคิวจำนวนมากๆ ผู้ประกอบการจะดูแลการพลิกบาร์บีคิวได้ไม่ทั่วถึง เกิดการเมื่อยล้า จนทำให้เนื้อหมูไหม้ รวมถึงเศษเนื้อหมู น้ำมันจากเนื้อหมูและผงฝุ่นจากเถ้าถ่าน เกิดการไหม้เกรียมติดตะแกรงปิ้งกลายเป็นสารก่อเกิดมะเร็งต่อตัวผู้บริโภค เกิดควันไฟ ถ่านประทุในขณะปิ้งบาร์บีคิว อาจเป็นอันตรายต่อผู้สัญจรไปมาได้จึงต้องค้าขายในที่กลางแจ้ง ไม่สามารถขายในห้างสรรพสินค้าหรือแหล่งชุมชนที่มีสภาพแออัดได้สะดวก และอุณหภูมิของเตาถ่านไม่คงที่ ทำให้ระยะเวลาในการย่างเสร็จไม่เท่ากัน จะเห็นว่ากรรมวิธีผลิตแบบดั้งเดิมยังขาดความสะดวก สะอาด และความปลอดภัย

จึงมีแนวคิดประดิษฐ์เครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อลดปัญหาการเกิดความเมื่อยล้าของผู้ประกอบการเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ลดปัญหาการเกิดควันไฟ เพิ่มปริมาณในการปิ้ง ควบคุมความสะอาด เพิ่มความสะดวกต่อผู้ประกอบการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของปัญหาพิเศษ

1.2.1 เพื่อทำการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

1.2.3 เพื่อลดการใช้แรงงานคนในการทำงาน และเพิ่มปริมาณในการปิ้งหมู

1.2.4 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้บริโภค และลดปัญหาการเกิดควันไฟ

1.2.5 เพื่อควบคุมความสะอาด เพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้กับผู้ประกอบการ

1.3 ขอบเขตของการทำโครงงาน

1.3.1 สร้างเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

1.3.2 เพื่อดูประสิทธิภาพของบาร์บีคิวจากเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติที่ทำขึ้นเอง และเปรียบเทียบกับบาร์บีคิวสำเร็จรูปที่ขายตามท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 การถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนกล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของความร้อนจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ การนำความร้อน (Conduction) การพาความร้อน (Convention) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเกิดขึ้น แต่กลไกในการที่จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนแต่ละวิธีจะแตกต่างกัน

2.1.1 การนำความร้อน(Conduction)

การนำความร้อนเป็นปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของความร้อน จากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่โมเลกุลของตัวกลางมีการสัมผัสกันโดยตรง ปริมาณของความร้อนที่เกิดการถ่ายโอนนั้นมีค่าแปรผันกับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตามระยะทาง ซึ่งสามารถแสดงได้ตามสมการของฟูเรียร์ดังนี้

$$q = -kA\,(dt / dx)$$

q = ปริมาณความร้อนที่เกิดการถ่ายโอนเนื่องจากการนำ (W)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m^2 K$)

A = พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

dT = ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}C$ หรือ K)

dx = ความหนาของผนังหรือวัสดุที่ผ่าน (m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การพาความร้อน

เป็นกระบวนการถ่ายโอนความร้อนแบบการพาความร้อน เป็นปรากฏการณ์การเคลื่อนที่ของพลังงานจากแหล่งอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่โมเลกุลตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปด้วย ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ของลมที่ผ่านหน้าขดลวดความร้อน ลมดังกล่าวก็จะมีอุณหภูมิสูงตามไปด้วย นอกจากนี้การถ่ายโอนความร้อนแบบพายังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตอาหารหลายชนิด ไม่ว่าจะโดยตรง หรือ ในด้านการใช้ลมหรือน้ำเป็นสารตัวกลางใ น กระบวนการ การพาความร้อนสามารถจำแนกได้ออกเป็น 2 แบบดังนี้

2.1.2.1 การพาความร้อนแบบบังคับ (Force convection)

เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่พร้อมๆ กับทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อนมักจะอาศัยอุปกรณ์ช่วย ตัวอย่างเช่น ปั๊มพ์ พัดลม การพาความร้อนแบบบังคับนี้จะมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบธรรมชาติ

2.1.2.2 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ (Natural convection)

กลไกการเกิดการถ่ายโอนความร้อนมักเกิดเนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่น ในระบบ ตัวอย่างเช่น การถ่ายโอนความร้อนของอาหารภายในกระป๋องที่ผ่านการทำเย็นหลังจากการฆ่าเชื้อ ภายในกระป๋องจะมีการเคลื่อนที่ความร้อนเนื่องจากความหนาแน่น การถ่ายโอนในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นค่อนข้างช้า ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายโอนความร้อนแบบพาในลักกษณะใดก็ตามแต่มีสมการที่ใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายโอนความร้อนเหมือนกันคือ

$$q = hA\Delta T \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ

ในสมการที่ 1 เรียกว่า กฎการเย็นตัวของนิวตัน "Newton's cooling law"

Q = ปริมาณความร้อนที่เกิดการถ่ายโอนเนื่องจากการพา (W)

h = สัมประสิทธิ์การพาความร้อน ($W/m^2 K$)

A = พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อน (m^2)

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิ ($^{\circ}C$ หรือ K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงาน ต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักรกลต่างๆในงานอุตสาหกรรมมอเตอร์มีหลายแบบหลายชนิดที่ใช้ให้เหมาะสมกับงานดังนั้นเราจึงต้องทราบถึงความหมายและชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าตลอดคุณสมบัติการใช้งานของมอเตอร์แต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานของมอเตอร์นั้นๆ

ภาพที่ 1 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.2.1 ความหมายของมอเตอร์และการจำแนกชนิดของมอเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า(MOTOR) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้า เปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

2.2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ(Alternating Current Motor) หรือ เรียกว่า เอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR)

2.2.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง(Direct Current Motor) หรือ เรียกว่ ดี.ซี มอเตอร์ (D.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกได้ดังนี้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

1. มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)
2. มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)
3. มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังขับเคลื่อนที่สำคัญอย่างหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรม เพราะมีคุณสมบัติที่ดีเด่นในด้านการปรับความเร็วได้ตั้งแต่ความเร็วต่ำสุดจนถึงสูงสุด นิยมใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า โรงงานเส้นใยโพลีเอสเตอร์ โรงงานถลุงโลหะหรือให้ เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า เป็นต้นในการศึกษาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงควรรู้จักอุปกรณ์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเข้าใจถึงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่างๆ

2.3.1 หลักการของมอเตอร์กระแสไฟฟ้าตรง (Motor Action)

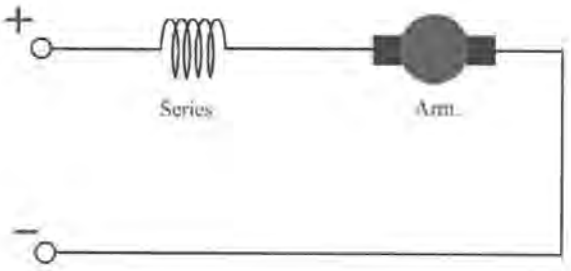
หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Motor Action) เมื่อเป็นแรงดันกระแสไฟฟ้าตรงเข้าไปในมอเตอร์ ส่วนหนึ่งจะแปรงถ่านผ่านคอมมิวเตเตอร์เข้าไปในขดลวดอาร์มาเจอร์สร้างสนามแม่เหล็กขึ้น และกระแสไฟฟ้าอีกส่วนหนึ่งจะไหลเข้าไปในขวดสนามแม่เหล็ก (Field coil) สร้างขั้วเหนือ-ใต้ขึ้นจะเกิดสนามแม่เหล็ก 2 สนาม ในขณะเดียวกัน ตามคุณสมบัติของเส้นแรงแม่เหล็ก จะไม่ตัดกันทิศทางตรงข้ามจะหักล้างกัน และทิศทางเดียวจะเสริมแรงกัน ทำให้เกิดแรงบิดในตัวอาร์มาเจอร์ ซึ่งวางแกนเพลาและแกนเพลานี้ สวมอยู่กับตลับลูกปืนของมอเตอร์ ทำให้อาร์มาเจอร์นี้หมุนได้ ขณะที่ตัวอาร์มาเจอร์ทำหน้าที่หมุนได้นี้เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ซึ่งหมายความว่าตัวหมุนการที่อำนาจเส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีปฏิกิริยาต่อกัน ทำให้ขดลวดอาร์มาเจอร์ หรือโรเตอร์หมุนไปนั้นเป็นไปตามกฎซ้ายของเฟลมมิ่ง (Fleming'left hand rule)

2.3.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.3.2.1 มอเตอร์แบบอนุกรม (Series Motor)

คือ มอเตอร์ที่ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ว่าซีรีสฟิลด์ (Series Field)มีคุณลักษณะที่ดีคือให้แรงบิดสูงนิยมใช้เป็นต้นกำลังของรถไฟฟ้ารถยกของเครนไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์อนุกรมเมื่อไม่มีโหลดความเร็วจะสูงมากแต่ถ้ามีโหลดมาต่อความเร็วก็จะลดลงตามโหลด โหลดมากหรือทำงานหนักความเร็วลดลง แต่ขดลวดของมอเตอร์ไม่เป็นอันตราย จ ากคุณสมบัตินี้จึงนิยมนำมาใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า ในบ้านหลายอย่างเช่น เครื่องดูดฝุ่น เครื่องผสมอาหาร สว่านไฟฟ้า จักรเย็บผ้า เครื่องเป่าผม มอเตอร์กระแสตรงแบบอนุกรม ใช้งานหนักได้ดีเมื่อใช้งานหนักกระแสจะมากความเร็วรอบ จะลดลงเมื่อไม่มีโหลดมาต่อความเร็วจะสูงมากอาจเกิดอันตรายได้ดังนั้นเมื่อเริ่มสตาร์ทมอเตอร์แบบอนุกรมจึงต้องมีโหลดมาต่ออยู่เสมอ

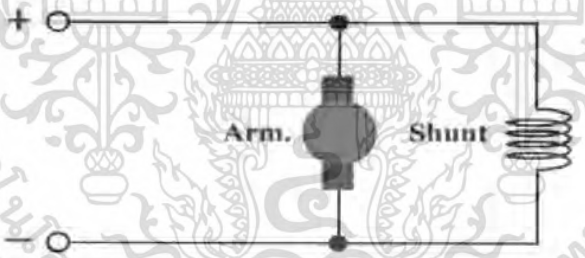
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบอนุกรม

2.3.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน(Shunt Motor)

หรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้ ขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่อ(Field Coil) จะต่อขนานกับขดลวด ชุดอาเมเจอร์ มอเตอร์แบบขนานนี้มีคุณลักษณะ มีความเร็วคงที่ แรงบิดเริ่มหมุนต่ำแต่ความเร็วรอบคงที่ ชันท์มอเตอร์ส่วนมากเหมาะกับงานดังนี้ พัดลม เพราะพัดลมต้องการความเร็วคงที่ และต้องการเปลี่ยนความเร็วได้ง่าย

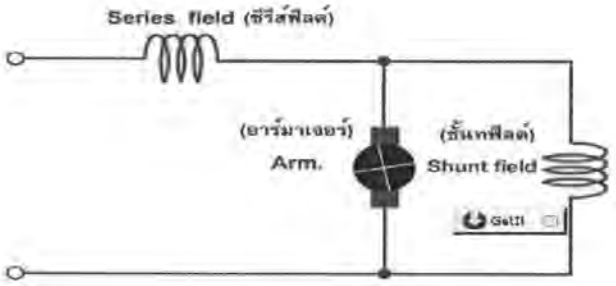


ภาพที่ 3 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบขนาน

2.3.2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม (Compound Motor)หรือ เรียกว่า คอมเปาวด์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนี้ จะนำคุณลักษณะที่ดีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน และแบบอนุกรมมารวมกัน มอเตอร์แบบผสมมีคุณลักษณะพิเศษคือมีแรงบิดสูง (High staring torque) แต่ความเร็วรอบคงที่ ตั้งแต่ยังไม่มีโหลดจนกระทั้งมีโหลดเต็มที่

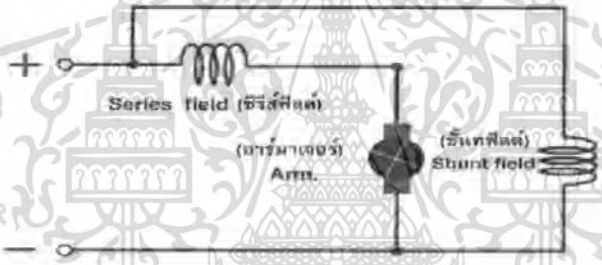
มอเตอร์แบบผสมมีวิธีการต่อนขดลวดขนานหรือขดลวดชันท์อยู่ 2 วิธี วิธีหนึ่งใช้ต่อขดลวดแบบชันท์ขนานกับอาเมเจอร์เรียกว่า ชอทชันท์ (Short Shunt Compound Motor) ดังรูปวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบชอร์ทชั้นท์คอมเปาว์

วิธีสองคือต่อขดลวด ขนานกับขดลวดอนุกรมและขดลวดอาเมเจอร์เรียกว่า ลองชั้นท์คอมเปาว์มอเตอร์Long shunt motr) ดังรูปวงจร



ภาพที่ 5 วงจรแสดงการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระตรงแบบลองชั้นท์เปาว์มอเตอร์

2.4 การควบคุมมอเตอร์ (Motor control)

การควบคุมมอเตอร์ หมายถึง การทำให้มอเตอร์ทำงานตามคำสั่ง และทำให้เกิดความปลอดภัยต่อตัวมอเตอร์,อุปกรณ์เครื่องจักรที่ต่อกับมอเตอร์ รวมถึงทำให้เกิด ความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานด้วย

จุดประสงค์ของการควบคุมมอเตอร์

- เพื่อทำการเริ่มเดินมอเตอร์ (starting)
- เพื่อการหยุดมอเตอร์ (stopping)
- เพื่อการกลับทางหมุน (reversing)
- เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์ (running)
- เพื่อการควบคุมความเร็ว (speed control)
- เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน (safety of operator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์และระบบ (protection from damage)
- เพื่อการบำรุงรักษาอุปกรณ์เริ่มเดินมอเตอร์ (maintenance of starting requirement)

2.4.1 ประเภทของการควบคุมมอเตอร์

แบ่งตามลักษณะการสั่งอุปกรณ์ควบคุมให้มอเตอร์ทำงาน เป็น 3 ประเภทคือ

2.4.1.1 การควบคุมด้วยมือ

เป็นการสั่งงานให้อุปกรณ์ควบคุมทำงานโดยใช้ผู้ปฏิบัติงานควบคุมให้ระบบกลไกทางกลทำงานซึ่งการสั่งงานให้ระบบกลไกทำงานนี้ โดยส่วนมากจะใช้คนเป็นผู้สั่งงานแทบทั้งสิ้น ซึ่งมอเตอร์จะถูกควบคุมจากการสั่งงานด้วยมือโดยการควบคุมผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ท็อกเกิ้ลสวิตช์ (toggle switch) เซฟตี้สวิตช์ (safety switch) ดรัมสวิตช์ (drum switch) ตัวควบคุมแบบหน้าจาน(faceplate control) เป็นต้น

2.4.1.2 การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

โดยการใช้สวิตช์ปุ่มกด (push button) ที่สามารถควบคุมระยะไกล (remote control) ได้ ซึ่งมักจะต่อร่วมกับสวิตช์แม่เหล็ก(magnetic switch) ที่ใช้จ่ายกระแสจำนวนมากๆให้กับมอเตอร์แทนสวิตช์ธรรมดาซึ่งสวิตช์แม่เหล็กนี้อาศัยผลการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้าวงจรการควบคุมมอเตอร์กึ่งอัตโนมัตินี้ ต้องอาศัยคนคอยกดสวิตช์จ่ายไฟให้กับสวิตช์แม่เหล็กสวิตช์แม่เหล็กจะดูดให้หน้าสัมผัสมาแตะกันและจ่ายไฟให้กับมอเตอร์ และถ้าต้องการหยุดมอเตอร์ก็จะต้องอาศัยคนคอยกดสวิตช์ปุ่มกดอีกเช่นเดิม จึงเรียกการควบคุมแบบนี้ว่า การควบคุมกึ่งอัตโนมัติ

2.4.1.3 การควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control)

การควบคุมแบบนี้จะอาศัยอุปกรณ์ชี้นำ (pilot device) คอยตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งต่าง ๆ เช่น สวิตช์-ลูกลอยทำหน้าที่ตรวจวัดระดับน้ำในถัง คอยสั่งให้มอเตอร์ปั๊มทำงานเมื่อน้ำหมดถัง และสั่งให้มอเตอร์หยุดเมื่อน้ำเต็มถัง, สวิตช์ความดัน (pressure switch) ทำหน้าที่ตรวจจับความดันลมเพื่อสั่งให้ปั๊มลมทำงาน, เทอร์โมสตัท ทำหน้าที่ตัดต่อวงจรไฟฟ้าตามอุณหภูมิสูงหรือต่ำ เป็นต้น วงจรการควบคุมมอเตอร์แบบนี้เพียงแต่ใช้คนกดปุ่มเริ่มเดินมอเตอร์ในครั้งแรกเท่านั้น ต่อไปวงจรก็จะทำงานเองโดยอัตโนมัติตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์

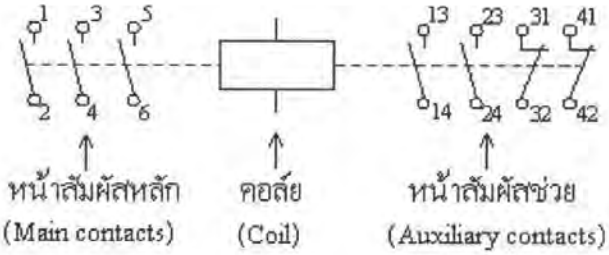
2.4.2.1 คอนแทกเตอร์

หน้าที่ การใช้กำลังไฟฟ้าจำนวนน้อยเพื่อไปควบคุมการตัดต่อกำลังไฟฟ้าจำนวนมาก คอนแทกเตอร์ทำให้เราสามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าในตำแหน่งอื่นๆ ของระบบไฟฟ้าได้ สายไฟควบคุมให้รีเลย์กำลังหรือคอนแทกเตอร์ทำงานเป็นสายไฟฟ้าขนาดเล็กต่อเข้ากับสวิตช์ควบคุมและคอล์ยของของคอนแทกเตอร์ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอล์ยอาจจะเป็นไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ การใช้คอนแทกเตอร์ทำให้สามารถควบคุมวงจรจากระยะไกล(Remote) ได้ ซึ่งทำให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมกำลังไฟฟ้า คอนแทกเตอร์ (Contactors) นอกจากจะมีหน้าสัมผัสทั้งส่วนเคลื่อนที่ และหน้าสัมผัสส่วนที่อยู่กับที่แล้วหน้าสัมผัสภายในของคอนแทกเตอร์ยังแบ่งออกเป็น 2 ส่วนตามลักษณะของการทำงานซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้คือ

1. หน้าสัมผัสหลัก (Main Contacts) โดยปกติแล้วหน้าสัมผัสหลักมี 3 อัน สำหรับส่งผ่านกำลังไฟฟ้า 3 เฟสเข้าไปสู่มอเตอร์ หรือโหลดที่ใช้แรงดันไฟฟ้า3 เฟส หน้าสัมผัสหลักของคอนแทกเตอร์มีขนาดใหญ่ทนแรงดันและกระแสได้สูงหน้าสัมผัสหลักเป็นชนิดปกติเปิด(Normally open;N.O.contact) อักษรกำกับ หน้าสัมผัสด้านแหล่งจ่ายคือ 1, 3, 5 หรือ L1, L2, L3 และด้านโหลดคือ 2, 4, 6 หรือ T1,T2,T3 ดังรูป

2. หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contacts) หน้าสัมผัสชนิดนี้ติดตั้งอยู่ด้านข้างทั้งสองด้านของตัวคอนแทกเตอร์ มีขนาดเล็กทนกระแสได้ต่ำทำหน้าที่ช่วยการทำงานของวงจร เช่น เป็นหน้าสัมผัสที่ทำให้คอนแทกเตอร์ทำงานได้ตลอดเวลา หรือเรียกว่า "holding" หรือ "maintaining contact" หน้าสัมผัสช่วยนี้จะเป็นหน้าสัมผัสแบบโยกได้สองทาง โดยจะถูกดึงขึ้น-ลงไปตามจังหวะการดูด-ปล่อยของคอนแทกเดอร์ อักษรกำกับหน้าสัมผัสช่วย จะเป็น13, 14 สำหรับคอนแทกเตอร์ที่มีหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติเปิด 1 ชุด ถ้ามี N.O. ชุดที่ 2จะเป็น 23, 24 และหน้าสัมผัสช่วยแบบปกติปิดจะมีอักษรกำกับเป็น 31, 32 และ 41, 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

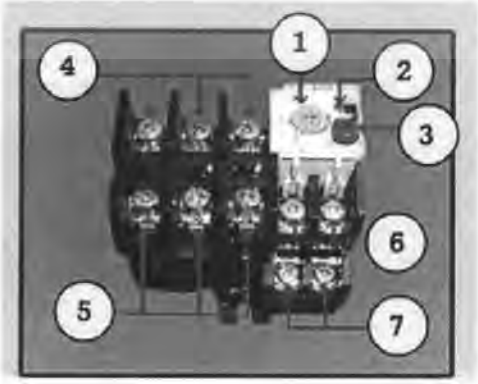


ภาพที่ 6 การทำงานของคอนแทกเตอร์

2.4.3. อุปกรณ์ป้องกันและหน่วงเวลา

2.4.3.1 รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid)รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

- โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Over Load relay) เป็นอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์ทำงาน เกินกำลัง หรือป้องกันมอเตอร์ ไม่ให้เกิดการเสียหาย เมื่อมีกระแสไหลเกินพิกัดในมอเตอร์จากโครงสร้างภายในของโอเวอร์โหลดที่ประกอบไปเมทอลมีขดลวดตัวนำพันรอบอยู่เมื่อมอเตอร์ทำงานหนักเกินกำลังจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวนำสูงเกินพิกัดของโอเวอร์โหลดที่ตั้งไว้ทำให้เกิดความร้อนที่ไปเมทอลทำให้ไปเมทอลงอตัวไปดันก้านดันหน้าสัมผัสทำให้หน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิดและ หน้าสัมผัสเปิดจะปิดเมื่อกดปุ่มรีเซ็ทหน้าสัมผัสจะกลับคืนสภาพเดิมแต่ในกรณีที่โอเวอร์โหลดเป็นแบบไม่ทีปุ่มรีเซ็ทจะต้องรอให้ไปเมทอลเย็นตัวลง หน้าสัมผัสถึงจะกลับคืนสภาพเดิม

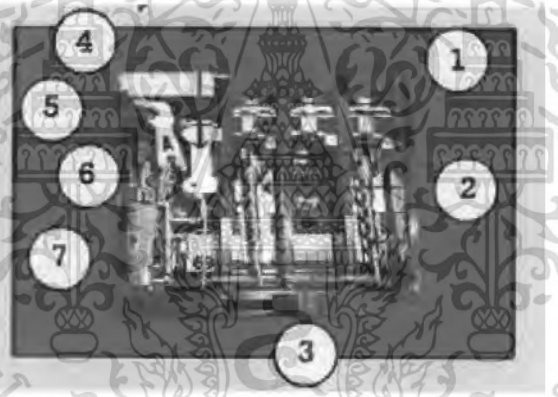


ภาพที่ 7 ส่วนประกอบภายนอกของโอเวอร์โหลดรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบภายนอกที่สำคัญ ของโอเวอร์โหลดรีเลย์

1. ปุ่มปรับกระแส(RC.A)
2. ปุ่มทริพ(TRIP)
3. ปุ่มรีเซ็ท(RESET)
4. จุดต่อไฟเข้าเมนไบมีทอล
5. จุดต่อไฟออกจากเมนไบมีทอล
6. หน้าสัมผัสช่วยปกติปิด(N.O.)
7. หน้าสัมผัสช่วยปกติเปิด(N.C.)



ภาพที่ 8 ส่วนประกอบภายในของโอเวอร์โหลดรีเลย์

ส่วนประกอบภายในที่สำคัญ ของโอเวอร์โหลดรีเลย์

1. ขั้วตัวนำ
2. ลวดนำพันอยู่รอบแผ่นไบมีทอล
3. ก้านดันหน้าสัมผัส
4. แกนปรับหน้าสัมผัส
5. ก้านดันหน้าสัมผัสเมื่อปุ่มทริพทำงาน
6. ก้านปุ่มรีเซ็ทดันหน้าสัมผัสกลับสภาพเดิม
7. ชุดกลไกลหน้าสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโครงสร้างภายในของโอเวอร์โหลดที่ประกอบไปเมทอลมีขดลวดตัวนำพันรอบอยู่เมื่อมอเตอร์ทำงานหนักเกินกำลังจะทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวนำสูงเกินพิกัดของโอเวอร์โหลดที่ตั้งไว้ ทำให้เกิดความร้อนที่ไปเมทอลทำให้ไปเมทอลงอตัวไปดันก้านดันหน้าสัมผัสทำให้หน้าผัสที่ปิดจะเปิดและ หน้าสัมผัสเปิดจะปิดเมื่อกดปุ่มรีเซ็ทหน้าสัมผัสจะกลับคืนสภาพเดิมแต่ในกรณีที่โอเวอร์โหลดเป็นแบบไม่ทีปุ่มรีเซ็ทจะต้องรอให้ไปเมทอลเย็นตัวลง หน้าสัมผัสถึงจะกลับคืนสภาพเดิม

2.4.3.2. รีเลย์ตั้งเวลา (timer relay) เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ที่สามารถใช้ตั้งเวลาควบคุมการทำงานของสวิตซ์ให้ปิดหรือเปิดได้ตามที่ต้องการรีเลย์ตั้งเวลามีอยู่หลายชนิด เช่น รีเลย์ตั้งเวลาด้วยของเหลวหรือน้ำมัน รีเลย์ตั้งเวลาด้วยลมอัดรีเลย์เวลาด้วยซิงโครนัสมอเตอร์ และรีเลย์ตั้งเวลาด้วยอิเล็กทรอนิกส์ภายใน ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานการตั้งเวลาใช้ปรับที่สวิตซ์หมุนด้านหน้าของรีเลย์ตั้งเวลาด้วยอิเล็กทรอนิกส์และมีสวิตซ์เลือกย่านการทำงาน เช่น รีเลย์หน่วงเวลาแบบหลายย่านวัดโดยใช้ไอซีเป็นตัวกำหนด (MULTI RANGE IC TIMER)

ภาพที่ 9 รีเลย์ตั้งเวลาด้วยอิเล็กทรอนิกส์

- รีเลย์หน่วงเวลาแบบ หลายย่านวัดโดยใช้ไอซีเป็นตัวกำหนด (MULTI RANGE IC TIMER)

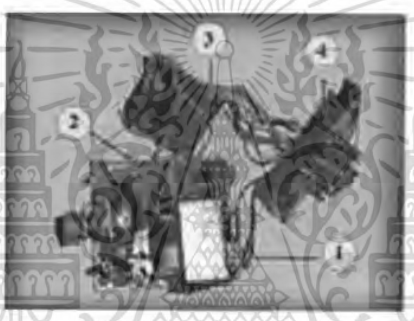
โครงสร้างของรีเลย์หน่วงเวลาแบบหลายย่านวัดโดยใช้ไอซี(MULTI RANGE IC TIMER)

ภาพที่ 10 โครงสร้างภายนอกที่สำคัญของรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายนอกที่สำคัญ

1. ตารางเทียบตั้งเวลา
2. ปุ่มตั้งเวลา
3. ฐานเสียบตัวตั้งเวลา
4. สัญลักษณ์และรายละเอียดการต่อใช้งาน
5. ขาเสียบเข้าฐาน



ภาพที่ 11 โครงสร้างภายในที่สำคัญของรีเลย์

โครงสร้างภายในของตัวตั้งเวลา

1. หม้อแปลง แปลงแรงดันเข้าชุดควบคุมอิเล็คทรอนิกส์
2. ชุดแผงควบคุมอิเล็คทรอนิกส์ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือไอซี
3. รีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อหน้าสัมผัสตามเวลาที่กำหนด
4. ฐานเชื่อมสายรีเลย์กับขาเสียบตัวตั้งเวลา

2.4.4 หลักการทำงาน

เมื่อจ่ายไฟเข้า ตัวตั้งเวลาไฟ ON จะติดแสดงว่าแผงอิเล็คทรอนิกส์กำลังทำงานควบคุมกำหนดเวลาที่ตั้งไว้เมื่อได้เวลาที่ตั้งไว้สัญญานไฟUP จะติดแสดงว่าอุปกรณ์ตั้งเวลาได้ทำงานทำหน้าสัมผัสที่ปิดจะเปิดหน้าสัมผัสที่เปิดก็จะปิดเมื่อหยุดจ่ายไฟจะกลับสภาพเดิมและทำการตั้งเวลาใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การหาความเร็วรอบมอเตอร์และวิธีการคำนวณทดรอบ

เฟืองที่มีขนาดแตกต่างกันเมื่อนำมาต่อหรือขบกัน อัตราเร็วรอบของเฟืองแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับขนาดเฟืองตัวนั้นซึ่งเราสามารถหาอัตราเร็วของเฟืองแต่ละตัวได้ดังสมการต่อไปนี้

$n1d1 = n2d2$

เมื่อ n1 = อัตราเร็วรอบของเฟืองตัวที่1

d1 = จำนวนฟันของเฟือง หรือจะเป็นเส้นรอบวงก็ได้ ของเฟืองตัวที่ 1

n2 = อัตราเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 2

d2 = จำนวนฟันของเฟือง หรือจะเป็นเส้นรอบวงก็ได้ ของเฟืองตัวที่ 2

2.5 ประสิทธิภาพของมอเตอร์

ประสิทธิภาพของมอเตอร์คือ อัตราส่วนของกำลังกลที่ได้ออกมาต่อกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์

$$\text{ประสิทธิภาพ (\%)} = \frac{\text{กำลังกลที่ออก}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อน}} \times 100$$

$$\text{หรือ ประสิทธิภาพ} = \frac{(\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้า} - \text{กำลังที่สูญเสีย})}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อน}} \times 100$$

$$E = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{(P_{in} - P_{loss})}{P_{in}} \times 100$$

กำลังกลขาออกที่เพลา (P_{out}) จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบและแรงบิดดังนี้

$$P_{out} = \frac{TN}{974}$$

เมื่อ P_{out} คือ กำลังขาออกที่เพลา (kW)

N คือ ความเร็วรอบ (rpm)

T คือ แรงบิด (kg.m)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 โซ่ส่งกำลัง (Chain Drives)

ข้อดีเมื่อเทียบกับสายพานแบนและสายพานร่อง :

- ส่งถ่ายน้ำมันได้สูงโดยที่ไม่มีการลื่นที่ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยและให้อัตรากำลังทดสูง
- เปลืองเนื้อที่น้อย
- ไม่ต้องการตึงให้แน่นมาก, และรองเพลารับภาระน้อย

ข้อเสียเมื่อเทียบกับสายพานและสายพานร่อง :

- มีอัตราทอเบี่ยงเบน เนื่องจากมุมข้อต่อของโซ่
- รับภาระกระแทกและการสั่นสะเทือนได้น้อย
- ไม่สามารถวางเพลาไขว้กันได้ ท มีราคาสูง
- ต้องเสียค่าใช้จ่ายบำรุงรักษามากกว่า (การหล่อลื่น)

ข้อดีเมื่อเทียบกับเฟือง

- แก้ปัญหาระยะระหว่างเพลาที่ห่างกันมาก ๆ ได้
- มีความไวต่อสิ่งสกปรกน้อยกว่า

ข้อเสียเมื่อเทียบกับเฟือง

- มีความเร็วรอบหรือมีความเร็วขอบน้อยกว่า (เนื่องจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์)
- ที่ความเร็วรอบสูงจะต้องให้ตัวประกบกันการสั่นของโซ่
- เพลาต้องวางให้ขนานกันและส่วนใหญ่ต้องวางในแนวนอน

2.7.1 ชนิดของโซ่

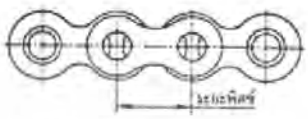
ตามประเภทการใช้งานของโซ่ จะนำโซ่มาใช้ส่งกำลัง, -ลำเลียง,-ใช้ขับ,-ใช้ยกและส่งน้ำหนักลงข้างล่าง ส่งถ่ายแรงและโมเมนต์บิด โซ่จึงแบ่งตามลักษณะรูปร่าง ซึ่งในการสร้างเครื่องปิ้งบาร์บีคิวครั้งนี้ ใช้โซ่ชนิด โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช

โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูชจะประกอบด้วยแผ่นปิดข้างโซ่ด้านนอกและด้านในที่ยึดด้วยบูชและโบลต์เข้าด้วยกัน ดังรูปที่ MC-CHAIN2

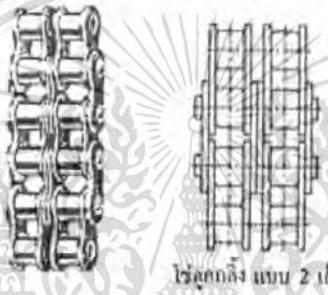
โซ่ลูกกลิ้งที่มีใช้ งานส่วนใหญ่จะมีลูกกลิ้งที่ชุบแข็งร้อย(หมุนได้)อยู่ในบูช ลูกกลิ้งนี้จะช่วยลดความเสียดทานและการสึกหรอของด้านข้างของเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อเฟืองขับโซ่ และมีเสียงดังน้อยเมื่อความเร็วโซ่สูง ในการใช้งานให้รับโมเมนต์หมุนมาก ๆ จะใช้โซ่ลูกกลิ้งและโซ่ขูชแบบชุดหลายเส้น ดังรูปที่ MC-CHAIN3 โซ่ลูกกลิ้งตามมาตรฐานจะนำมาใช้งานได้ถึงความเร็ว 30 m/s ในการส่งกำลังในรถยนต์ในเครื่องมือกลและโซ่ลำเลียง โดยปกติโซ่บูชจะทนการสึกหรอมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โซ่โบลต์ บูชจะหมุนได้ ส่วนโบลต์จะยึดแน่นกับแผ่นปิดนอก แผ่นปิดส่วนใหญ่จะทำจาก St60 ส่วนโบลต์จะทำจากเหล็กกล้าอาบคาร์บอน C15



รูป MC-CHAIN2



โซ่ลูกกลิ้ง แบบ 2 เส้น

ภาพที่ 12 โซ่ลูกกลิ้งแบบชุดหลายเส้น

2.8 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (electrical measuring instruments)

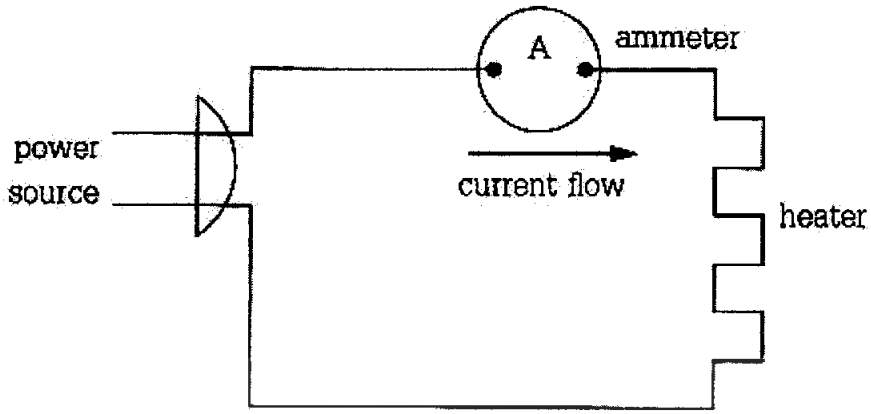
เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ใช้สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์และวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น ประกอบด้วยเครื่องมือต่าง ๆ ดังนี้

2.8.1 แอมมิเตอร์ (ammeter) คือเครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในวงจร แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.8.1.1ชนิดที่ติดตั้งไว้เป็นส่วนหนึ่งในวงจร หรือจะต้องปลดสายออกจากวงจรต่อผ่านเครื่องมือวัด มีทั้งแบบที่ใช้วัดกระแสตรง (DC ammeter) ซึ่งในการวัดจะต้องคำนึงถึงขั้วบวก ขั้วลบของมิเตอร์ด้วย และแบบที่ใช้วัดกระแสสลับ (AC ammeter) ซึ่งในการวัดค่าไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงขั้วบวกขั้วลบ แต่ทั้ง 2 แบบจะต้องต่อแอมมิเตอร์อนุกรมกับอุปกรณ์หรือวงจรที่จะทำการวัดเสมอ เช่นที่วัดโดยใช้มัลติมิเตอร์หรือใช้แอมมิเตอร์ชนิดติดตั้งไว้ถาวรในวงจร (in-line ammeter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85401



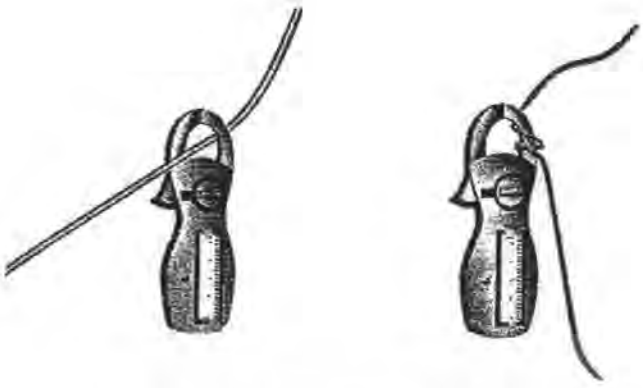
ภาพที่ 13 แสดงการติดตั้งแอมมิเตอร์ในวงจร

ที่มา : (Edward, F.M., หน้า 51)

2.8.1.2 ชนิดที่ใช้วัดโดยใช้แอมมิเตอร์คล้องสายไฟที่ต้องการวัด (clamp-on ammeter หรือ clip ammeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่ากระแสในระบบไฟฟ้าสลับชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากสะดวกในการใช้งาน คือไม่ต้องปลดสายออกจากวงจรมาทำการวัด อุปกรณ์และวงจรสามารถทำงานได้ตามปกติเพียงใช้แคลมป์ออนมิเตอร์คล้องกับสายไฟที่ต้องการวัดเพียงเส้นใดเส้นหนึ่งก็สามารถอ่านค่ากระแสที่ผ่านวงจรได้ ในกรณีที่กระแสผ่านวงจรมีค่าน้อย เพื่อความละเอียดในการอ่านค่าให้ใช้วิธีพันสายไฟที่ต้องการจะวัดคล้องรอบแกนเหล็กของมิเตอร์หลาย ๆ รอบ ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์หารด้วยจำนวนรอบของสายไฟที่พันรอบแกนเหล็กคือค่ากระแสที่ผ่านวงจร

ปัจจุบันแอมมิเตอร์ชนิดนี้ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถใช้งานได้กว้างขวางขึ้น โดยสามารถวัดแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานได้ด้วยเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 14 แสดงการใช้แอมมิเตอร์คล้องสายเพื่อวัดกระแสในวงจร

ที่มา : (ARI Guideline, หน้า 359)

2.9 เกี่ยวกับเนื้อหมู

บาร์บีคิวที่ใช้ในการปิ้งประกอบด้วย เนื้อสันใน พริกหยวก มะเขือเทศ สับปะรด องค์ประกอบของเนื้อหมูมีโปรตีนร้อยละ 18 – 20 ไขมันร้อยละ 8 – 12 และความชื้นร้อยละ 70 – 72

จุลินทรีย์ในเนื้อหมูพบว่าจุลินทรีย์ส่วนมากเป็นพวก Gram negative non spore forming rods และอยู่ใน Family Micrococasiae บางครั้งพบว่า Lactobacilli แต่เมื่อเก็บไว้ที่ 0 – 2 องศาเซลเซียส จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วคือ Pseudomonas

2.9.1 สี (Color)ของเนื้อหมู

เนื้อสัตว์มีสีตั้งแต่สีชมพูออกเทาจนถึงสีแดงเข้มออกม่วง สีของเนื้อสัตว์แตกต่างกันไปตามประเภทของกล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิตอยู่ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ ทั้งนี้มีสาเหตุจากปริมาณรงควัตถุไมโอโกลบิน (myoglobin pigments) ที่มีอยู่นั่นเอง

สีในเนื้อสดเกิดขึ้นจากปริมาณไมโอโกลบินและออกซิเจนในอากาศปกติ กล้ามเนื้อจะมีสีแดงอมชมพู (purple-red) แต่เมื่อถูกชำแหละและตัดเป็นชิ้นๆ เนื้อจะถูกอากาศทำให้เนื้อมีสีชมพูสด (bright-pink) เนื่องจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับไมโอโกบินเกิดเป็นสารออกซีไมโอโกลบิน (oxymyoglobin) ขึ้นทำให้เนื้อมีสีน้ำตาลของเนื้อเมื่อได้รับความร้อนในการนำไปทำให้สุกหรือนำไปประกอบอาหาร พบว่าเนื้อมีสำน้ำตาลอมเทา (grey-brown) เนื่องจากสารเมทไมโอโกลบินถูกทำให้เสียสถาพธรรมชาติไป (denatured metmyglobin) และในที่สุดมเอเนื้อถูกวางไว้นานๆ เนื้อจะขาดออกซิเจนทำให้สารให้สีเกิดเป็นสารพอร์ไพริน (oxidized porphyrins) มีสีเขียวอมเหลืองอ่อนๆ สีของเนื้อในช่วงนี้จะแสดงให้ทราบว่าคุณภาพของเนื้อไม่ดีและไม่เหมาะต่อการนำไปบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนทางด้านการแปรรูปผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ซึ่งต้องการรักษาสีแดงของเนื้อไว้เพื่อให้สดุดตาผู้บริโภค พบว่าทำได้โดยใช้สารไนตริกออกไซด์จากสารประกอบพวกไนเตรตหรือไนเตรตของเกลือโซเดียมหรือตัสเซียมช่วย จะทำให้เนื้อสัตว์มีสีแดงเข้มของสารไนโรโซไมโอโกลบิน (nitrosommyoglobin) ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสารที่มีชมพูเรื่อๆ (light pink) และอยู่ตัวดีของสารไนโตรฮีโมโครม (nitrosohomochrome) เมื่อนำไปทำให้สุกโดยการใช้ความร้อนด้วยการต้ม อบ ทอด หรือรมควัน

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีของเนื้อดิบ คือ

1. ปริมาณเม็ดสีซึ่งต่างกันไปตามอายุสัตว์และชนิดของกล้ามเนื้อ
2. ระดับ pH ของเนื้อซึ่งมีอิทธิพลต่อสถานะทางเคมีของเม็ดสี
3. อุณหภูมิภายในชิ้นเนื้อ
4. สถานะทางเคมีของเม็ดสี ซึ่งเปลี่ยนไปตามออกซิเจนและ oxidation-reduction condition ในเนื้อ

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อสีของเนื้อสุก คือ

1. อุณหภูมิในการหุงต้มเนื้อ
2. ปริมาณออกซิเจนขณะหุงต้ม
3. ถ้าขณะให้ความร้อนมีคาร์บอนมอนออกไซด์หรือซัลเฟอร์จะเกิดสีชมพูหรือเขียวขึ้นได้
4. ถ้ามีพวก reducing sugar จะทำให้เกิดสีน้ำตาล

2.9.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity)ของเนื้อหมู

เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกัน เห็นได้จากการตัดเส้นใยเนื้อตามยาว พบว่าเนื้อบางชนิดมีน้ำคงอยู่ เนื้อบางชนิดแห้งมีน้ำน้อย สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อ คือ pH ของเนื้อนั่นเอง

เนื้อในสภาพปกติจะมี pH ประมาณ 6.8 – 7.0 ซึ่งในสภาพเช่นนี้โมเลกุลของโปรตีนในเนื้อจะมีความเป็นประจุ(ขั้วบวกขั้วลบ)สูง เนื่องจากมีกลุ่มขcarboxy, amono, hydroxyl, sulfhyl, imidazole อยู่ภายในซึ่งกลุ่มเหล่านี้จะจับน้ำที่อยู่ในเซลล์ของเนื้อไว้ด้วยพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) ทำให้เนื้อมีความสามารถในการอุ่มน้ำสูงและน้ำไม่ไหลซึม (exudate) ออกจากเนื้อเมื่อเซลล์ถูกหั่น ตัด และบด

การเปลี่ยนแปลงของเนื้อภายหลังจากสัตว์ตายโดยเกิดกรดแลกติกขึ้นในกระบวนการไกลโคไลซิสมีผลโดยตรงต่อการลดกลุ่มต่างๆ ทีอยู่บนโมเลกุลของโปรตีน ทำให้การจับน้ำที่มีอยู่ในเซลล์ของเนื้อลดลง นอกจากนั้นยังทำให้โปรตีนเกิดการเสียสภาพธรรมชาติไป (denature) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) ของโปรตีนด้วย เป็นผลให้เนื้อมีความสามารถในการอุ้มน้ำแตกต่างกันไป

พบว่าเนื้อที่มีคุณภาพปกติ (normal meat) ประมาณหนึ่งในสามของการสูญเสียความสามารถในการอุ้มน้ำเป็นผลมาจากการลดต่ำลงของค่า pH ในเนื้อ ส่วนที่เหลือเป็นผลมาจากเกิดการหดเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ

ความสามารถในการอุ้มน้ำของเนื้อมีค่าไม่เท่ากันในระหว่างมัดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันหรือในสัตว์ต่างชนิดกัน นักวิจัยยุโรปเชื่อว่าเนื้อหมูมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้สูงที่สุด รองลงมาเป็นเนื้อวัว ส่วนเนื้อไก่มีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำสุด

2.9.3 การสูญเสียน้ำระหว่างปรุง (% cooking loss)

การสูญเสียน้ำระหว่างปรุงเป็นสิ่งสำคัญเพราะไม่เพียงแต่จะมีผลถึงน้ำหนักสุดท้ายเท่านั้นแต่ยังมีผลถึงความฉ่ำน้ำของผลิตภัณฑ์และเนื้อสัมผัสด้วย การสูญเสียน้ำในระหว่างปรุงนี้จะขึ้นอยู่กับสูตรของผลิตภัณฑ์ สภาวะของกระบวนการ และวิธการในการปรุง สำหรับวิธีการในการปรุงระดับของเกลือและฟอสเฟตเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากและจะมีผลถึงน้ำหนักที่สูญเสียระหว่างปรุง แต่อย่างไรก็ตามเกลือมีผลในทางลบที่ทำให้เกิดการเหม็นหืนของไขมันด้วย (Mandogo,1982)

การให้ความร้อนต่อเนื้อสุกรล้วนแต่มีผลต่อฉ่ำน้ำ และการเพิ่มอุณหภูมิตรงใจกลางจะทำให้ความฉ่ำน้ำของเนื้อลดลง (Aaslyng และคณะ ,2003)
(Aaslyng และคณะ ,2003) ได้แสดงให้เห็นว่าเนื้อดิบท่มีคุณภาพแตกต่างกัน 10 ตัวอย่าง มีความแปรผันด้านการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงเป็นอย่างมากเมื่อวัดที่อุณหภูมิ 60 และ 70 °C โดยความแตกต่างนี้เกิดขึ้นกับบางตัวอย่างที่ได้รับความร้อนที่ 80 °C ค่าร้อยละการสูญเสียน้ำระหว่างปรุงที่สูงกว่านี้จะเกิดกับตัวอย่างที่มีค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและค่า pH ต่ำ ในทางตรงกันข้ามจะไม่มีความแตกต่างของร้อยละการสูญสัยน้ำระหว่างปรุงเกิดขึ้นกับตัวอย่างที่มค่าความสามารถในการอุ้มน้ำและ pH ระดับปานกลางและสูง

2.9.4 A_w

ค่า A_w ของเนื้อเป็นปริมาณน้ำซึ่งจุลินทรีย เอนไซม์ หรือปฏิกิริยาทางเคมีนำไปใช้ได้หรือหมายถึงน้ำอิสระนั่นเอง ความสัมพันธ์ของค่า Aw และชนิดของจุลินทรีย์
คำจำกักความของค่า A_w คือ อัตราส่วนระหว่างความดันไอของน้ำในอาหารต่อความดันไออิ่มตัวของน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยปกติเนื้อสัตว์มีค่า A_w ประมาณ 0.97 (Haas และคณะ,1975)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 ส่วนประกอบของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

เครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น เลือกใช้สังกะสีเป็นวัสดุเพื่อลดต้นทุนในการสร้าง และเพื่อให้ได้เครื่องปิ้งบาร์บีคิวที่เป็นระบบอัตโนมัติ จึงทำการออกแบบโดยคำนึงถึงระบบการทำงานของเครื่อง ซึ่งแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 4 ระบบ คือ 1. ระบบให้ความร้อน 2. ระบบระบายอากาศ 3.ระบบส่งกำลังหมุนพลิกไม้ 4. ระบบควบคุมวงจรไฟฟ้า

3.1.1 ระบบให้ความร้อน

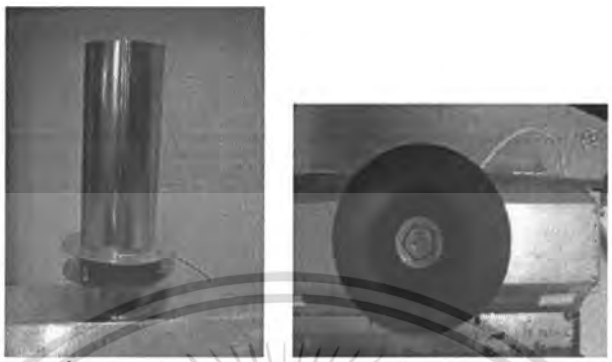
ภาพที่ 15 แสดงการให้ความร้อนด้วยฮีตเตอร์

ก. เส้นลวดความร้อน (Heater) ขดเป็นรูปตัวยู ตามขนาดของเครื่อง ในการสร้างครั้งนี้กำหนดขนาด 20x50 เซนติเมตร โดย heater มีขนาด 8x360 มิลลิเมตร , 2 กิโลวัตถ์ และมีการออกแบบให้มีฝาครอบขั้ว heater เพื่อความปลอดภัยในการใช้งาน

ข. Thermostat ทำหน้าที่เป็นสวิตช์อัตโนมัติควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ระบบระบายอากาศ



ภาพที่ 16 แสดงพัดลมดูดอากาศ และปล่องควัน

ก. พัดลมดูดอากาศ ใช้ในการดูดควันระหว่างการปิ้ง เลือกใช้ขนาด 220V~50/60 Hz, 0.07Amp

ข. ปล่องควัน ออกแบบมาเพื่อควบคุมควันที่ออกมาระหว่างการปิ้ง ทำจากสังกะสี

3.1.3 ระบบส่งกำลังหมุนพลิกไม้

ภาพที่ 17 แสดงระบบส่งกำลังหมุนพลิกไม้

ก. โซ่ขับ ยาว 1.10 เมตร

ข. เฟืองโซ่ขนาด 18 ฟัน รู 10 มิลลิเมตร

ค. พุ๊กเหล็ก ใช้เป็นหัวจับไม้

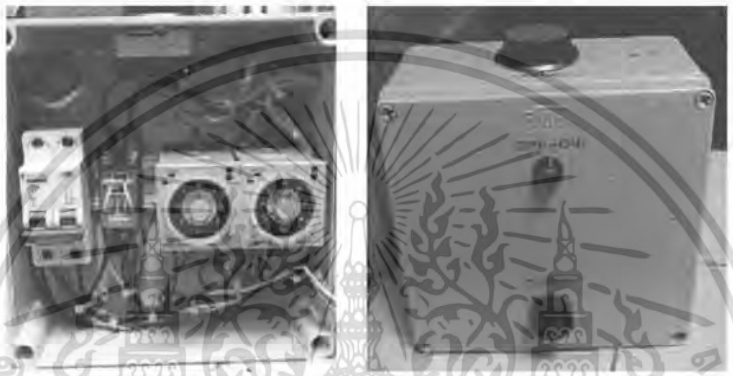
ง. มอเตอร์ทดรอบกระแสตรง 12โวล์, 10 รอบต่อนาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. เฟืองโซ่ขนาด 27 ฟัน รู 6 มิลลิเมตร

ฉ. หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Regulator DC – AC) เป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแล้วจ่ายให้กับมอเตอร์

3.1.4 ระบบควบคุมวงจรไฟฟ้า



ภาพที่ 18 แสดงระบบควบคุมวงจรไฟฟ้า

ก. Breaker ขนาด 400V~ เป็นตัวที่ใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าทั้งหมดในระบบการทำงาน ซึ่งสามารถตัดวงจรไฟฟ้า เมื่อมีการลัดวงจร การเลือกนำมาใช้งานเนื่องจากทำให้เกิดความปลอดภัยของผู้ใช้งาน

ข. รีเลย์ 220V, 1A

ค. Timer สวิตซ์ ควบคุมการพลิก เลือกใช้แบบทำงาน 2 step เพื่อใช้ควบคุมจังหวะการพลิกและเวลาในการปิ้งแช่ไว้

ง. Timer สวิตซ์ ควบคุมเวลาการปิ้ง ใช้แบบทำงาน step เดียว ควบคุมเพียงจังหวะเดียว และยังใช้ในการสั่งสัญญาณให้ทำการเตือน เมื่อครบเวลาที่ตั้งไว้

จ. สวิตซ์ปรับอุณหภูมิ ใช้ตัวปรับที่มีสเกลบอกช่วงอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 0 – 220 องศาเซลเซียส ใช้งานโดยการหมุน

ฉ. สวิตซ์ ON_OFF เริ่มและหยุดการทำงานเครื่อง โดยสวิตซ์เป็นแบบกด การเปิด – ปิด จะกดที่สวิตซ์เดียวกัน เพื่อความสะดวก

ช. Alarm สัญญาณเตือนเมื่อครบเวลาการปิ้ง เป็นสัญญาณเตือนที่เตือนทั้งเสียงและไฟเตือน ทำงานโดยการควบคุมของ Timer2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 หลักการทำงานของเครื่อง

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ากับเครื่องปิ้ง กดปุ่มเปิดสวิตซ์(ON) พัดลมดูดอากาศเริ่มทำงาน Timer 1 กับ Timer 2 เพื่อไปควบคุมการทำงาน Motor โดยปรับ Timer 1เพื่อสั่งพลิกหมูตามเวลาที่ตั้งไว้ [Timer 1 สัมพันธ์กับมุม(องศา)] ปรับ Timer 2 ซึ่งเป็นตัวตั้งระยะเวลาในการปิ้ง ปรับปุ่มตัววัดอุณหภูมิ เพื่อสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน เมื่อถึงระยะเวลาการปิ้งเสร็จจะมีสัญญาณเตือนระบบ การทำงานทั้งหมดจะหยุดการทำงาน กดปุ่มสวิตซ์ (OFF)

3.3 การออกแบบการทดลอง

แบ่งการทดลองเป็น 3 ตอนดังนี้

3.3.1 การทดสอบเพื่อหาค่าองศาการหมุนของ moter เพื่อปรับตั้งค่าเวลาที่ใช้ในการหมุนองศาให้มีความสัมพันธ์กับรูปทรงผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการปิ้ง

3.3.2 การทดสอบเพื่อหาช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่ดีที่สุด ในการปิ้งบาร์บีคิวด้วยเครื่องที่สร้างขึ้น โดยเลือกออกมา 3 ระดับ และเปรียบเทียบคุณภาพที่ได้ทั้ง 3 ระดับ

3.3.3 การทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมู (ทางด้านสี ความสุก และความนุ่มเนื้อ) ของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวที่สร้างขึ้นกับการปิ้งตามท้องตลาด โดยการให้คะแนนของผู้ทดสอบจำนวน 20 คน

ขั้นตอนการทดลอง มี 3 ขั้นตอน

ตอนที่ 1 การทดสอบเพื่อหาค่าองศาการหมุนของ moter ในแต่ละช่วงเวลา

ก. ปรับตั้งค่า Timer 1 ทีละค่า คือ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 , 2.5 และ 3.0 ตามลำดับ

ข. เปิดทำงานเครื่อง

ค. ใช้มิเตอร์วัดความเร็วรอบแบบดิจิตอลชนิดสัมผัสในตัวเดียวกันเพื่อวัดมุม (องศา)

ง. บันทึกค่าที่ได้ในแต่ละเวลา

ตอนที่ 2 การทดสอบหาช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด

ก. เตรียมบาร์บีคิวที่พร้อมปิ้ง เสียบเข้ากับหัวจับ

ข. ทดลองปิ้งบาร์บีคิวที่ระดับอุณหภูมิและเวลาต่างๆ โดยเริ่มการทดลองปรับระดับอุณหภูมิตั้งแต่ที่ 100 - 220 °C

ค. ปรับ Timer1 ที่ 2.5 วินาที (ตั้งไว้ที่ค่านี้ตลอดการทดลอง)

ง. ปรับ Timer2 ที่เวลา 20นาที (ตั้งไว้ที่ค่านี้ตลอดการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. กดปุ่มสวิตซ์ ON – OFF เพื่อให้เครื่องทำงาน

ฉ. เริ่มจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา เพื่อดูความสุกและลักษณะทางกายภาพ

ช. บันทึกผลการทดลอง

ซ. ทำการทดลองซ้ำ ไปเรื่อยๆ จนถึง 220°C

ฌ. เลือกช่วงระยะเวลา และอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดมา 3 ระดับ

ญ. เปรียบเทียบคุณภาพของเนื้อหมูที่ได้จากทั้ง 3 ระดับ

ตอนที่ 3 การทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเครื่องกับตามท้องตลาด

ก. จากผลการทดลองตอนที่ 1 ถ้ามีความแตกต่าง เลือกช่วงที่ดีที่สุด

ข. ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางลักษณะกายภาพของเนื้อหมู (ทางด้านสี ความสุก และความนุ่มเนื้อ) โดยให้ผู้ทดสอบ 20 คน บันทึกผล

ค. จากผลการทดลองตอนที่ 1 ถ้าไม่แตกต่าง คำนวณค่าไฟเพื่อเลือกช่วงที่เหมาะสมที่สุด

ง. ทำข้อ ข.

จ. นำผลการทดสอบในข้อ ข. แสดงผลในรูปของกราฟแท่ง

ฉ. วิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟ

3.4 การคำนวณจากการทดลอง

การคำนวณจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ หนึ่งส่วนของระบบหมุนหรือพลิกไม้บาร์บีคิว สองส่วนของระบบถ่ายแทความร้อน

ในส่วนของระบบหมุนหรือพลิกไม้บาร์บีคิว สิ่งที่เราต้องคำนวณก็คือ

1.กำลังมอเตอร์

2.รอบของมอเตอร์

ส่วนของระบบถ่ายเทความร้อน สิ่งที่เราต้องคำนวณก็คือ

1. พลังงานที heater ใช้เพิ่มอุณหภูมิ จาก 25 °c ไป 120 °c
2. พลังงานที่สูญเสียในอากาศจาก heater ถึง บาร์บีคิว
3. พลังงานความร้อนที่ทำให้บาร์บีคิวสุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การหาความเร็วรอบมอเตอร์และวิธีการคำนวณทดรอบ

เฟืองที่มีขนาดแตกต่างกันเมื่อนำมาต่อหรือขบกัน อัตราเร็วรอบของเฟืองแต่ละตัวจะขึ้นอยู่กับขนาดเฟืองตัวนั้นซึ่งเราสามารถหาอัตราเร็วของเฟืองแต่ละตัวได้ดังสมการต่อไปนี้

$n_1d_1 = n_2d_2$

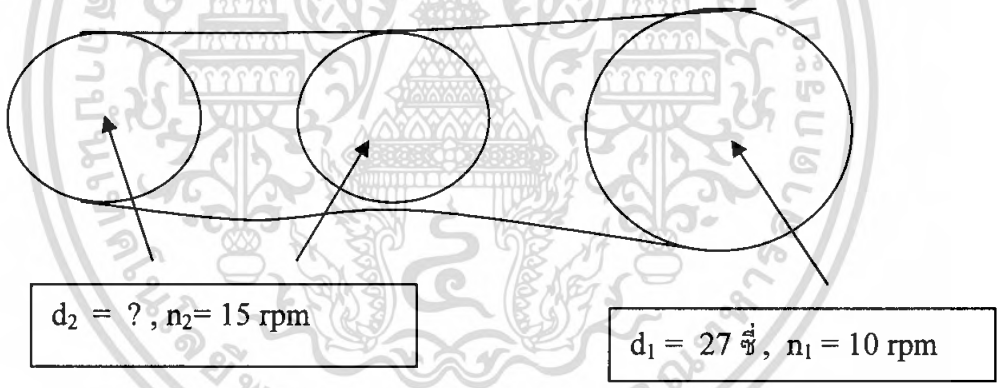
เมื่อ n1 = อัตราเร็วรอบของเฟืองตัวที่1

d1 = จำนวนฟันของเฟือง หรือจะเป็นเส้นรอบวงก็ได้ ของเฟืองตัวที่ 1

n2 = อัตราเร็วรอบของเฟืองตัวที่ 2

d2 = จำนวนฟันของเฟือง หรือจะเป็นเส้นรอบวงก็ได้ ของเฟืองตัวที่ 2

รอบการพลิกไม้ เราศึกษาจากพ่อค้าเป็นต้นแบบ ซึ่งพ่อค้าจะพลิกในอัตราเร็ว 0.5 rps และเนื่องจากมอเตอร์ของเรามีแรงเฉื่อยจึงทำการเผื่อค่า เป็น 0.25 rps หรือ 15 rpm แต่เ Motor ที่มีอยู่มีรอบอยู่ที่ 10 rpm จึงต้องใช้หลักการทดรอบเข้ามาช่วย



ภาพที่ 19 แสดงภาพการคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์

จากสูตร

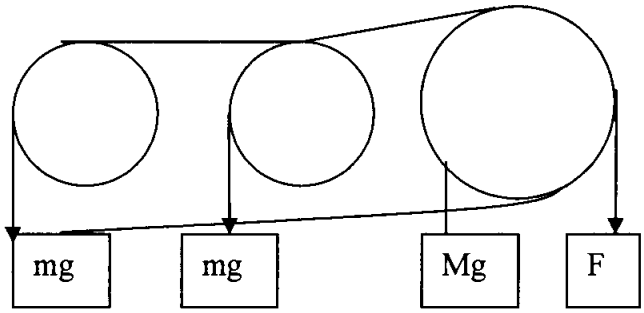
$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$

จะได้ $10 \times 27 = 15 \times d_2$

$$d_2 = 18$$

เพราะฉะนั้น หากเราใช้เฟืองตรง motor เป็น เฟืองขนาด = 27 ซี่ เราต้องใช้เฟืองทดตรงที่เสียบหมู = 18 ซี่ จึงจะทำให้เราสามารถพลิกบาร์บีคิว ใน อัตรา 15 rpm พอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 แสดงการคำนวณหาความเร็วรอบมอเตอร์ เมื่อใส่เฟืองที่มอเตอร์

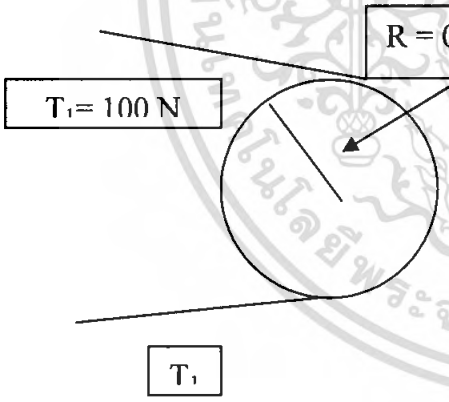
3.4.2 การคำนวณ กำลังมอเตอร์

แรงที่ทำให้โซ่ทั้งระบบเริ่มเคลื่อนที่พอดี = Mg + 8 mg + นน โซ่ + ความฝืดระหว่างเพลากับขอบ

$= (0.8 \times 10) + (8 \times 0.7 \times 10) + (1 \times 10) + (20)$

= 94 นิวตัน

ประมาณแรงที่ทำให้โซ่ทั้งระบบเริ่มเคลื่อนที่พอดี (T) เท่ากับ 100 นิวตัน



$P = F \times V$

$P = F \times 2 \times \pi \times R \times n$

เมื่อ F คือแรงบิด ; $F = T \times R$

R = รัศมีของเฟืองมอเตอร์

n = จำนวนรอบของมอเตอร์

หรือ $P = T \times R \times 2\pi \times R$

$= T \times 2\pi \times R^2$

ภาพที่ 21 แสดงการคำนวณแรงของโซ่ที่เริ่มเคลื่อนที่

เพราะฉะนั้นจะได้ $P = 100 \times 2\pi \times 0.04^2$

= 1.005 วัตถ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

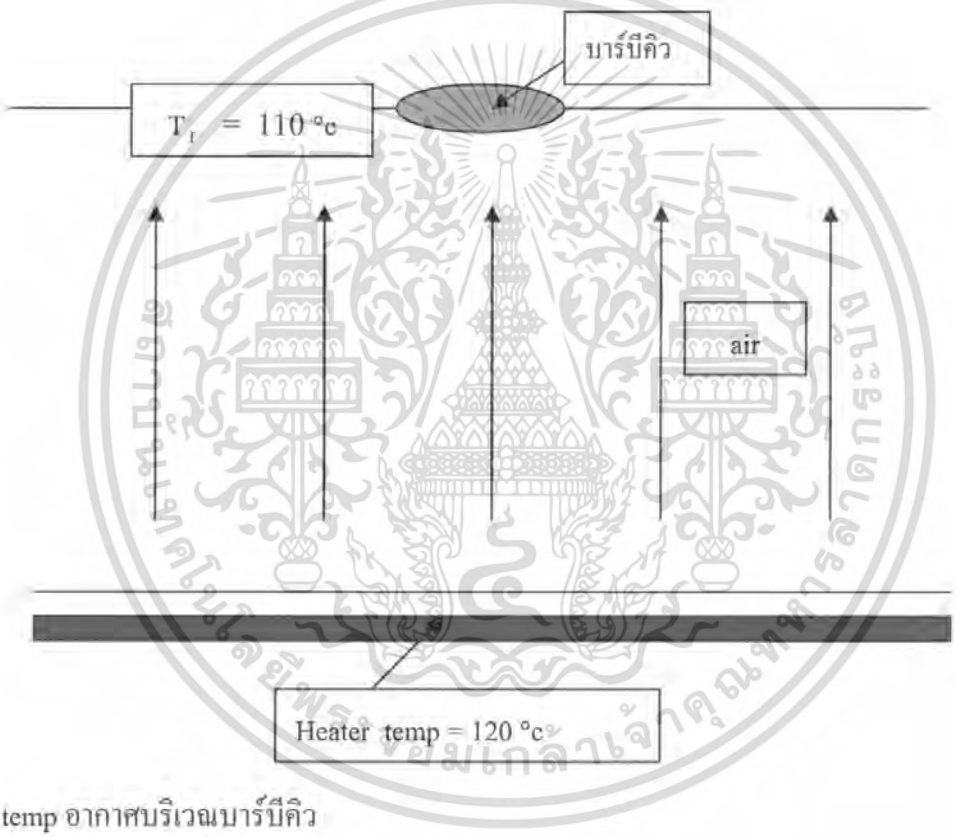
3.4.3 การคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนทั้งหมดในการปิ้งบาร์บีคิว

พลังงานทั้งหมดถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

3.4.3.1 พลังงานในการทำความร้อนของตัว heater เอง จาก 25°c ถึง 120 °c

3.4.3.2 พลังงานสูญเสียที่ส่งผ่านอากาศจาก heater ถึง ผิวบาร์บีคิว

3.4.3.3 พลังงานที่ทำให้หมูสุก



T_f = temp อากาศบริเวณบาร์บีคิว

ภาพที่ 22 แสดงการคำนวณหาค่าพลังงานความร้อน

- คำนวณหาพลังงานในการทำความร้อนของตัว heater เอง จาก 30°c ถึง 120 °c

$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

$$= -(2.13 \text{ w/m °c})(0.48 \times 0.18 \text{ m}^2)(30\text{-}120 \text{ °c}) \div (0.01 \text{ m})$$

= 1,656.288 วัตถ์

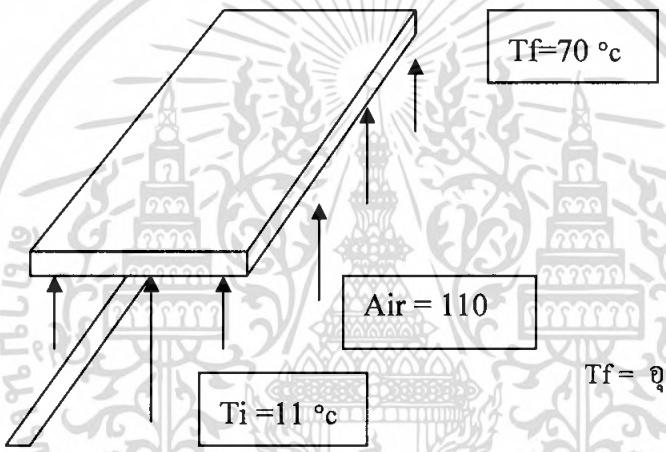
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณหาพลังงานสูญเสียที่ส่งผ่านอากาศจาก heater ถึง ผิวบาร์บีคิว

$q = hA\Delta T$

$= (0.03\ w / m^2{}^oc)(0.48 \times 0.18\ m^2)(120\text{-}110\ ^oc)$

$= 0.02592$ วัตถ์



Tf = อุณหภมิหมูที่สุก

Ti = อุณหภูมิหมูเริ่มย่าง

ภาพที่ 23 แสดงการคำนวณพลังงานสูญเสียที่ส่งผ่านอากาศจาก heater ถึง ผิวบาร์บีคิว

- คำนวณหาพลังงานทั้งหมดที่ทำให้หมูสุก

$q = hA\Delta T$

$= (0.448\ w / m^2{}^oc)(0.48 \times 0.18\ m^2)(110\text{-}((70+11)/2\ ^oc)$

$= 2.690$ วัตถ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$q_{รวม} = q_{heat} + q_{air} + q_{meat}$

$= 1,656.288 + 0.02592 + 2.690$ วัตถ์

$= 1,659.00392$ วัตถ์

แต่เนื่องจากเวลาใช้งานจริงอาจมีการสูญเสียความร้อนจากปัจจัยต่างเช่น จากพัดลมดูดความร้อน เพราะฉะนั้น เวลาเราเลือกซื้อ heater เราจึงเลือกใช้ heater ขนาด 2,000 วัตถ์

3.4.4 การคิดกำลังไฟฟ้า(Electric Power)

บนเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดจะมีตัวเลขกำกับไว้เสมอ เกี่ยวกับกำลังไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้นๆ เช่น หม้อหุงข้าว ขนาด "220 V 800 W" 200 V หมายถึง หม้อหุงข้าวใบนี้ใช้กับไฟที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ ส่วน 800 W หมายถึง ค่าพลังงานที่หม้อหุงข้าวนี้ใช้ใน เวลา 1 วินาที หรือ เรียกว่ากำลังไฟฟ้า ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1 วินาที เช่น เตารีด 1,000 วัตต์ คือ เมื่อใช้เตารีดนี้จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 1,000 จูล ต่อวินาที หรือวัตต์

กำลังไฟฟ้า จะมีค่าขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างความต่างศักย์กับกระแสไฟฟ้า เขียนสมการได้ดังนี้

$$P = VI$$

เมื่อกำหนดให้ P แทน กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์

V แทน ความต่างศักย์ที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์

I แทนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

พลังงานไฟฟ้า(จูล) = กำลังไฟฟ้า(วัตต์) X เวลา(วินาที)

เมื่อกำหนดให้ P แทน กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์

W แทน พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล

t แทน เวลา มีหน่วยเป็น วินาที

หรือ $W = P X t$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงๆ ถ้าใช้เป็นเวลานานจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก ซึ่งในการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าจะคิดเป็นหน่วยที่ใหญ่กว่าจูล คือกิโลวัตต์ และคิดเวลาเวลาเป็นชั่วโมง ดังนั้น หน่วยของพลังงานไฟฟ้าจึงเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ หน่วย หรือยูนิต ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้า(หน่วย) = กำลังไฟฟ้า(กิโลวัตต์) X เวลา (ชั่วโมง)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในบ้านอ่านได้จากเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้าที่เรียกว่า มาตรไฟฟ้า ซึ่งวัดพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือหน่วย มาตรไฟฟ้ามีหลายขนาดกำหนดตามปริมาณกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านมาตรไฟฟ้า

3.4.4.1 ตัวอย่างการคิดค่าไฟ

ณ. อุณหภูมิ 160 °c เราทำการย่างใช้เวลา 10 นาที ปล่อยกระแสเข้าไป 4 นาทีโดยมีขนาดกระแส = 10.5 Amp

จากสูตร

$$P = VI$$
$$= (220\ V)(10.5\ Amp)$$
$$= 2{,}310 \text{ วัตถ์} \longrightarrow 2.3 \text{ กิโลวัตถ์}$$
$$Unit = p \times hr$$
$$= 2.3 \times (4/60)$$
$$= 0.153 \text{ ยูนิต}$$

จากกรมไฟฟ้าคิดราคาค่าไฟเฉลี่ย ยูนิตละ 2 บาท

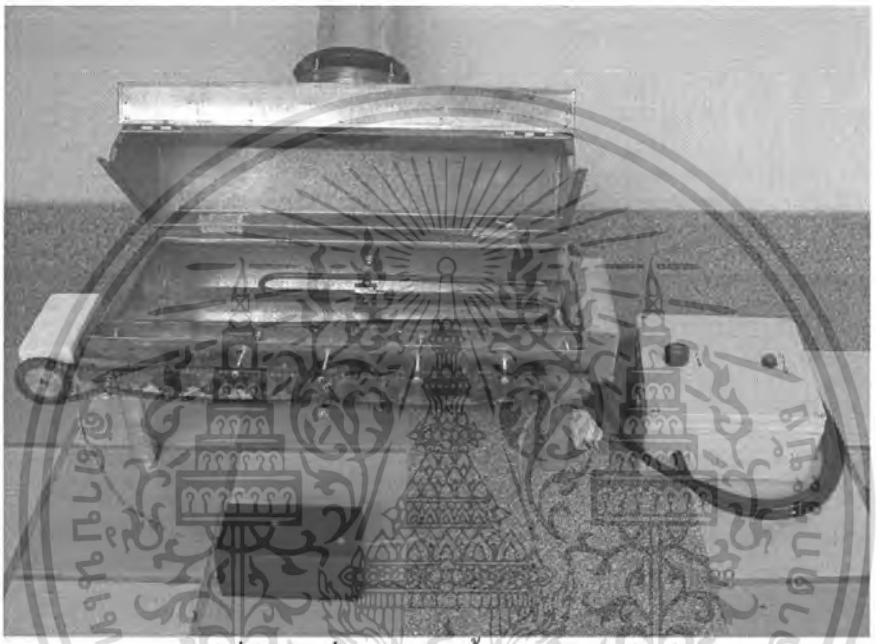
เพราะฉะนั้น

ค่าไฟฟ้า = 0.153×2

= 0.306 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง



ภาพที่ 24 เครื่องต้นแบบปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

4.1 ผลทดสอบเพื่อหาค่าองศาการหมุนของมอเตอร์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองศาการหมุนกับลักษณะรูปทรงของชิ้นบาร์บีคิวเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ให้ผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอในการปิ้ง ซึ่งองศาการหมุนขึ้นกับเวลาโดยมี Timer เป็นตัวควบคุม ในการทดลองปิ้งบาร์บีคิวจะเลือกช่วงเวลา 2.5 วินาที องศาการหมุน 225 ° เนื่องจากรูปทรงของเนื้อบาร์บีคิวมีลักษณะค่อนข้างกลม และในการปิ้งเนื้อหมูจำเป็นต้องมีการปิ้งแช่ ซึ่งจากการที่ทำการปรับTimer ตามแต่ละสเกลของ Timer จะได้ผลตามตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงองศาการหมุนของมอเตอร์ในแต่ละช่วงเวลาการพลิก

เวลา (วินาที)	องศาการหมุน (°)
0.5	45
1	90
1.5	135
2	180
2.5	225
3	270

ภาพที่ 25 แสดงการทำงานของเครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

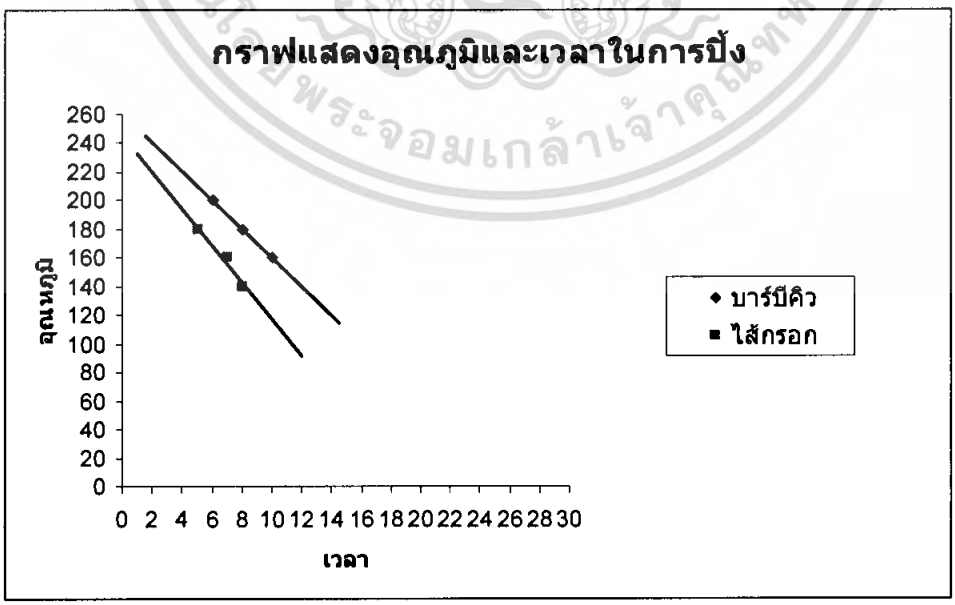
4.2 ผลการทดสอบเพื่อหาช่วงระยะเวลาและอุณหภูมิที่ดีที่สุด

จากการทดลองหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดต่อการปิ้งบาร์บีคิว โดยการทดลองสุ่มอุณหภูมิแล้วจับเวลาในการปิ้งบาร์บีคิว ได้ผลตังตารางที่ 4.2 เมื่อเรานำค่าอุณหภูมิและเวลาไปทำกราฟระหว่างเวลาและอุณหภูมิจะได้กราฟที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

ตารางที่4.2 แสดงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการหาเวลาและอุณหภูมิที่เหมะสมต่อการปิ้งบาร์บีคิว

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
100	15
120	13
140	12
*160	*10
*180	*8
*200	*6
220	5

หมายเหตุ : *แสดงค่าที่เหมาะสมที่สุดในการปิ้งบาร์บีคิว



ภาพที่ 26 แสดงกราฟอุณหภูมิและเวลาในการปิ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

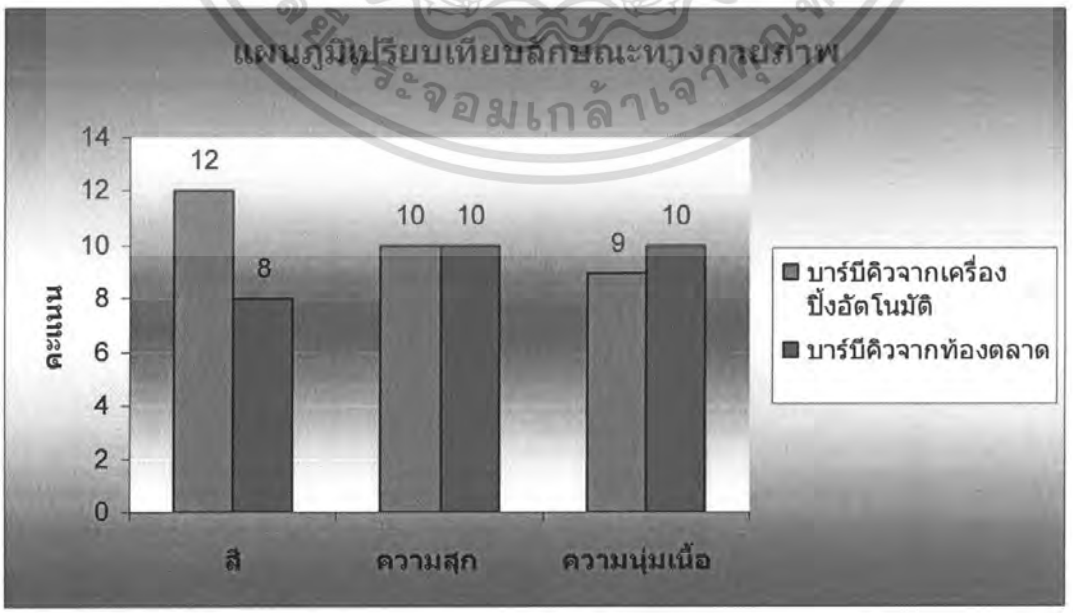
4.3 ผลการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมู

นำค่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการปิ้งบาร์บีคิวมาคำนวณหาค่าสิ้นเปลืองทางไฟฟ้าดังตารางที่ 4.3 ว่าที่อุณหภูมิและเวลาใดมีการสิ้นเปลืองพลังงานทางไฟฟ้าน้อยที่สุด เพื่อนำอุณหภูมิและเวลาที่ดีที่สุดไปเปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพกับบาร์บีคิวตามท้องตลาดโดยการให้คะแนนของผู้ทดสอบจำนวน 20 คน ผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 27

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าไฟที่ใช้ในแต่ละช่วงอุณหภูมิ

อุณหภูมิ (°c)	เวลา (นาที)	ค่าไฟ / รอบ (บาท)	ค่าไฟ / ไม้ (บาท)	1 ชั่วโมงปิ้งได้ (รอบ)
160	10	0.308	0.0385	6 รอบ
180	8	0.308	0.0385	7.5รอบ
*200	6	0.231	0.0280	10รอบ

หมายเหตุ : *แสดงค่าที่ประหยัดไฟฟ้าที่สุดในการปิ้งบาร์บีคิว



ภาพที่ 27 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

เครื่องปิ้งบาร์บีคิวอัตโนมัติที่สร้างขึ้นเมื่อเทียบกับการปิ้งตามท้องตลาดจะเห็นได้ว่า มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกัน แต่อุณหภูมิการปิ้งคงที่สม่ำเสมอกว่า สามารถลดการใช้แรงงานคนในการพลิกปิ้งบาร์บีคิว เพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภค ลดปัญหาการเกิดควัน และสามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ง่าย ซึ่งสะดวกสบายต่อการใช้งาน

จากผลการทดลองและการใช้งานจริงเครื่องปิ้งบาร์บีคิวสามารถทำการปิ้งได้อย่างมีคุณภาพที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม 3 ระดับ ซึ่งบาร์บีคิวที่ผ่านการปิ้งมีสีน้ำตาลเทา(Grey-Brown) ความสุก และความนุ่มเนื้อไม่แตกต่างกัน เมื่อนำไปเขียนกราฟจะได้กราฟเชิงเส้น เป็นกราฟที่แสดงบอกถึงอุณหภูมิและเวลาในการปิ้ง เพื่อนำไปใช้งานในการปิ้งย่างผลิตภัณฑ์อื่นๆได้

เมื่อคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าจะเห็นว่าที่เวลา 6 นาที อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียส ได้ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดที่สุด และนำบาร์บีคิวที่ปิ้งจากเครื่องปิ้งอัตโนมัติเปรียบเทียบกับบาร์บีคิวที่ปิ้งตามท้องตลาด ค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกัน โดยวัดจากการยอมรับของผู้ทดสอบ

วิจารณ์การทดลอง

จากผลการทดลองพบว่าอาหารที่เป็นผักผลไม้ (สับปะรด ,พริก และมะเขือเทศ) จะเกิดการแห้งและเหนียว หากผ่านการปิ้งที่อุณหภูมิและระยะเวลานานๆ จึงควรเลือกชนิดอาหารที่จะนำมาปิ้ง และการปิ้งโดยใช้เครื่องปิ้งอัตโนมัติมีความนุ่มเนื้อต่างจากการปิ้งตามท้องตลาดเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากการปิ้งตามท้องตลาดมีการทาเนยเป็นระยะๆ แต่เครื่องปิ้งอัตโนมัติมีการทาเนยเพียงครั้งเดียวก่อนการนำไปปิ้ง จึงทำให้มีความนุ่มเนื้อแตกต่างกันอยู่เล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะต่อการศึกษาในขั้นต่อไป

ในการพัฒนาออกแบบเครื่องมือ

1. เพิ่มจำนวนที่เสียบไม้หมูปิ้งให้มากขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณที่ผลิตในแต่ละครั้งและช่วยลดการใช้พลังงานในการปิ้งแต่ละครั้ง
2. ควรใช้ตัวอย่างอาหารให้มากกว่านี้ในการทดลองเครื่องเพื่อเพิ่มความถูกต้องในการคำนวณการใช้ความร้อนที่จะใช้กับอาหารประเภทนั้น ๆ
3. ระบบควบคุมควรอยู่ในกล่องเดียว หรืออาจให้ตัวกล้องอยู่ติดกับตัวเครื่องเพื่อความสะดวกในการขนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

จิราวัลย์ พีระสะ. 2540. หลักการเบื้องต้นของกระบวนการส่งผ่านความร้อนและโมเมนตัม, หน้า 161. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต

ชัยณรงค์ คัน พนิต. 2529. วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.

ปิยะวัติ บุญหลง. 2537. การถ่ายเทความร้อน 2 , หน้า 177-186. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์ .2547. เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์. คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์. [ม.ป.ท.]. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีเนื้อสัตว์

วัลลภ ภูผา. 2550. เทคโนโลยีที่พร้อมถ่ายทอด เครื่องปิ้งหมูสเต๊ะอัตโนมัติ. [Online]. Available : http://www.clinictech.rmutp.ac.th/viewpage.php?page_id=16 [3 กันยายน 2550]

สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษ. 2541. หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. กรุงเทพ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

วีระ จันทร์วัฒนะ. 2526. การถ่ายเทความร้อน, หน้า 2-8. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สมโภชน์ อิ่มเอิบ. 2527.เทคโนโลยีความร้อน, หน้า 54-57

Adrain Bejan J.A. Jones.1984. Professor of Mechanical Engineering. Heat Transfer. Duke University.(Printed in singapore)

D. Poulikakos. 1994. Conduction Heat Transfer, Mechanical Engineering Department University of Illinois at Chicago: Prentice-Hall International , Inc.

Deny ,S., and Hendrickx,M.E.1999. "Measurement of the thermal Conductivity of Food at high Pressure." Journal of food science. 64(4): 707-713

Hooper,F.C. and Lepper, F.R. 1950."Transcient Heat Flow Apparatus for the determination of Thermal conductivities" Journal of Heating. Piping and Air Conditioning, Vol.22 , No .8, pp.129-134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kirk D. Hagen., 1999. HEAT TRANSFER WITH APPLICATIONS., Weber State University

Kirk D. Hagen., 1999. HEART TRANSFER WITH APPLICATIONS., Weber State University

Murakami E.G , sweat V.E. , Sastry S.K. , Kolbe E ,Hayakawa K . and Datta A. 1996. " Analysis of various design and operating parameter of thermal conductivity probe" .Journal of food engineering, Vol. 30 ,No. 2 ,pp. 209-225.

Vedat S. Arpaci.1999. Introduction to heat Transfer. Library of Congress Cataloging-in Publication Data : 579-589. Prentice-Hall International , Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางภาคผนวกที่ ก1 แสดงผลการทดลองหาช่วงระยะเวลาที่ดีที่สุดของแต่ละอุณหภูมิในการปิ้ง

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)
100	15
120	13
140	12
160	10
180	8
200	6
220	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก2 แสดงการเปรียบเทียบคุณภาพทางกายภาพของเนื้อหมูระหว่างการปิ้งจากเครื่องกับการปิ้งตามท้องตลาดจำนวนผู้ทดสอบ 20 จำนวน

ลักษณะปรากฏ	เนื้อหมูปิ้งจากเครื่อง (คน)	เนื้อหมูปิ้งตามท้องตลาด (คน)
สี	12	8
ความสุก	10	10
ความนุ่มเนื้อ	9	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ก3 แสดงค่าไฟฟ้า(ต่อหน่วยยูนิต)

ค่าพลังงานไฟฟ้า			
5 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1 - 5)	เป็นเงิน	0.00	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 - 15)	หน่วยละ	1.3576	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	หน่วยละ	1.5445	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	หน่วยละ	1.7968	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	หน่วยละ	2.1800	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	หน่วยละ	2.2734	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.7781	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.9780	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบ.....**วันที่**.....

ชื่อผลิตภัณฑ์ บาร์บีคิวปิ้งจากเครื่องปิ้ง

กรุณาชิมตัวอย่างแต่ละชุดตามลำดับจากซ้ายไปขวา ทดสอบตัวอย่างมาตราฐาน (R) ก่อน แล้วทดสอบตัวอย่างตามลำดับ วงกลมล้อมรอบรหัสตัวอย่างที่เหมือนกันกับตัวอย่างมาตราฐาน กรุณาบ้วนปากระหว่าง

R	รหัส	รหัส
	541	389

ข้อเสนอแนะ(suggestion).....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นาย ณทพงษ์ พางาม เกิดวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัด กรุงเทพ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน บดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) จังหวัดกรุงเทพ เมื่อปีพุทธศักราช 2546

นางสาววัสยามน จินดานิล เกิดวันที่ 11 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ จังหวัดยะลา สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนคณะราษฎรบำรุง จังหวัดยะลา เมื่อปีพุทธศักราช 2546

นาย ยอด อุ่นเรือน เกิดวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัด สมุทรปราการ สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน พรตพิทยพยัต จังหวัดกรุงเทพ เมื่อปีพุทธศักราช 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้