การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ

น.ส.สุพัชชา กระต่ายแก้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Energy Consumption for a door type display freezer in a convenient store

Miss Supatcha Krataikeaw

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Energy Technology and Management
Inter-Department of Energy Technology and Management
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อสารนิพนธ์	การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ
โดย	น.ส.สุพัชชา กระต่ายแก้ว
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับสารนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบสารนิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ศรีเจริญชัยกุล)

---------- อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

---------- กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพงษ์ พุทธิวิสุทธิศักดิ์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สุพัชชา กระต่ายแก้ว : การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ. (Energy Consumption for a door type display freezer in a convenient store) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.วิทยา ยงเจริญ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งและการศึกษาพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเปิดประตูกับพลังงานที่ใช้ การตรวจวัดพลังงานใช้ meter วัดพลังงาน เทียบกับระยะเวลาในการเปิดประตูตู้ ส่วนการศึกษาพฤติกรรมได้ข้อมูลจากการสังเกตผู้ที่ซื้อสินค้าจากตู้แช่แข็งจำนวน 60 คน จากการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานรายวันของตู้แช่แข็ง 1 ตู้มีค่าเฉลี่ย 7.73 หน่วย/วัน ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งได้ความสัมพันธ์ตามสมการ Y = 6.4079x + 14.503 ซึ่งสามารถอธิบายชุดข้อมูลได้ 97% และพบว่าพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งในการเลือกหยิบสินค้าในตำแหน่งต่าง ๆ ภายในตู้ ซึ่งแบ่งเป็นตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวา โดยตำแหน่งซ้ายจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเปิดตู้แช่แข็งนานที่สุดเนื่องจากอยู่ด้านในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตู้กว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6087608720 : MAJOR ENERGY TECHNOLOGY AND MANAGEMENT
KEYWORD: Purchasing Behavior, Energy Consumption

Supatcha Krataikeaw : Energy Consumption for a door type display freezer in a convenient store. Advisor: Assoc. Prof. Withaya Yongchareon

This research aims for studying the energy consumption for freezers and the behavior of customers in opening freezer doors in convenience stores by looking for the relationship between the duration of the refrigerator door opening and the energy used. Energy measurement uses a meter to measure the energy compared to the time it takes to open the door. The behavioral study obtained data from observing 60 people who bought products from the freezer. According to studies, it has been found that the daily energy consumption of 1 freezer is an average of 7.73 units / day. The relationship between energy and the time it takes to open the freezer door. Equation Y = 6.4079x + 14.503, which can explain 97% of the data set. The Buyers behavior by opening the freezer door to pick products in various positions within the refrigerator consisting of left position, middle position and right position. The left position will use the average length of time to open the freezer as long as possible because it is at the inside of the freezer, which must open the door as wide as possible when picking products.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Energy Technology and Management	Student's Signature .....
Academic Year:	2019	Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัย ระยะเวลาบำรุงรักษาที่เหมาะสมสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้โอกาสพร้อมด้วยการให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางทฤษฎีจนถึงการลงมือปฏิบัติ และให้ความอนุเคราะห์ช่วยตรวจสอบ ปรับปรุงงานวิจัยฉบับนี้ให้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปปฏิบัติงาน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้หลักคิด องค์ความรู้กับผู้วิจัย นอกจากนี้ขอขอบคุณบริษัท ซีพีออล์ จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บและสำรวจข้อมูล ตลอดจนเจ้าหน้าที่หลักสูตร เพื่อนนิสิตและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยเหลือ จนทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่ผลักดัน สนับสนุนและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สุพัชชา กระต่ายแก้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

.....ค

บทคัดย่อภาษาไทย.....ค

.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง

กิตติกรรมประกาศ.....จ

สารบัญ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ซ

สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....10

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....10

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....11

1.3 ขอบเขตเนื้อหางานวิจัย.....11

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน.....11

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....12

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....13

2.1 วัฏจักรทำความเย็นและประสิทธิภาพพลังงาน.....13

2.2 ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store หรือ Gas Store).....14

2.3 การแบ่งชนิดของตู้เย็น[2].....15

2.3.1 ประเภทของเครื่องทำความเย็นโดยรูปร่าง.....15

2.3.2 ประเภทตามการใช้งาน.....15

2.4 พฤติกรรมการใช้งานตู้แช่.....16

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า 17
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 22
3.1 ตู้แช่แข็ง 22
3.2 มิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า 23
3.3 อุณหภูมิการทำงาน 24
3.4 วิธีการเก็บข้อมูล 24
3.4.1 การเก็บข้อมูลพฤติกรรม 24
บทที่ 4 ผลการวิจัย 26
4.1 พฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็ง 26
4.2 ผลตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปิดประตูค้างไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ 28
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 31
5.1 สรุปผลการศึกษา 31
5.2 ข้อเสนอแนะ 31
บรรณานุกรม 2
ภาคผนวก 4
ภาคผนวก ก 5
ตารางบันทึกช่วงเวลาที่เปิดใช้ตู้แช่ในตำแหน่งต่าง ๆ 5
ภาคผนวก ข 6
รูปโครงสร้างตู้แช่เย็น 6
ประวัติผู้เขียน 7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์[3] 17

ตารางที่ 2 การเปรียบการใช้พลังงานในตู้แช่เย็นแบบ Open Display case และตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด 20

ตารางที่ 3 ผลการสังเกตการณ์ทำงานของตู้แช่ วัดตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานโดยเฉลี่ย เมื่อทำงานปกติ.25

ตารางที่ 4 ผลการสังเกตการณ์ทำงานของตู้แช่ วัดตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานโดยเฉลี่ย เมื่อเครื่อง Defrost 25

ตารางที่ 5 การใช้พลังงานของตู้แช่แข็ง 30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 การเติบโตของร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย.....10
รูปที่ 2 อัตราการใช้พลังงานในร้านสะดวกซื้อ.....11
รูปที่ 3 ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store).....14
รูปที่ 4 ตู้เย็นแบบแยกส่วน.....15
รูปที่ 5 ความถี่กับระยะเวลาในการเปิดประตูตู้แช่เย็น.....21
รูปที่ 6 ตู้แช่แข็งชนิดมีประตูกระจกปิดในร้านค้าสะดวกซื้อ.....22
รูปที่ 7 มิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า.....23
รูปที่ 8 การต่อสายไฟฟ้ามิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้าเข้ากับโหลด.....24
รูปที่ 9 ข้อมูลการเปิดตู้เย็นโดยรวม.....26
รูปที่ 10 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลาง.....27
รูปที่ 11 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวา.....27
รูปที่ 12 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้าย.....28
รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตู้แช่แข็งใช้กับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งเป็นลักษณะเชิงเส้น.....29
รูปที่ 14 การใช้พลังงานรายวัน.....29

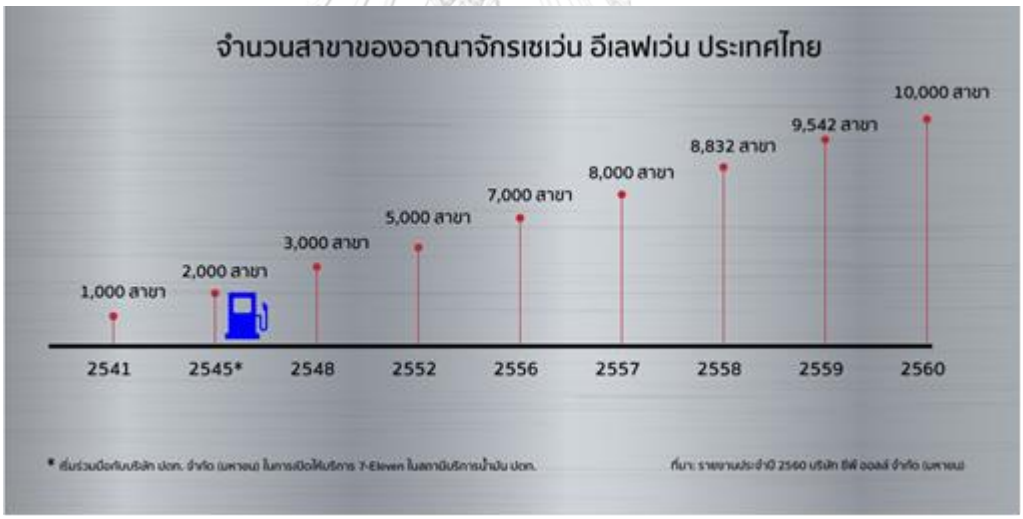
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

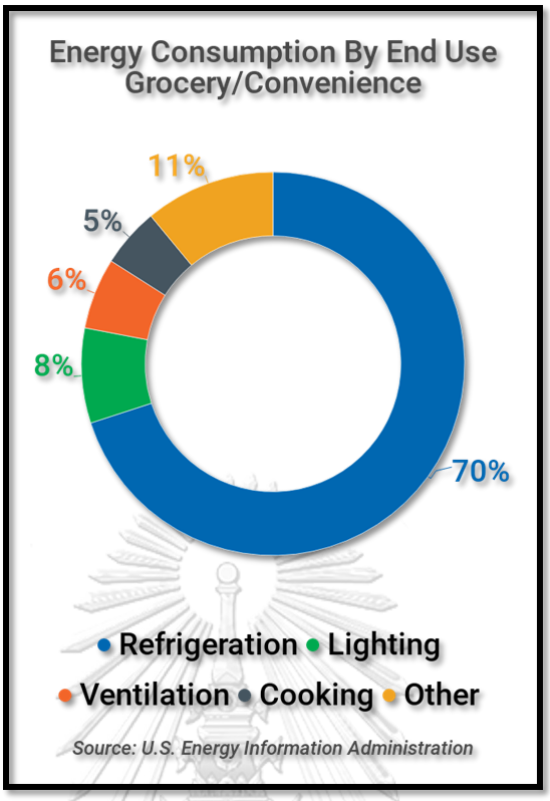
จากแนวโน้มราคาเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลกระทบให้ทุกภาคส่วนของประเทศต้องหันมาให้ความสำคัญเรื่องการอนุรักษ์และการจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ภาคอาคารธุรกิจการค้าและการบริการถือเป็นภาคเศรษฐกิจหลักที่มีความสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ อีกทั้งยังมีความต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง “ร้านค้าสะดวกซื้อ” ซึ่งถือได้ว่าเป็นกิจการร้านค้าปลีกขนาดเล็กที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มการใช้พลังงานมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวนี้ จึงมีการวางแผนเพื่อศึกษาในเรื่องการใช้พลังงานอย่างประหยัดและความคุ้มค่าภายในร้านสะดวกซื้อ เพื่อรองรับการขยายตัวของธุรกิจในอนาคต ซึ่งอัตราการเจริญเติบโตของร้านสะดวกซื้อ ระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2560 แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การเติบโตของร้านสะดวกซื้อในประเทศไทย

สัดส่วนของการใช้พลังงานของร้านสะดวกซื้อ ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกิดจากระบบตู้แช่ (Refrigeration) ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงาน โดยแนวทางการประหยัดพลังงานของร้านสะดวกซื้อที่เริ่มปรับปรุงในระบบดังกล่าวปัจจุบันยังมีค่อนข้างน้อย ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานของร้านสะดวกซื้อในอนาคต ธุรกิจร้านสะดวกซื้อจึงควรเน้นมาตรการที่เกี่ยวกับระบบตู้แช่ เพื่อลดต้นทุนของการใช้พลังงานในร้านสะดวกซื้อ สัดส่วนการใช้พลังงานในร้านค้าสะดวกซื้อแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 อัตราการใช้พลังงานในร้านสะดวกซื้อ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการใช้พลังงานของส่วนตู้แช่แข็ง หากทราบค่าพลังงานที่ใช้อย่างแท้จริงแล้ว จะสามารถวางแผนการใช้พลังงานของตู้แช่แข็งร้านสะดวกซื้อได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ
2. เพื่อศึกษาพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็ง

1.3 ขอบเขตเนื้อหางานวิจัย

1. ศึกษาเฉพาะตู้แช่แข็งแบบไม่มีฮีทเตอร์ที่ประตูกระจกจำนวน 1 ตู้
2. ศึกษาพฤติกรรมการใช้ไม่ต่ำกว่า 30 คน

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

1. ตรวจวัดการใช้พลังงานในตู้แช่แข็งเป็นเวลา 7 วัน

2. ศึกษาพฤติกรรมการใช้โดยจับเวลาการเปิดประตูตู้แช่แข็งเพื่อหยิบสินค้าที่ 3 ตำแหน่ง คือ ซ้าย กลาง และขวาของพื้นที่ประตู

3. ตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปิดประตูค้างไว้ที่ระยะเวลาต่างๆ

4. หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเปิดประตูกับพลังงานที่ใช้

5. สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน

6. เสนอแนะมาตรการประหยัดพลังงาน

7. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานกับระยะเวลาการเปิดประตูตู้แช่ที่ระยะเวลาต่างๆ

2. เพื่อเป็นแนวทางในการจัดวางสินค้าที่ตำแหน่งต่างๆภายในตู้แช่แข็งเพื่อการประหยัดพลังงาน

แผนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการศึกษา	ระยะเวลาดำเนินการ (ปี พ.ศ. 2562)							
	พ.ค. 62	มิ.ย. 62	ก.ค. 62	ส.ค. 62	ก.ย. 62	ต.ค. 62	พ.ย. 62	ธ.ค.62
1.สำรวจศักยภาพเบื้องต้นในการใช้พลังงานในระบบทำความเย็น								
2.ตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานระบบทำความเย็น ในส่วนตู้แช่เย็นในร้านค้าสะดวกซื้อตามมาตรการที่ได้สำรวจเบื้องต้น								
3.ศึกษาและเก็บรวบรวมตัวอย่างการใช้ข้อมูลจริงจากการใช้พลังงานระบบทำความเย็น ในส่วนตู้แช่เย็นในร้านสะดวกซื้อ								
4.สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินการ								
5.จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์								

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 วัฏจักรทำความเย็นและประสิทธิภาพพลังงาน

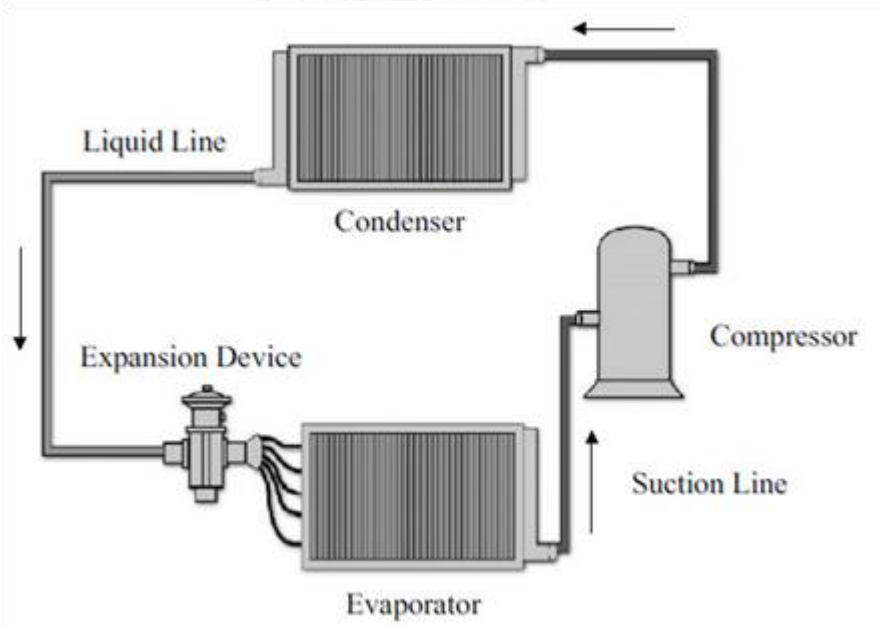
วัฏจักรของการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) [1] ในระบบทำความเย็นแบบอัดไอ น้ำยาทำความเย็นจะไหลเวียนผ่านส่วนต่าง ๆ ของระบบอยู่ตลอดเวลา ในแต่ละรอบน้ำยาจะต้องผ่านกระบวนการต่อไปนี้ คือ

การอัดไอ (Compression) เกิดที่คอมเพรสเซอร์

การควบแน่น (Condensation) เกิดที่คอนเดนเซอร์

การขยายตัว (Expansion) เกิดที่อุปกรณ์ควบคุมการไหล

การกลายเป็นไอ (Vaporization) เกิดที่คอยล์เย็น



เครื่องอัด (Compressor)

เครื่องอัดเป็นตัวเพิ่มพลังงานของสารจากก๊าซที่มีความดันต่ำ, อุณหภูมิต่ำ ไปเป็นของก๊าซที่มีความดันสูง, อุณหภูมิสูง สารจะไหลไปตามท่อทางไปที่เครื่องควบแน่น

เครื่องควบแน่น (Condenser)

เครื่องควบแน่นเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของสารความเย็น กล่าวง่าย ๆ ก็คือทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของสารความเย็น ที่มาจากเครื่องอัด จากก๊าซไปเป็นของเหลวที่เย็นตัวลง แต่ความดันยังสูงอยู่

เอ็กแพนชั่นวาล์วทางความร้อน (Thermal expansion valve)

หน้าที่ของเอ็กแพนชั่นวาล์ว คือทำหน้าที่ขยายของเหลว ไปเป็นก๊าซเย็นอย่างฉับพลัน ลักษณะของเอ็กแพนชั่นวาล์ว คือการลดพื้นที่หน้าตัดของท่อทางสารทำความเย็น

อีวาเปอเรเตอร์ (Evaporator)

อีวาเปอเรเตอร์เป็นการแลกเปลี่ยนความร้อนซึ่งจากก๊าซเย็นที่มาจากเอ็กแพนชั่นวาล์วไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น (ยกตัวอย่างพื้นที่ที่ต้องการให้เย็นเช่น ภายในตู้เย็น, ภายในห้องปรับอากาศ ของไหลที่ไหลเวียนภายในห้องทำความเย็นจะเป็นอากาศ)

2.2 ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store หรือ Gas Store)

ร้านสะดวกซื้อ เป็นร้านค้าปลีกประเภทบุคคลทั่วไป พื้นที่ขนาดเล็กที่สุด 15 ตารางเมตร ใหญ่สุดไม่เกิน 500 ตารางเมตร เน้นการจัดร้านการบริหารจัดการที่ทันสมัย สินค้าที่วางจำหน่ายมักจะเป็นสินค้ากลุ่มอาหารและของใช้จุกจิกประจำวัน จำนวนสินค้าน้อยกว่า 5 พันรายการ ส่วนใหญ่ร้านสะดวกซื้อจะกระจายไปตามชุมชนหรือแหล่งชุมนุมของคนทั่วไป เช่น ป้ายรถเมล์ เน้นการเปิดบริการ 24 ชั่วโมง ราคาสินค้าค่อนข้างสูง เช่น ร้านเซเว่นอีเลฟเว่น ดังแสดงในรูปที่ 3 เป็นต้น ปัจจุบันได้ขยายธุรกิจลงสู่ปั๊มน้ำมันในรูปแบบของ Gas Store เช่น ร้านจิ๊ฟฟี่ ของปั๊มน้ำมันเจ็ท หรือไทเกอร์มาร์ท ของปั๊มน้ำมันเอสโซ่ เป็นต้น เนื่องจากต้นทุนในการประกอบธุรกิจสูง ทำให้สินค้าในร้านสะดวกซื้อค่อนข้างแพง และจะเน้นไปที่สินค้าประเภทอาหาร เช่น ไส้กรอก ซาลาเปา สเลอปี้ (น้ำแข็งปั่น) ลูกชิ้นเสียบไม้ ฯลฯ

นอกจากนี้ในปัจจุบันยังทำธุรกิจบริการรับชำระเงินค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าโทรศัพท์ ฯลฯ ซึ่งสร้างกำไรมหาศาลให้กับธุรกิจนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

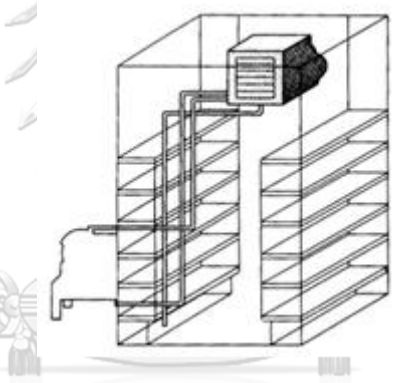
รูปที่ 3 ร้านสะดวกซื้อ (Convenience Store)

2.3 การแบ่งชนิดของตู้เย็น[2]

2.3.1 ประเภทของเครื่องทำความเย็นโดยรูปร่าง

2.3.1.1 ตู้เย็นสำเร็จรูป ส่วนประกอบทั้งหมดรวมอยู่ภายในตัวตู้โดยไม่มีการเดินท่อทางออกนอกตู้

2.3.1.2 ตู้เย็นแบบแยกส่วน คือมีการแยกคอยล์เย็นกับส่วนที่จะเก็บอาหารออกจากคอมเพรสเซอร์กับคอยล์ร้อน จึงต้องมีการเดินท่อทางเดินเพื่อต่อระบบให้ทำงานร่วมกันได้ ตู้เย็นประเภทนี้สามารถใช้หน่วยทำควบแน่นชุดเดียวแต่สามารถมีส่วนเก็บอาหารได้หลายช่องจึงค่อนข้างประหยัด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตู้เย็นแบบแยกส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.3.2 ประเภทตามการใช้งาน

2.3.2.1 ตู้เย็นแบบประตู 2 บานขนาดใหญ่ (Reach-in Cabinet) ตู้เย็นแบบนี้เหมาะสำหรับโรงแรม ร้านอาหาร ร้านไอศกรีม และห้างสรรพสินค้า ตู้เย็นจะถูกออกแบบให้เปิดประตูด้านหน้าได้ 2 บาน บางชนิดมีกระจกสามารถมองเห็นอาหารภายในตู้ เป็นการโชว์อาหารไปในตัว

2.3.2.2 ตู้เย็นแบบเปิดประตูได้ 2 ข้าง (Pass-through Cabinet) ตู้เย็นแบบนี้สะดวกในการเก็บของทั้ง 2 ด้าน มีใช้ในโรงแรมและร้านกาแฟ

2.3.2.3 ห้องเย็น (Walk-in Cabinet) เป็นห้องเย็นที่สามารถใช้รถขนอาหารที่มีปริมาณมาก ๆ เข้าไปเก็บได้ ในโรงแรมต่างประเทศที่มีขนาดใหญ่ ๆ จะเก็บอาหารที่ทำเตรียมไว้แล้ หรือยังเตรียม

ไม่เสร็จ โดยบรรจุแยกจากกัน สำหรับในประเทศไทยเราส่วนมากจะใช้เก็บอาหารสดพักไว้เพื่อส่งขายภายหลัง เช่น ห้องเย็นสะพานปลา เป็นต้น

2.3.2.4 ตู้ (โต๊ะ) ที่ส่วนบนเป็นถาดทำความเย็น (Cold Table-Cabinet) ตู้ (โต๊ะ) เย็นแบบนี้มีขนาดสูงเท่ากับโต๊ะทำงาน ประมาณ 800 มิลลิเมตร พื้นบนของตู้นี้ สามารถทำความเย็นสำหรับเตรียมอาหารบางอย่างที่ต้องการทำให้เย็น เช่น ผัดไอศกรีม

2.3.2.5 ตู้แช่แข็ง (Chest-Type Freezer) เป็นตู้เย็นแช่แข็งชนิดเปิดหรือเลื่อนด้านบน ใช้สำหรับเก็บอาหารแช่เย็นที่ใช้ประจำวัน จุอาหารไม่มากนัก

2.3.2.6 ตู้แช่เยือกแข็ง (Sharp Freezer) เป็นตู้เย็นที่ให้ความเย็นจัดเร็วสำหรับเก็บอาหารที่ต้องการให้เย็นอย่างรวดเร็วหรือต้องการเก็บอาหารไว้นาน ๆ และเหมาะสำหรับเก็บอาหารที่ใช้บ่อย

2.4 พฤติกรรมการใช้งานตู้แช่

ในปัจจุบันมีการใช้งานตู้แช่เชิงพาณิชย์เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมากในร้านค้าสะดวกซื้อ ห้างสรรพสินค้า ซุปเปอร์เซ็นเตอร์ ซุปเปอร์มาร์เก็ต ฯลฯ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่หลัก ๆ คือ พฤติกรรมการใช้งานตู้แช่ประกอบไปด้วย

1. การที่นำอาหารหรือสิ่งของที่ร้อนหรือยังอุ่นแช่ในตู้เย็น
2. ลดการเปิดตู้แช่โดยไม่จำเป็น เพราะค่าไฟฟ้าจะเพิ่มตามจำนวนครั้งของการเปิดตู้แช่
3. เลิกเปิดประตูตู้แช่ค้างไว้เป็นเวลานาน ๆ
4. ไม่แช่ของจนแน่นเกินไป เพราะความเย็นจะไหลเวียนไม่สะดวก
5. อย่าตั้งตู้แช่ใกล้เตาไฟหรือหม้อหุงข้าว หรือถูกแสงอาทิตย์โดยตรง เพราะจะทำให้ตู้แช่ระบายความร้อนไม่ดี สิ้นเปลืองไฟ (“การประหยัดไฟฟ้าเกี่ยวกับตู้เย็น”, ม.ป.ป.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อุณหภูมิที่เหมาะสมของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์[3] แสดงในตารางที่ 1 เช่น อาหารทะเลและเนื้อหรือ อาหารกึ่งสำเร็จรูปพร้อมรับประทานควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง -21 ถึง -18 °C

ตารางที่ 1 แสดงอุณหภูมิที่เหมาะสมของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์[3]

ผลิตภัณฑ์	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
สินค้าบรรจุในกระป๋องและน้ำขวด	7-10
ผักและผลไม้	5-8
ผลิตภัณฑ์แป้ง (Cooked Pastry)	3-5
ผลิตภัณฑ์นม	3-5
ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ทำสุกแล้ว	3-5
ครีม	2-4
เนื้อสด	-1 ~ +1
เนื้อสัตว์ปีก (สด)	-1 ~ +1
ปลาและอาหารทะเลสด	-2 ~ 0
อาหารกึ่งสำเร็จรูปพร้อมรับประทาน	-21 ~ -18
อาหารทะเลและเนื้อแข็ง	-21 ~ -18
ไอศกรีม	-23 ~ -21

2.5 การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

ตู้เย็นหรือตู้แช่เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องทำงานตลอดเวลาอย่างไม่มีวันหยุด เพราะเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ให้ความเย็น และยืดอายุอาหารให้อยู่ได้นานขึ้น ดังนั้น หากมีวิธีใดที่จะช่วยลดการใช้ไฟของตู้เย็นได้จะเป็นประโยชน์อีกมากทั้งในภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม เพราะจะช่วยให้ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งเป็นต้นทุนหลัก ๆ ของร้านค้าลงไปได้อีก โดยเทคนิคในการประหยัดไฟจากการใช้ตู้แช่และยังช่วยถนอมตู้แช่ให้ใช้ไปได้อีกนานด้วยมีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้

1. แช่ของในช่องแช่แข็งให้พอดี
2. เลือกตำแหน่งแช่ของให้เหมาะสม
3. ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม
4. ตรวจสอบสภาพของยางขอบตู้เย็น
5. ทำความสะอาดขดลวดคอนเดนเซอร์
6. อย่าเปิดตู้เย็นบ่อย หรือเปิดทิ้งไว้นาน ๆ

ภาระการทำความเย็น

ภาระการทำความเย็นของระบบทำความเย็นเป็นผลรวมของความร้อนที่มาจากแหล่งต่าง ๆ

ประกอบด้วย

1. **ภาระจากความร้อนผ่านผนัง (Wall Heat Gain Load)** ภาระส่วนนี้ ได้แก่ ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังจากภายนอกเข้ามาภายในบริเวณทำความเย็นหรือห้องเย็น ถึงแม้ว่าจะมีฉนวนความร้อนหุ้มอยู่ก็ตาม สิ่งที่ต้องระวังประการหนึ่งคือความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดต่างๆ เข้ามาภายในห้องโดยตรง
2. **ภาระจากอากาศอุ่นภายนอก (Air Change Load)** ในขณะที่เปิดประตู้ห้องเย็นหรือบริเวณทำความเย็นอากาศอุ่นจากภายนอกจะเข้าไปแทนที่อากาศเย็น จำเป็นต้องขจัดความร้อนออกจากอากาศอุ่นนี้เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นให้สอดคล้องกับเงื่อนไขในการออกแบบ ภาระความร้อนส่วนนี้จะต้องถูกรวมเข้าใน ภาระการทำความเย็น
3. **ภาระจากตัวสินค้า (Product Load)** ความร้อนที่ต้องดึงออกจากตัวสินค้า เพื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงระดับที่ต้องการ ในบางกรณีผลิตภัณฑ์อาจถูกแช่แข็งซึ่งจะต้องรวมความร้อนแฝงเข้าไปด้วย ภาระจากตัวสินค้ามีผลต่อภาระการทำความเย็นโดยรวมซึ่งก็ขึ้นกับลักษณะงาน ภาระจากตัวสินค้าอาจเป็นทั้งในลักษณะชั่วคราวและในลักษณะต่อเนื่องขึ้นอยู่กับลักษณะงานเช่นกัน ภาระจากตัวสินค้าจะเป็นส่วนหนึ่งของภาระการทำความเย็นเฉพาะช่วงที่กำลังลดอุณหภูมิลงเพื่อให้เท่าอุณหภูมิห้องเก็บ เมื่ออุณหภูมิเท่าห้องเก็บ ก็จะไม่มีความร้อนที่ต้องขจัดทิ้งอีกต่อไป
4. **ภาระอื่นๆ (Miscellaneous Load)** ความร้อนจากคนที่กำลังทำงานภายในบริเวณทำความเย็น และความร้อนจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นตัวเกิดความร้อนที่อยู่ในบริเวณทำความเย็น เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า ดวงไฟ อุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาพฤติกรรมการเลือกดื่มน้ำอัดลมของประชาชนเขตจตุจักร มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทร์เกษม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมบริโภคน้ำอัดลม การใช้เกณฑ์ความถี่ของการซื้อและบริโภคน้ำอัดลม การพัฒนาด้านการตลาดในการสนองความต้องการของผู้บริโภคในเขตจตุจักร

ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ ประชาชนทั่วไปในเขตจตุจักร จำนวน 171,868 คนกลุ่มตัวอย่าง 120 คน การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยการดำเนินการ คือ ร้อยละค่าเฉลี่ยค่าเบี่ยงเบน ฐานนิยมพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง มีอายุระหว่าง 21-25 ปีมีสถานภาพโสดมีอาชีพ นักเรียน/ นักศึกษา มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 5,000 – 7,500 บาท และมีระดับการศึกษาปริญญาตรี เครื่องดื่มที่ผู้บริโภคชอบดื่มมากที่สุด อันดับ 1 คือ แป๊ปซี่ รองลงมาคือโค้ก แฟนต้า สไปร์ท มิรินด้า และเซเว่นอัพ ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้อบรรจุภัณฑ์นาอัดลมที่มีลักษณะขวดแก้ว

รองลงมาคือ กระป๋อง ขวดพลาสติก และอื่น ๆ ตามลำดับ ในด้านปริมาณการดื่มน้ำอัดลมเนื่องจากดับกระหาย ดื่มน้ำอัดลมในช่วงกลางวัน ส่วนใหญ่ซื้อน้ำอัดลมจากร้านสะดวกซื้อ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเห็นว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อน้ำอัดลมโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 อยู่ใน 8 ระดับปานกลาง โดยที่ปัจจัยอันดับ 1 ได้แก่ ความสะดวกในการเลือกซื้อ ลดความกระหาย และทำให้สดชื่น (สิทธิพร เกตุเดชา, 2550)[4]

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคในการเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปแช่แข็งจากร้านค้าปลีกแบบสะดวกซื้อในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการวิจัย คือ เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมของผู้บริโภคและภาพลักษณ์ต่าง ๆ ที่มีต่อการตัดสินใจซื้ออาหารแช่แข็ง กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคอาหารแช่แข็งสำเร็จรูปแบบ Ready to Eat จากร้านค้าปลีกแบบ สะดวกซื้อ (Convenience Stores) ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 ตัวอย่างผลการศึกษาพบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่จะเป็นเพศหญิงและมีอายุประมาณ 30 ปี มีอาชีพเป็นพนักงานเอกชนหรือพนักงานบริษัทมากที่สุด ประกอบกับส่วนใหญ่จะมีรายได้ประมาณ 1 หมื่นบาท และเป็นผู้ที่มีสถานภาพโสด ซึ่งในการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารแช่แข็งนั้น กลุ่มตัวอย่างจะให้ความสำคัญกับการตัดสินใจเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปแช่แข็ง (Ready to Eat) นั้น คือ จำนวนกล่องหรือถุงที่ซื้อ (ชัยสิทธิ์ เอกพงศ์ไพศาล, 2555)[5]

ตู้แช่เชิงพาณิชย์มีหลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานและเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องเปิดใช้งานตลอดเวลาเพื่อให้ทำความเย็นได้อย่างต่อเนื่องซึ่งระบบทำความเย็นใช้แบบอัดไอโดยการใช้สารทำความเย็นเป็นตัวกลางในการทำงานของระบบสารทำความเย็น R-22 เป็นที่นิยมในตู้แช่เชิงพาณิชย์เพราะมีราคาถูก พบว่าการทำความเย็นแบบนี้ ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ถ้าหากมีการใช้งานตู้แช่อย่างต่อเนื่องอาจทำให้เกิดปัญหา เช่น เป็นน้ำแข็งได้ง่าย และค่าไฟฟ้าที่สูง (สมคิด ยงหอม, 2552)[6]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตู้เย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องเสียบปลักอยู่ตลอดเวลา เพื่อรักษาความเย็นของอาหารภายในตู้เย็นจึงมีการบริโภคไฟฟ้ามากพอควร การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการใช้ตู้เย็น ก็ควรเลือกตู้เย็นที่มีปุ่มกดละลายน้ำแข็ง เนื่องจากการละลายน้ำแข็งในท่อทำแข็งหรือคอยล์เย็นจะทำให้ตู้เย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น พบว่าการเลือกใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าใหม่เหมาะสมกับการใช้งานก็มีความสำคัญแต่การที่จำทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่แท้จริงนั้น ควรมาจากพฤติกรรมการใช้งานและระบบมากกว่า (วีระ ธีระวงศ์สกลุ, 2540)[7]

เมื่อเปรียบเทียบแช่ตู้เย็น 2 แบบ ซึ่ง Dr. Brian A. Fricke ได้ใช้ข้อมูลตู้แช่เย็นแบบ Open *Display* case และตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมดังแสดงในตารางที่ 2 และผลกระทบต่อยอดขายของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกรณี โดยเลือกซูเปอร์มาร์เก็ต 2 แห่งที่คล้ายกันเพื่อศึกษา ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาในซูเปอร์มาร์เก็ต 2 แห่งนั้นมีทั้งเหมือนและแตกต่างกัน

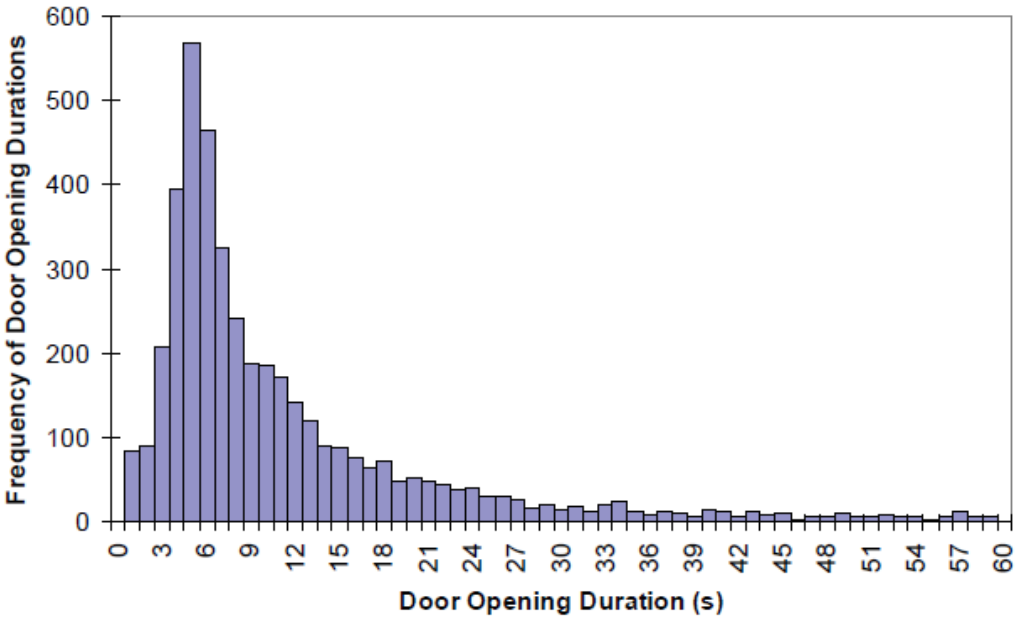
ผลสรุปได้ว่า ตู้แช่เย็นแบบ Open *Display* case กินไฟมากกว่า 30% เมื่อเทียบกับตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด ถึงแม้ว่าตู้แช่เย็นแบบ Open *Display* case จะไม่มีการใช้ Anti-Sweat Heaters แต่ภาระของตู้แช่เย็นส่วน Compressors มีมากกว่าตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด 30.5% ในส่วนของผลกระทบต่อยอดขาย กรณีตู้แช่เย็นแบบ Open *Display* case เพิ่มยอดขาย 5% ซึ่งไม่มีผลแตกต่างชัดเจน (Brian A. Fricke, Ph.D., Bryan R. Becker, Ph.D., P.E. , University of Missouri –Kansas City)[8]

ตารางที่ 2 การเปรียบการใช้พลังงานในตู้แช่เย็นแบบ Open Display case และตู้แช่เย็นแบบมีประตูปิด

Mean Electrical Energy Consumption of the Open and Doored Display Case Line-Ups Calculated using ARI/ANSI Standard 1200-2006.

Electrical Energy Consumption	Open Display Case Line-Up	Doored Display Case Line-Up
Compressors (kWh/day)	42.20	11.70
Lights (kWh/day)	5.18	11.93
Fans (kWh/day)	5.69	4.58
Anti-Sweat Heaters (kWh/day)	--	15.50
Total (kWh/day)	53.07	43.72
Total (kWh/day per ft)	2.21	1.71

นอกจากนี้ยังได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้งานในการเปิดประตูตู้แช่ โดยแสดงเป็นความถี่กับระยะเวลาในการเปิดประตูตู้ดังแสดงในรูปที่ 5 ได้มีการเก็บข้อมูลการเปิดประตูตู้ทั้งหมดจำนวน 4792 ครั้ง ระยะเวลาการเปิดตู้แช่เย็นเฉลี่ย 31 วินาที ระยะเวลาน้อยที่สุดคือ 1 วินาที และที่นานที่สุดคือ 1842 วินาที จากรูปจะเห็นว่า 90% ของการเปิดประตูจะใช้ระยะเวลาไม่เกิน 60 วินาที และความถี่ที่เปิดมากที่สุดอยู่ที่ 5 วินาที



รูปที่ 5 ความถี่กับระยะเวลาในการเปิดประตูตู้แช่เย็น

จะเห็นได้ว่าปัญหาหลัก ๆ ของการใช้งานพลังงานไฟฟ้าของตู้แช่จะเป็นการเปิดประตูตู้แช่บ่อยครั้งหรือเป็นเป็นเวลานาน และไม่มีประตูปิดเพื่อกักเก็บอุณหภูมิ จะทำให้เปลืองพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น งานวิจัยนี้ จึงศึกษาการใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งและการใช้พลังงานเมื่อเปิดประตูตู้แช่แข็งที่ระยะเวลาต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัยและเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนการศึกษาข้อมูลและการใช้เครื่องมือบันทึกข้อมูลในงานวิจัย ดังนี้

3.1 ตู้แช่แข็ง

ตู้แช่แข็ง ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นชนิดที่ใช้เครื่องทำความเย็นแบบอัดไอใช้สารทำความเย็น R507 มีประตูกระจกปิดแต่ไม่มีฮีทเตอร์ขจัดฝ้า (sweat heater) ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 ตู้แช่แข็งชนิดมีประตูกระจกปิดในร้านค้าสะดวกซื้อ

ข้อกำหนดตู้แช่แข็ง

- ยี่ห้อ iarp รุ่น ASIA 45.2 EHGD7/ELEVEN หมายเลข 15MT08952
- แรงดันไฟฟ้า 230V, 50Hz กำลังไฟฟ้า 700 W กระแสไฟฟ้า 3.3 A
- สารทำความเย็น R507 มวลบรรจุ 315 g

- ชั้นภูมิอากาศ EN239531 class 7 35oC 75%RH
- กำลังไฟฟ้าละลายน้ำแข็ง 1200 W กระแสไฟฟ้าละลายน้ำแข็ง 5.5 A
- หลอดไฟฟ้า LED 18 W ฮีทเตอร์ไฟฟ้า 115 W

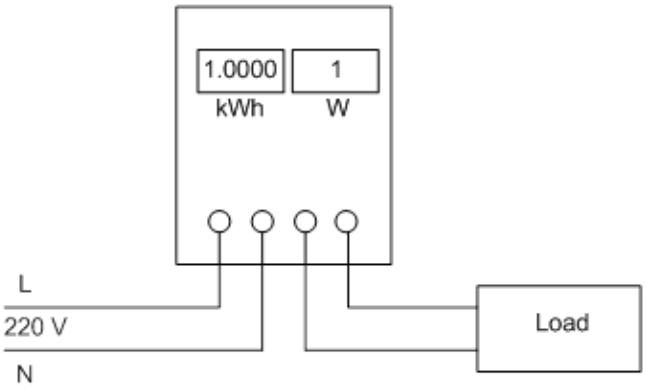
3.2 มิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า

มิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้าเป็นชนิดต่อตรงกับโหลดแสดงในรูปที่ 7 มีข้อกำหนดดังนี้

- เป็นแบบดิจิตัล ใช้วัดกำลังงานและพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้า 1 เฟส
- หน้าจอLCD วัดกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น W มีความละเอียด 1 W
- หน้าจอLCD วัดพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น kWh มีความละเอียด 0.0001 kWh

รูปที่ 7 มิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า

การต่อสายไฟฟ้ามิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้าเข้า**กับโหลด**แสดงตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 การต่อสายไฟฟ้ามิเตอร์กำลังงานและพลังงานไฟฟ้าเข้ากับโหลด

3.3 อุณหภูมิการทำงาน

ตู้แช่แข็งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศตั้งอยู่ในห้องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิในห้องที่ 25 °C ใช้เก็บอาหารสำเร็จรูปจึงปรับตั้งอุณหภูมิในตู้ที่ -23 °C อุณหภูมิในตู้อยู่ระหว่าง -23 ถึง-19 °C

3.4 วิธีการเก็บข้อมูล

3.4.1 การเก็บข้อมูลพฤติกรรม
สังเกตการณ์และบันทึกการเลือกหยิบสินค้า ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กับเวลาที่ใช้ รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.

3.4.2 การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเมื่อเปิดประตูตู้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ
การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานตู้แช่ที่ระยะเวลาการเปิดตู้ต่าง ๆ โดยการจดบันทึกข้อมูลก่อนและหลังเปิดประตูตู้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ ข้อมูลการใช้พลังงานเมื่อเปิดประตูตู้แช่แข็งในระยะเวลาต่าง ๆ แสดงตามตารางที่ 3 และเมื่อเครื่อง ละลายน้ำแข็ง (Defrost) จะใช้พลังงานไฟฟ้าด้วย แสดงตามตารางที่ 4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3 ผลการสังเกตการณ์ทำงานของตู้แช่ วัดตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานโดยเฉลี่ย เมื่อทำงานปกติ

Activity	พลังงาน (Kwh)			ระยะเวลาเปิดตู้เย็น
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ผลต่าง	
Comp. ทำงาน 9 นาที	114.1453	114.2290	0.0837	5 sec.
Comp. ทำงาน 9 นาที 15 วินาที	114.6082	114.6967	0.0885	4 sec.
Comp. ทำงาน 7 นาที 55 วินาที	114.7910	114.8705	0.0795	2 sec.
Comp. ทำงาน 7 นาที 45 วินาที	114.8730	114.9532	0.0802	1 sec.
Comp. ทำงาน 7 นาที	114.9566	115.0275	0.0709	10 sec.
Comp. ทำงาน 7 นาที 37 วินาที	227.0981	227.2045	0.1064	15 sec.
Comp. ทำงาน 13 นาที 51 วินาที	227.2121	227.3451	0.1330	17 sec.
Comp. ทำงาน 11 นาที 2 วินาที	227.3532	227.4405	0.0873	20 sec.

ตารางที่ 4 ผลการสังเกตการณ์ทำงานของตู้แช่ วัดตามระยะเวลาที่เปิดใช้งานโดยเฉลี่ย เมื่อเครื่อง Defrost

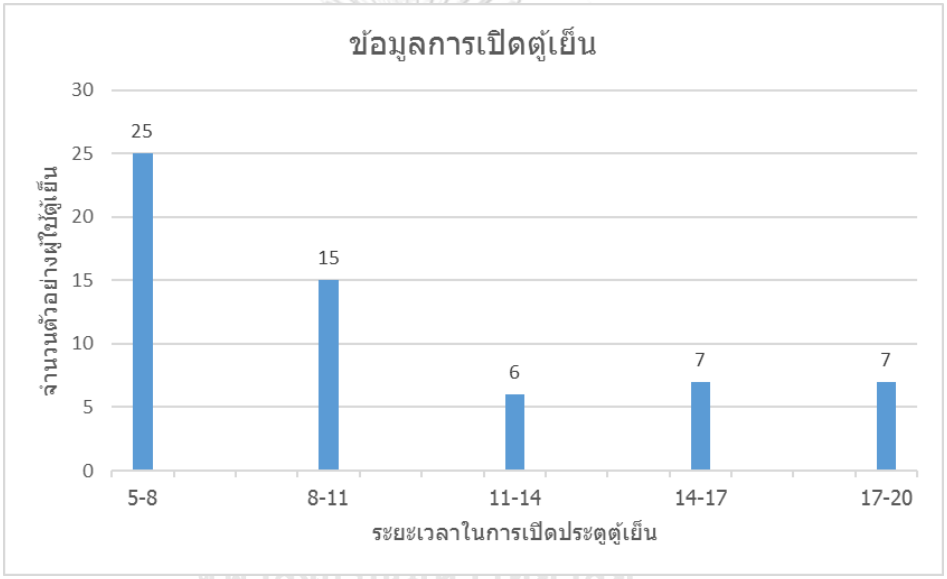
Activity's Defrost	พลังงาน (Kwh)			ระยะเวลาเปิดตู้เย็น
	เริ่มต้น	สิ้นสุด	ผลต่าง	
Comp. ไม่ทำงาน , เครื่อง Defrost	114.7050	114.8715	0.1665	3 sec.
Comp ทำงาน 24 นาที , เครื่อง Defrost	114.4794	114.5987	0.1193	7 sec.
Comp. ทำงาน 23 นาที 15 วินาที , เครื่อง Defros	226.8561	227.0890	0.2329	13 sec.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 พฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็ง

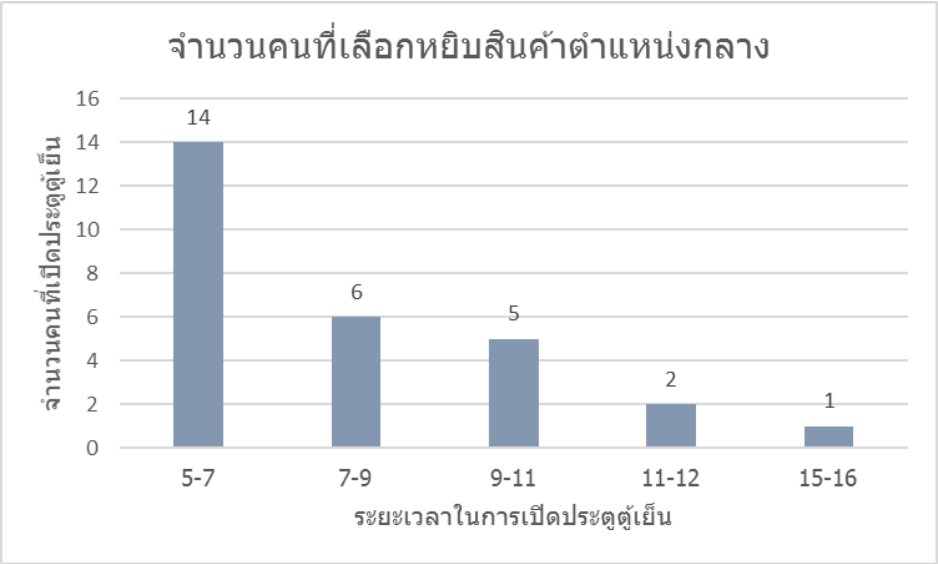
ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้งานตู้แช่แข็ง จำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 10.1 วินาที ค่ามากที่สุด 19.5 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.1 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-8 วินาทีดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ข้อมูลการเปิดตู้เย็นโดยรวม

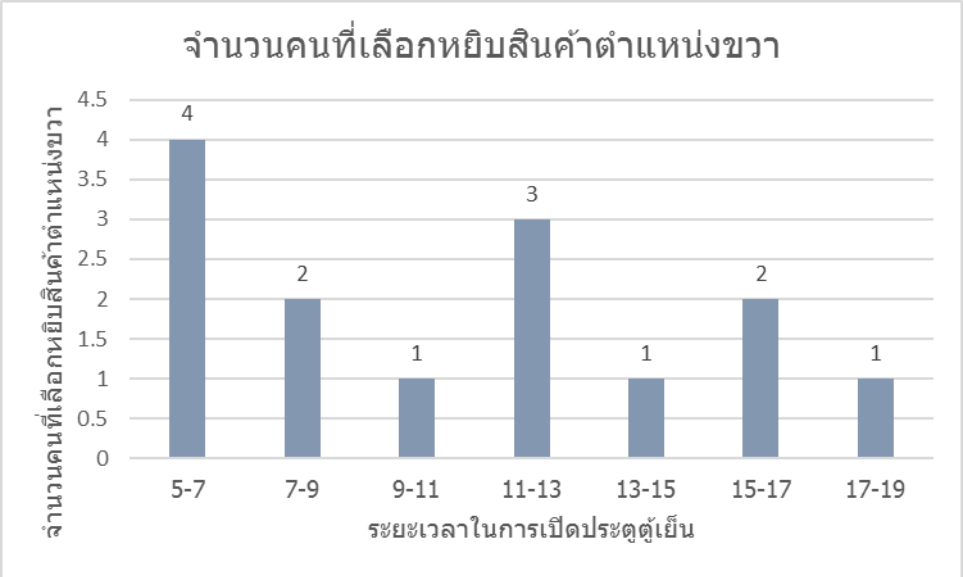
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลาง จำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 รายซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลางมีจำนวน 28 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 7.3 วินาที ค่ามากที่สุด 15.63 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.12 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-7 วินาทีดังรูปที่ 10



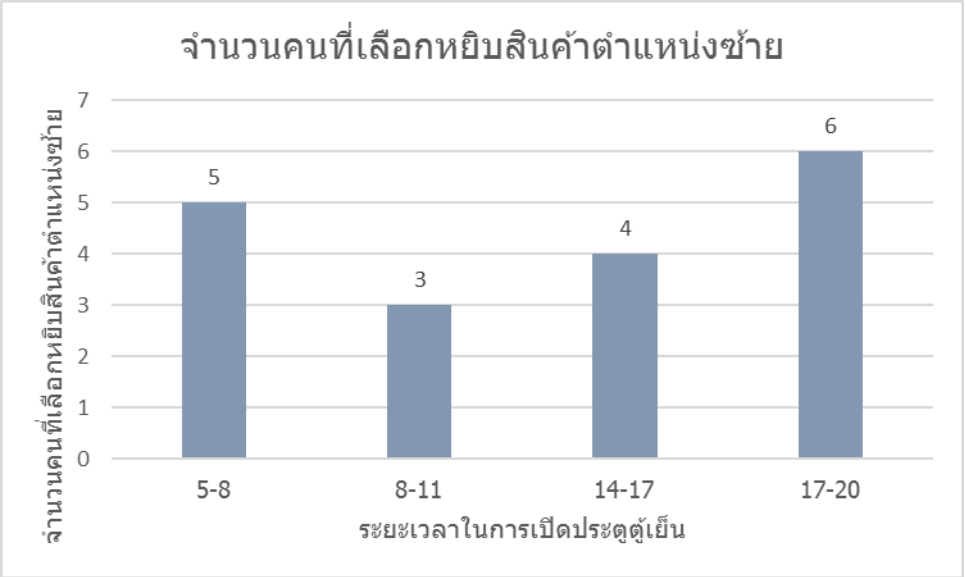
รูปที่ 10 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งกลาง

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวา จำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 ราย ซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวามีจำนวน 14 คนราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 10.6 วินาที ค่ามากที่สุด 18.55 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.27 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 5-7 วินาทีดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งขวา

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้าย จำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 ราย ซึ่งคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้ายมีจำนวน 18 ราย โดยระยะเวลาเปิดประตูตู้แช่แข็งมีค่าเฉลี่ย 14.2 วินาที ค่ามากที่สุด 19.52 วินาที และค่าน้อยที่สุด 5.38 วินาที โดยมีความถี่สูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 17-20 วินาทีดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 ข้อมูลจำนวนคนที่เลือกหยิบสินค้าตำแหน่งซ้าย

ผลสรุปพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งในการเลือกหยิบสินค้าในตำแหน่งต่างๆ ภายในตู้ จากจำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 คน โดยแบ่งตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวาเป็น 18 คน 28 คน และ 14 คนตามลำดับ โดยตำแหน่งซ้ายจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเปิดตู้แช่แข็งที่ตำแหน่ง ขวา กลาง และซ้าย คือ 7.3 10.6 และ 14.2 วินาทีตามลำดับ ตำแหน่งซ้ายสุดจะใช้เวลานานที่สุดเนื่องจากอยู่ด้านในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตูกว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้าสำหรับกรณีที่ประตูตู้แช่แข็งเปิดจากทางด้านขวา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2 ผลตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าเมื่อเปิดประตูค้างไว้ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

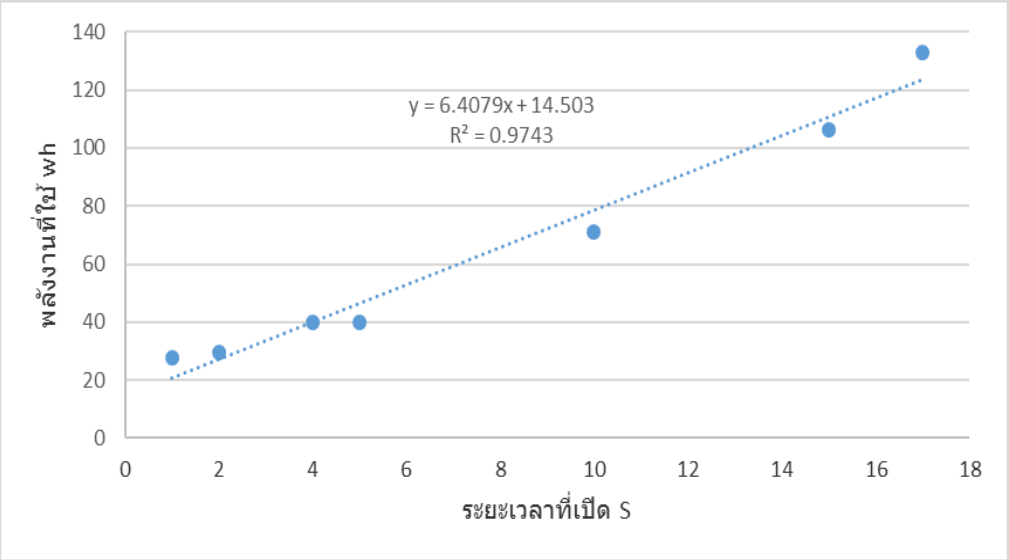
ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตู้แช่แข็งใช้กับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งเป็นลักษณะเชิงเส้นดังแสดงในกราฟรูปที่ 13 และประมาณความสัมพันธ์ได้ตามสมการที่ 1

$$Y = 6.4079x + 14.503 \quad \text{.....(1)}$$

โดยมีค่า R^2 เป็น 0.9743

เมื่อ x คือระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็ง หน่วย S

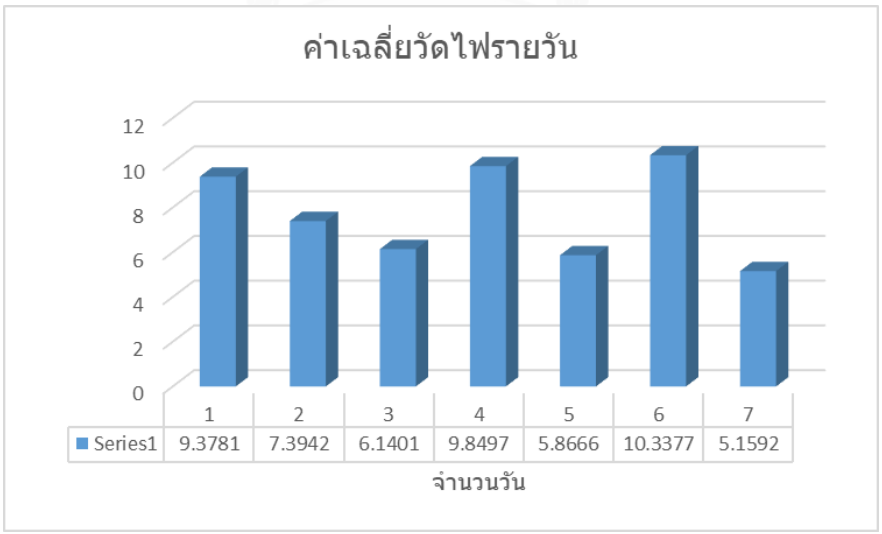
Y คือพลังงานที่ตู้แช่แข็งใช้ หน่วย wh



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ตู้แช่แข็งใช้กับระยะเวลาที่ใช้เปิดประตูตู้แช่แข็งเป็นลักษณะเชิงเส้น

ข้อมูลการใช้พลังงานรายวันของการใช้ตู้แช่แข็ง

ผลการดำเนินการเก็บข้อมูลในการใช้พลังงานของตู้แช่แข็งรายชั่วโมง 24 ชั่วโมง และรายวัน เป็นจำนวน 7 วัน ที่ร้านค้าสะดวกซื้อดังแสดงในรูปที่ 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยในการใช้พลังงานรายวัน 7.73 หน่วย และค่าพลังงาน ขึ้นอยู่กับปริมาณสินค้าที่ขายไปในแต่ละวัน หากไม่มีการซื้อสินค้า ตู้แช่



รูปที่ 14 การใช้พลังงานรายวัน

จะใช้พลังงานในส่วนของแสงสว่าง 0.432 kWh/Day ในส่วนของพัดลม ใช้พลังงาน 2.544 kWh/Day ช่วงเวลาละลายน้ำแข็ง จะใช้พลังงาน 0.5187 kWh/Cycle times และความร้อนสูญเสียผ่านผนังตู้ ใช้พลังงาน 0.1764 kWh/Day สำหรับสัดส่วนการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เมื่อมีการซื้อสินค้าแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 5 หลอดไฟฟ้า LED ใช้พลังงาน 5.59% พัดลม ใช้พลังงานคิดเป็น 32.90% และ Compressor คิดเป็น 61.51% สำหรับพลังงานที่ใช้ใน Compressor ประกอบด้วย 1. ความร้อนที่สูญเสียผ่านผนังตู้แช่แข็ง 2. ความร้อนจากสินค้า 3. ความร้อนจากอากาศร้อนที่เข้าไปในการเปิดประตูตู้แช่แข็ง และ 4. ความร้อนจากการละลายน้ำแข็งซึ่งใช้พลังงาน 0.519 หน่วยต่อครั้ง

ตารางที่ 5 การใช้พลังงานของตู้แช่แข็ง

Cooling Load items	power	Energy	
	W	kWh/day	%
Light LED	18	0.432	5.59
Fans	106	2.544	32.90
Compressor	446	4.756	61.51
Total cooling load		**7.73**	**100**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งและศึกษาพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเปิดประตูกับพลังงานที่ใช้ พบว่า ภายในร้านสะดวกซื้อจะมีตู้แช่แข็งสำหรับอาหารแช่แข็ง 2-3 ตู้ และใช้พลังงานต่อ 1 ตู้ เฉลี่ยการใช้พลังงานรายวัน 7.73 หน่วย และพบว่าพฤติกรรมผู้ซื้อสินค้าในการเปิดประตูตู้แช่แข็งในการเลือกหยิบสินค้าในตำแหน่งต่างๆ ภายในตู้ จากจำนวนตัวอย่างผู้บริโภค 60 คน ซึ่งแบ่งเป็นตำแหน่งซ้าย ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งขวา โดยตำแหน่งซ้ายจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการเปิดตู้แช่แข็งนานที่สุดเนื่องจากอยู่ด้านในสุดของตู้แช่แข็งซึ่งจะต้องเปิดประตู้กว้างสุดในการเลือกหยิบสินค้าสำหรับกรณีที่ประตูตู้แช่แข็งเปิดจากทางด้านขวา

5.2 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษามาตรการประหยัดพลังงานในตู้แช่เพิ่มเติมดังนี้

1. มาตรการเปลี่ยนหลอดไฟที่ใช้ในตู้แช่แข็งเป็นแบบ LED สำหรับตู้เก่าที่ยังมีการใช้งานอยู่
2. มาตรการเพิ่มอุณหภูมิตู้เป็น -20℃ สำหรับสินค้าแช่แข็งซึ่งอุณหภูมิที่ตรวจสอบคือ -25℃ ถึง -26℃
3. มาตรการลดเวลาการเปิดตู้แช่แข็ง โดยการจัดสรรหรือวางตำแหน่งสินค้า โดยวิเคราะห์จากยอดขายของสินค้าในตู้แช่แข็งที่ขายดีให้อยู่ในตำแหน่งที่หยิบง่าย เช่น มีกระบวนการที่ทำให้สินค้าขยับมาแทนที่สินค้าที่ถูกขายออกไปโดยไม่ต้องเปิดประตูเรียงของใหม่ ซึ่งจะใช้เวลานาน และควรมีฉลากบอกวันหมดอายุที่เห็นได้ชัด
4. มาตรการติด Sweat Heater เพื่อลดฝ้าที่เกิดขึ้นเมื่อเปิดประตูตู้แช่แข็งเพื่อลดเวลาการเปิดตู้แช่แข็ง
5. พัดลมไม่ควรทำงานตลอดเวลา เนื่องจากว่าไม่จำเป็นสำหรับการใช้ตู้แช่แข็ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Uncategorized References

1. www.thummech.com. *11* วัฏจักรการทำความเย็น. 2015; Available from: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=1043&pageid=11&read=true&count=true.

2. http://www.chiangmaiaircare.com/การแบ่งชนิดของตู้เย็น/. การแบ่งชนิดของตู้เย็น. 2017.

3. www2.dede.go.th. ระบบการทำความเย็น (*Refrigeration)*. Available from: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Industrial(PDF)/Bay29%20Refrigeration.pdf.

4. สิทธิพร เกตุเดชา, พ.ธ., เอกชัย ตรรกโชติกุล, อโณทัย โสวัณณ, จิราพร พึ่งภพ, เสาวนีย์ ชูดีจันทร์, รุ่งทิวา บุญพา, ชัชญานันท์ ภาพลงาม, ศิริพร พุฒเพ็ง, กมลวัทน์ อรุโณรส, การศึกษาพฤติกรรมการเลือกดื่มน้ำอัดลมของประชาชนเขตจตุจักรมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. 2009, มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม.

5. เอกพงศ์ไพศาล, ช., ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจของผับริโภค ในการเลือกซื้ออาหารสำเร็จรูปแช่แข็งจากร้านค้าปลีกแบบสะดวกซื้อ ในเขตกรุงเทพมหานคร. 2011, มหาวิทยาลัยรังสิต.

6. ยงหอม, ส., การศึกษาสมรรถนะเครื่องแช่แข็งขนาดเล็กที่ใช้สารทำความเย็น *R-22* กับ *R-290*. 2011, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

7. ธีระวงศ์สกุล, ว., ความรู้และพฤติกรรมการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัยของประชาชนในเขตเทศบาลเมืองลำปาง. 1997, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

8. Brian A. Fricke, P.D., Bryan R. Becker, Ph.D., P.E. , University of Missouri – Kansas City, *Doored Display Cases They Save Energy, Don't Lose Sales.*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2010.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

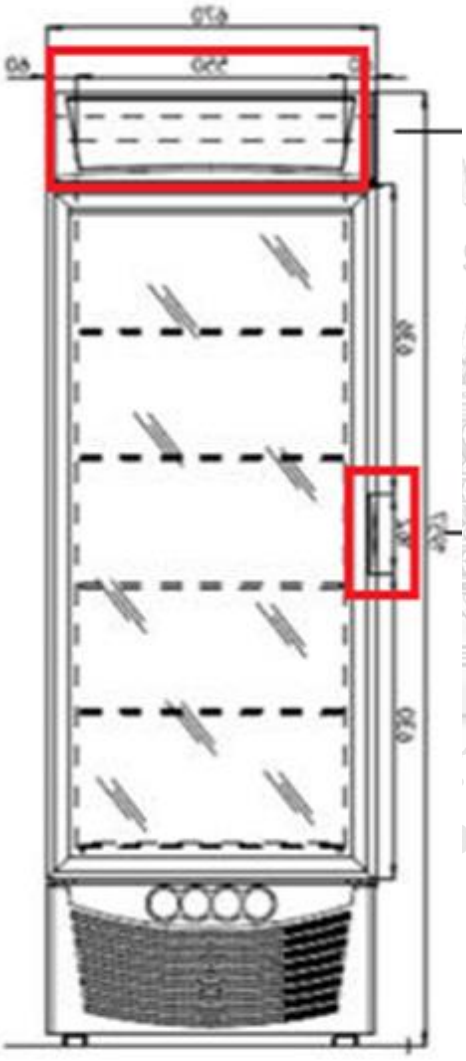
ตารางบันทึกช่วงเวลาที่เปิดใช้ตู้แช่ในตำแหน่งต่าง ๆ

เวลาที่ลูกค้าเปิดประตูตู้แช่ตำแหน่งกลาง (วินาที)	เวลาที่ลูกค้าเปิดประตูตู้แช่ตำแหน่งซ้าย(วินาที)	เวลาที่ลูกค้าเปิดประตูตู้แช่ตำแหน่งขวา (วินาที)
5.12	5.38	5.27
5.25	6.05	5.56
5.51	6.12	6.01
5.55	7.37	6.34
5.62	7.49	7.49
5.63	8.52	8.52
5.89	9.56	10.09
5.93	10.23	11.08
6.09	14.2	12.02
6.1	15.63	12.06
6.17	16.05	13.52
6.36	16.32	15.24
6.67	17.74	16.28
6.91	18.38	18.55
7.64	18.45	
8.45	18.56	
8.46	19.52	
8.47	19.52	
8.74		
8.85		
9.63		
9.63		
9.65		
10.25		
10.32		
11.1		
11.2		
15.63		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ข

รูปโครงสร้างตู้แช่เย็น



รูปด้านข้าง

รูปด้านหน้า

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาว สุพัชชา กระต่ายแก้ว
วัน เดือน ปี เกิด	16 มกราคม 2536
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	B.B.A. Silpakorn University
ที่อยู่ปัจจุบัน	35/149 ถ.ติวานนท์ ซ.5/12 ม.1 ต.บ้านใหม่ อ.เมือง จ.ปทุมธานี 12000
ผลงานตีพิมพ์	การใช้พลังงานสำหรับตู้แช่แข็งภายในร้านสะดวกซื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY