แนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา
เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

นางสาวอัจนา ใจสุวรรณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DECISION APPROACH FOR SELECTION OF FISH SAUCE INDUSTRIAL PROCESSES

TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSION

Miss Atjanar Jaisuwan

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
โดย	นางสาวอัจนา ใจสุวรรณ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชุติมา)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ สมชาย พวงเพิกศึก)

อัจนา ใจสุวรรณ : แนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (DECISION APPROACH FOR SELECTION OF FISH SAUCE INDUSTRIAL PROCESSES TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSION) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช, 226 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการบรรจุน้ำปลาเป็นทางเลือกอันดับแรกที่ควรนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุดเท่ากับ 0.472 รองลงมาคือกระบวนการหมักน้ำปลา, กระบวนการกรองน้ำปลา และกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญเป็น 0.213, 0.163 และ 0.152 ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อนำผลจากวิธีดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่าให้ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตที่มีความสอดคล้องกัน

สำหรับขั้นตอนการสร้างแนวทางการตัดสินใจในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 1) การค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งได้ผ่านการตรวจสอบความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน 2) นำปัจจัยที่สรุปได้ดังกล่าวมาจัดเป็นโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ และ 3) ทดสอบการวิเคราะห์ผลโดยการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pair-wise comparison) ตามขั้นตอนของวิธี AHP ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้เพิ่มจำนวนผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา มาแสดงความคิดเห็นผ่านแบบสอบถาม การเปรียบเทียบเป็นคู่และทำการประมวลผลตามวิธีดังกล่าว เพื่อให้ได้ผลลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา

การนำแนวทางการตัดสินใจนี้ไปประยุกต์ใช้ เริ่มจากการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกก่อนแล้วจึงตามด้วยการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา โดยในการเปรียบเทียบดังกล่าวจะต้องทำการใส่คะแนนค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ แล้วทำการวิเคราะห์ผลคะแนนเพื่อหาลำดับความสำคัญและสามารถจัดลำดับของการคัดเลือกกระบวนการผลิต ซึ่งผลลัพธ์ของการตัดสินใจสามารถใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในอนาคต

ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต	....
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก	....
ปีการศึกษา	2557		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5570460321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS: ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)/ CARBON FOOTPRINT/ GREENHOUSE GAS EMISSIONS/ FISH SAUCE INDUSTRY

ATJANAR JAISUWAN: DECISION APPROACH FOR SELECTION OF FISH SAUCE INDUSTRIAL PROCESSES TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSION. ADVISOR: ASSOC. PROF. JITTRA RUKIJKANPANICH, Ph.D., 226 pp.

The objective of this research was to create a decision approach for selection of fish sauce industrial processes to reduce greenhouse gas emissions using Analytic Hierarchy Process (AHP). The result concluded that the packaging process was the first alternative to improve the process for reducing greenhouse gas (GHG) emissions which was the highest priority (0.472). The second priority was the fermentation process (0.213). The third priority was the filtering process (0.163) and the lowest priority was the mixing process (0.152). Moreover, the comparison of this result and carbon footprint presented the decision for selection of process was consistent.

The first step of this decision approach was finding the criteria which affected the reduction of greenhouse gas emissions as validated by 7 greenhouse gas management experts. The second step was using these criteria to establish a hierarchical structure of the decision. The final step was testing results by pair-wise comparison following AHP, which 3 experts from a fish sauce industrial case study were added to the decision by using pair-wise comparison questionnaires, and followed these steps for the sequential selection of fish sauce industrial processes.

The application of this decision approach started by pair-wise comparison each criterion which affected to the decrease of GHG release. Next, pair-wise comparison of fish sauce production processes. This pair-wise comparison must be weight in order to determine the priorities and analyzed for ranking the processes. The results can be an important baseline to reduce the GHG emissions in the future.

Department:	Industrial Engineering	Student's Signature	....
Field of Study:	Industrial Engineering	Advisor's Signature	....
Academic Year:	2014		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำแนะนำ ข้อคิดเห็นและแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนความเอาใจใส่และให้กำลังใจ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้ความกรุณาในการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องและให้ข้อเสนอแนะคำแนะนำต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจนวิทยานิพนธ์นี้เสร็จเรียบร้อย

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญจากภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกทั้ง 7 ท่านและส่วนโรงงานกรณีศึกษาอีก 3 ท่าน ที่กรุณาให้ความร่วมมือและสละเวลาช่วยทำแบบสอบถาม พร้อมทั้งให้ความคิดเห็นและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ อีกทั้งขอขอบพระคุณอาจารย์จากภายนอกที่มีส่วนให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินงานวิจัยจนผลลัพธ์เสร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณทุกๆ ความช่วยเหลือและกำลังใจจากเพื่อนๆ ตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวที่คอยให้กำลังใจสนับสนุนช่วยเหลือในทุกๆ ด้านจนสามารถทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 2

1.2 วัตถุประสงค์ 5

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 6

1.4 ประโยชน์ที่รับ 6

1.5 ขั้นตอนการวิจัย 6

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process) 9

2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas) 21

2.3 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) 21

2.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) 22

2.5 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Clean Technology: CT) 28

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 32

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 32

3.2 กลุ่มตัวอย่าง 35

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 37

บทที่ 4 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา 39

บทที่ 5 การค้นหาปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 43

5.1 ผลการศึกษาการรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 43

5.2 การสร้างแบบสอบถาม 45

5.3 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 45

5.4 การตรวจสอบว่าผลการประเมินของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกันหรือไม่ 49

5.5 สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 60

บทที่ 6 การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น 65

6.1 การออกแบบโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 65

6.2 การเปรียบเทียบเป็นคู่ 71

6.3 บทสรุปการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น 105

บทที่ 7 การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 107

7.1 การศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา 107

7.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 109

7.3 บทสรุปการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

บทที่ 8 การสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น 134

8.1 ภาพรวมของการนำแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยวิธี AHP ไปประยุกต์ใช้ 136

8.2 ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น 151

บทที่ 9 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 155

9.1 สรุปผลการศึกษา 155

9.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย 158

9.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป 158

รายการอ้างอิง 159

ภาคผนวก ก 164

ภาคผนวก ข 171

ภาคผนวก ค 181

ภาคผนวก ง 191

ภาคผนวก จ 215

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 226

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1. 1 การเปรียบเทียบการนำไปใช้ของวิธีการตัดสินใจ ที่มีเกณฑ์หลากหลาย (Comparison of group decision making methods) 5

ตารางที่ 2. 1 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่ 11

ตารางที่ 2. 2 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ 11

ตารางที่ 2. 3 การสังเคราะห์ผลการตัดสินใจในการหาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย 12

ตารางที่ 2. 4 ค่าดัชนีสุ่ม (Random Index : RI) 14

ตารางที่ 2. 5 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบทางเลือกเป็นคู่ ภายใต้ปัจจัย F1 15

ตารางที่ 2. 6 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้หาค่าลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัย F1 15

ตารางที่ 2. 7 ตัวอย่างตารางสรุปค่าลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยการตัดสินใจต่างๆ 16

ตารางที่ 2. 8 ตัวอย่างตารางการหาค่าลำดับความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก 16

ตารางที่ 2. 9 สรุปงานวิจัยต่างๆ ที่นำ AHP มาประยุกต์ใช้ 18

ตารางที่ 2. 10 ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด 22

ตารางที่ 3. 1 ระดับความสำคัญของความคิดเห็นและค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละระดับด้วยวิธีลิเคิร์ท 36

ตารางที่ 3. 2 เกณฑ์สำหรับแปลความหมายค่าน้ำหนักของคะแนนเฉลี่ยด้วยวิธีลิเคิร์ท 36

ตารางที่ 5. 1 การจัดกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด 44

ตารางที่ 5. 2 ผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจ คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 47

ตารางที่ 5. 3 ผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจ คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 48

ตารางที่ 5. 4 สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 61

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 5 ความหมาย และสัญลักษณ์ของ ส่วนประกอบต่างๆในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ 63

ตารางที่ 6. 1 ความหมาย และสัญลักษณ์ของ ส่วนประกอบต่างๆในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจทั้ง 4 ระดับ 70

ตารางที่ 6. 2 ตัวอย่างส่วนที่ 1 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลักภายใต้เป้าหมาย คือ การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 73

ตารางที่ 6. 3 ตัวอย่างส่วนที่ 2 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยรองภายใต้เป้าหมายปัจจัยหลัก ปัจจัยหลักที่ 1 การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 74

ตารางที่ 6. 4 ตัวอย่างส่วนที่ 3 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างทางเลือกภายใต้รายละเอียดของปัจจัยรอง ปัจจัยรองที่ 1 การปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ 75

ตารางที่ 6. 5 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลักลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 76

ตารางที่ 6. 6 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 77

ตารางที่ 6. 7 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก 77

ตารางที่ 6. 8 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน หรือค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก 78

ตารางที่ 6. 9 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่ 79

ตารางที่ 6. 10 ผลรวมการหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่ ... 79

ตารางที่ 6. 11 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 81

ตารางที่ 6. 12 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) เมื่อใช้ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 82

ตารางที่ 6. 13 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F1 82

ตารางที่ 6. 14 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอนหรือค่าลำดับความสำคัญปัจจัยรองภายใต้ปัจจัย F1 83

ตารางที่ 6. 15 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F1 84

ตารางที่ 6. 16 ผลรวมการหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F1 84

ตารางที่ 6. 17 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 85

ตารางที่ 6. 18 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือ เพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ 86

ตารางที่ 6. 19 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F2 87

ตารางที่ 6. 20 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F2 87

ตารางที่ 6. 21 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F2 89

ตารางที่ 6. 22 ผลรวมการหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F2 89

ตารางที่ 6. 23 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 90

ตารางที่ 6. 24 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลัก การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ 91

ตารางที่ 6. 25 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3 91

ตารางที่ 6. 26 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3 92

ตารางที่ 6. 27 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F3 93

ตารางที่ 6. 28 ผลรวมการหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F3 93

ตารางที่ 6. 29 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน 95

ตารางที่ 6. 30 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ 95

ตารางที่ 6. 31 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F4 96

ตารางที่ 6. 32 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F4 96

ตารางที่ 6. 33 สรุปลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยหลักและปัจจัยรอง 99

ตารางที่ 6. 34 ผลคูณของค่าน้ำหนักเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจ คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 100

ตารางที่ 6. 35 ผลการกำหนดน้ำหนักเฉลี่ย (ที่ทำการปรับให้ผลรวมของทุกค่าเป็น 1) ของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ 102

ตารางที่ 6. 36 การจัดกลุ่มของลำดับความสำคัญ ของทางเลือกภายใต้ผลคูณของลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ 103

ตารางที่ 6. 37 ผลค่าลำดับความสำคัญของทางเลือก ภายใต้ปัจจัยต่างๆ 104

ตารางที่ 7. 1 คำอธิบายของข้อมูลที่จะใส่ลงไปในตารางแสดงการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 120

ตารางที่ 7. 2 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ที่ 1 122

ตารางที่ 7. 3 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ที่ 2 125

ตารางที่ 7. 4 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา ที่ 3 128

ตารางที่ 7. 5 ผลรวมการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละโรงงานกรณีศึกษาน้ำปลา... 130

ตารางที่ 8. 1 คำอธิบายของสัญลักษณ์ต่างๆ ที่แสดงในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ 138

ตารางที่ 8. 2 เมตริกซ์การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก 139

ตารางที่ 8. 3 การใส่ข้อมูลคะแนนลงในเมตริกซ์ การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก 139

ตารางที่ 8. 4 การหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของการตัดสินใจรายกลุ่ม 140

ตารางที่ 8. 5 ตัวอย่างการใส่ค่าคะแนนที่ใส่ข้อมูล ลงในตารางเมตริกซ์การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก 141

ตารางที่ 8. 6 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก 141

ตารางที่ 8. 7 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน หรือค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก 142

ตารางที่ 8. 8 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้อง การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างปัจจัยหลัก 142

ตารางที่ 8. 9 สรุปลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยหลักและปัจจัยรอง 145

ตารางที่ 8. 10 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจ คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 146

ตารางที่ 8. 11 ตัวอย่างเมตริกซ์การตัดสินใจ ของการกำหนดน้ำหนักของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรอง F1.1 147

ตารางที่ 8. 12 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย เพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรอง F1.1 148

ตารางที่ 8. 13 สรุปผลการกำหนดน้ำหนักเฉลี่ยของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ........ 149

ตารางที่ 8. 14 การจัดกลุ่มของลำดับความสำคัญ ของกระบวนการผลิตภายใต้ผลคูณของลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ 150

ตารางที่ 8. 15 ผลค่าลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิต ภายใต้ปัจจัยต่างๆ 150

ตารางที่ 8. 16 การเปรียบเทียบการตัดสินใจสำหรับ การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 151

ตารางที่ 8. 17 ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของแนวทางการตัดสินใจ สำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น 153

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูป

รูปที่ 1. 1 การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกต่อปีของประเทศไทย.. 1

รูปที่ 2. 1 โครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจในการวิเคราะห์แบบ AHP 10

รูปที่ 2. 2 ลำดับขั้นตอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์.. 26

รูปที่ 2. 3 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด 29

รูปที่ 3. 1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.. 34

รูปที่ 4. 1 ผังรายละเอียดของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลา 41

รูปที่ 5. 1 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์** 50

รูปที่ 5. 2 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง** 51

รูปที่ 5. 3 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**.. 52

รูปที่ 5. 4 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**.. 53

รูปที่ 5. 5 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ** 54

รูปที่ 5. 6 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า** 55

รูปที่ 5. 7 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**.. 56

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 5. 8 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**............ 57

รูปที่ 5. 9 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐาน ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัย การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำและ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่.......... 58

รูปที่ 5. 10 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐาน ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัย การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำและ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ 59

รูปที่ 5. 11 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจของการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่ 1 ระดับที่ 2 และระดับที่ 3.......... 62

รูปที่ 6. 1 ขั้นตอนการประเมินผลการหาลำดับความสำคัญ 66

รูปที่ 6. 2 กรอบแนวคิดปัจจัยหลักและปัจจัยรองในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.......... 67

รูปที่ 6. 3 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.......... 69

รูปที่ 6. 4 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก 78

รูปที่ 6. 5 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต.......... 83

รูปที่ 6. 6 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก 88

รูปที่ 6. 7 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน 92

รูปที่ 6. 8 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง.......... 97

รูปที่ 6. 9 ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยจากมากไปน้อย.......... 101

รูปที่ 6. 10 ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญของทางเลือก 104

รูปที่ 7. 1 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 1.......... 111

รูปที่ 7. 2 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 2.......... 112

รูปที่ 7. 3 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 3.............................113

รูปที่ 7. 4 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 117

รูปที่ 7. 5 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 1 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 118

รูปที่ 7. 6 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 119

รูปที่ 7. 7 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1...........121

รูปที่ 7. 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2124

รูปที่ 7. 9 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3127

รูปที่ 8. 1 ขั้นตอนการดำเนินงานสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับ การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.......................................135

รูปที่ 8. 2 ขั้นตอนการนำแนวทางการตัดสินใจที่ได้ออกแบบไว้ไปประยุกต์ใช้ 136

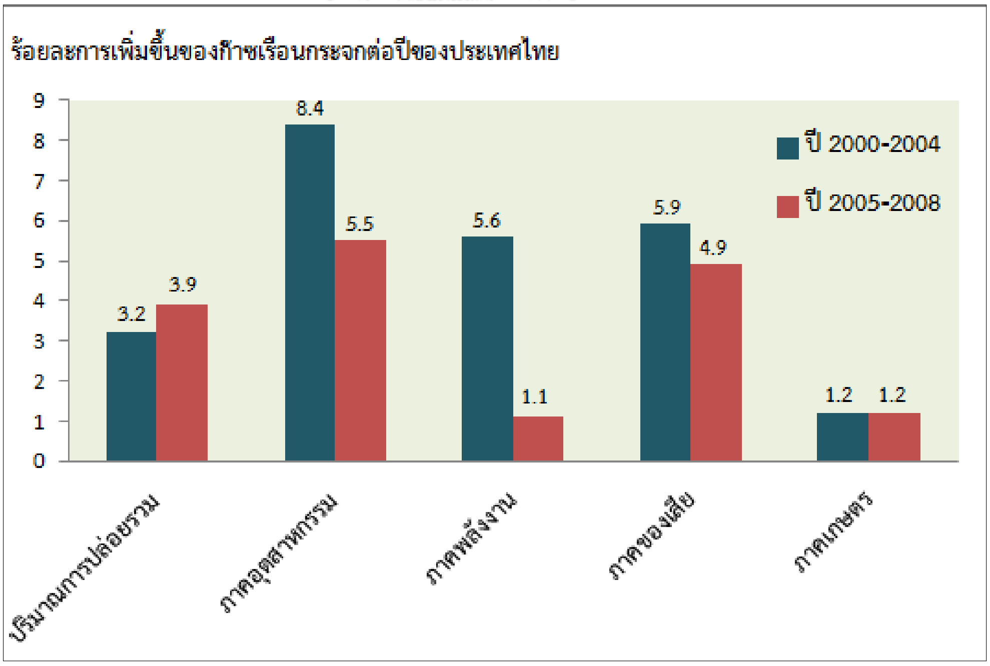
รูปที่ 8. 3 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้..................................137

รูปที่ 9. 1 ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP).......................................156

รูปที่ 9. 2 ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) 156

บทที่ 1
บทนำ

กิจกรรมต่างๆของมนุษย์ในปัจจุบัน ล้วนมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ไม่ว่าจะเป็นจากการใช้พลังงาน การเกษตร การพัฒนาและขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง รวมถึงการตัดไม้ทำลายป่าและการทำลายสิ่งแวดล้อมในรูปแบบอื่นๆ (IPCC 2007) จากการรวบรวมข้อมูลการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยโดย (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 2553) ดังรูปที่ 1.1 ได้แบ่งข้อมูลเป็นสองช่วงคือในระหว่างปี 2000-2004 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.2 ต่อปี (ไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้) และในระหว่างปี 2005-2008 พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.9 ต่อปี (ไม่รวมภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้) โดยทั้งสองช่วงของการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมาจากภาคอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยเพิ่มขึ้นมากที่สุด



รูปที่ 1. 1 การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกต่อปีของประเทศไทย

ในปีค.ศ. 2000-2004 และค.ศ. 2005-2008

ซึ่งถ้าปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นจะส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming) คือภาวะที่ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีมากเกินไปจะทำให้โลกเก็บความร้อนมากขึ้นและส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น ทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลาย เมื่อน้ำแข็งจำนวนมากละลายลงก็ทำให้ปริมาณน้ำทะเลในโลกสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อการดำรงชีพของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งทำให้เกิดปรากฏการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศหรือพื้นดินตามธรรมชาติที่มาจากกิจกรรมต่อเนื่องมนุษย์ (กรมอุตุนิยมวิทยา 2558) ส่งผลให้เกิดพายุโซนร้อน น้ำท่วมและภัยแล้งจากเอลนิโญที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น (กัณฑรีย์ บุญประกอบ 2558) ซึ่งการศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงผลกระทบที่เกี่ยวกับภาวะโลกร้อนซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก จากเหตุการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดการร่วมลงนามใน “พิธีสารเกียวโต” เป็นบันทึกข้อตกลงระหว่างประเทศฉบับเดียวของโลกที่มีเป้าหมาย คือการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงใช้เป็นเครื่องมือหลักที่รัฐบาลทั่วโลกต้องใช้เพื่อจัดการกับภาวะโลกร้อน ส่งผลให้หลายประเทศ อาทิเช่น อังกฤษ ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เกาหลี และสหรัฐอเมริกา ต่างให้ความสนใจและความร่วมมือกับเรื่องปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งจากภาคผู้ประกอบการและภาคผู้บริโภค

หน่วยงานของรัฐบาลและอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศมีความตื่นตัวกับปัญหานี้เป็นอย่างมาก รวมทั้งอุตสาหกรรมอาหารของประเทศไทยได้เริ่มส่งเสริมให้มีการดำเนินการของภาคผู้ประกอบการผ่านกลไกการแสดงค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์หรือฉลากคาร์บอน (Carbon Footprint of Product: CFP) ซึ่งคือปริมาณรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ในหน่วยกิโลกรัมหรือตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (KgCO2 equivalent หรือ tonCO2 equivalent) โดยเป็นแนวทางหนึ่งที่ผู้บริโภคจะมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยการมีข้อมูลสำหรับประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อย และยังเป็นกลไกทางการตลาดที่กระตุ้นให้ภาคผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตพัฒนาสินค้าหรือกระบวนการผลิตที่ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามความต้องการของผู้บริโภคอีกด้วย

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ผลิตภัณฑ์น้ำปลา จัดเป็นเครื่องปรุงรสอาหารที่ให้รสเค็ม และมีความสำคัญต่อการประกอบอาหารในชีวิตประจำวันของคนไทยเป็นอย่างยิ่ง ในปัจจุบันพบว่าผลิตภัณฑ์น้ำปลามีปริมาณการบริโภคอยู่ในอัตราที่สูง อีกทั้งความต้องการบริโภคน้ำปลาได้แพร่หลายทั้งภายในและภายนอก

ประเทศ ทำให้ตลาดการบริโภคน้ำปลาขยายตัวอย่างมาก จึงทำให้อุตสาหกรรมน้ำปลาเกิดความตื่นตัวและมีแนวโน้มที่จะขยายตลาดทั้งในประเทศและตลาดส่งออก เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคอย่างทั่วถึง จากข้อมูลงานวิจัยของ (นิตยา บุญทิน 2547) พบว่าเป็นการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการภายในประเทศกว่าร้อยละ 95 ส่วนยอดการผลิตที่เหลืออีกร้อยละ 5 เป็นการส่งออกไปจำหน่ายในต่างประเทศ เพื่อตอบสนองธุรกิจร้านอาหาร ภัตตาคารและการบริโภคในครัวเรือนของชาวไทยที่เข้าไปตั้งถิ่นฐานในต่างประเทศ ตลอดจนชาวต่างประเทศที่ติดใจในรสชาติอาหารไทย ทำให้ชาวต่างชาติหันมานิยมรับประทานอาหารไทยมากขึ้น ซึ่งถือเป็นปัจจัยหนุนให้มูลค่าการส่งออกน้ำปลาของคนไทยมีแนวโน้มเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง และจากข้อมูลสถิติของโครงสร้างสินค้าส่งออก (กระทรวงพาณิชย์ 2558) ให้ข้อมูลว่า การส่งออกน้ำปลาในปี พ.ศ. 2554 มีมูลค่ารวม 14,408.5 ล้านบาท และมีมูลค่าเพิ่มขึ้นในปีถัดไปจนถึงในปี พ.ศ. 2557 ที่มีมูลค่ารวมเพิ่มขึ้นถึง 19,076.5 ล้านบาท แสดงให้เห็นว่าปริมาณการส่งออกมีแนวโน้มเติบโตมากขึ้นไปอีก อีกทั้งประเทศไทยถือเป็นประเทศที่มีการส่งออกหรือผลิตน้ำปลาเป็นอันดับหนึ่งของโลก เนื่องจากมีผู้ผลิตน้ำปลาหลายราย ทำให้ผู้ผลิตแต่ละรายต้องเพิ่มกลยุทธ์ทางการค้า เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของตนเองกับผู้ผลิตรายอื่น อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมน้ำปลาจัดเป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร ซึ่งมีการใช้พลังงานในการผลิตค่อนข้างสูง จากข้อมูลในปี 2552 คิดเป็นการใช้พลังงานถึง 1 ใน 3 ของประเทศ (กระทรวงพลังงาน 2554) ซึ่งการใช้พลังงานที่มากขึ้นมีความสัมพันธ์กับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่จะส่งผลต่อค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นตามไปด้วย และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการกีดกันทางการค้าจากประเทศอื่นๆ โดยเฉพาะมาตรการภาษีด้านสิ่งแวดล้อม

ดังนั้นเพื่อเป็นการแสดงจิตสำนึกในการรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมต่อสังคม และเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีให้กับองค์กร การมองหาวิธีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่บรรยากาศในรูปแบบของการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมมากขึ้น จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ รวมถึงเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

กระบวนการผลิตน้ำปลาหลักๆ มี 4 กระบวนการ คือกระบวนการหมักน้ำปลา กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา กระบวนการกรองน้ำปลา และกระบวนการบรรจุน้ำปลา ตามลำดับ ในกระบวนการผลิตมีการใช้ทรัพยากรวัตถุดิบเชื้อเพลิง น้ำ ไฟฟ้า และวัตถุดิบในการบรรจุ เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้นในทุกกระบวนการผลิต และเนื่องจากผู้ประกอบการมีเงินลงทุนจำกัด จึงทำให้ยากที่จะทำการปรับปรุงทุกกระบวนการผลิตเพื่อลดการ

ปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงต้องมีการตัดสินใจที่ดีในการคัดเลือกกระบวนการผลิตสำหรับการปรับปรุงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งไม่เพียงแต่จะคำนึงถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงของกระบวนการผลิตสำหรับการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย ในปัจจุบันวิธีที่นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือ วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่มักจะศึกษาตั้งแต่ต้นจนจบของการได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ แต่การจะได้มาของผลลัพธ์มีความยุ่งยากในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งอาจทำให้เกิดความล่าช้า อาจไม่ใช่วิธีแก้ปัญหาที่ตรงประเด็น ถ้าหาวิธีแก้ปัญหาที่ตรงจุดและให้ผลลัพธ์รวดเร็ว จะสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้เร็วขึ้นด้วย ดังนั้นถ้ามีเครื่องมือช่วยตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตรงประเด็นและเร็วขึ้น อีกทั้งสามารถใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต ลดการเก็บข้อมูลที่ไม่จำเป็นลง จึงนำไปสู่เหตุผลที่น่าสนใจสำหรับการหาเครื่องมือช่วยตัดสินใจลักษณะนี้

วิธีการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process : AHP) เป็นวิธีที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดหรือจัดลำดับทางเลือกเมื่อมีเกณฑ์การตัดสินใจที่หลากหลาย โดยสามารถแก้ปัญหาโดยการนำข้อมูลมาจัดเรียงใหม่ให้อยู่ในโครงสร้างลำดับชั้น เพื่อทำให้เห็นโครงสร้างในการตัดสินใจได้อย่างชัดเจนมากขึ้น (Coyle G. 2004) ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้เครื่องมือช่วยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น เนื่องจากเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาที่ใช้เกณฑ์หลากหลายเพื่อต้องการผลทางเลือกที่ดีที่สุด และจากงานวิจัยของ (Peniwati 2007) ที่ได้แสดงตารางเปรียบเทียบวิธีการต่างๆของการตัดสินใจที่มีเกณฑ์หลากหลายดังตารางที่ 1.1 เขาพบว่าวิธี AHP เป็นวิธีที่ให้ความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจ (Faithfulness of Judgement) และสามารถวิเคราะห์ถึงเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไปของปัญหาลักษณะ What if ได้เป็นอย่างดี (Breadth and Depth of Analysis) จึงทำให้วิธี AHP เป็นกระบวนการที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกทางเลือก และเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ สามารถช่วยตัดสินใจในประเด็นของปัญหาที่มีความยุ่งยากให้มีความง่ายขึ้น โดยเลียนแบบกระบวนการตัดสินใจทางธรรมชาติของมนุษย์ มารวบรวมจัดแจงใหม่ให้อยู่ในรูปของโครงสร้างลำดับชั้นและสังเคราะห์ผลออกมาเป็นตัวเลขเพื่อให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้ง่ายขึ้น (Saaty T.L. 2008) และการศึกษานี้เป็นการตัดสินใจที่มีปัจจัยมากมายที่ส่งผลต่อคัดเลือกกระบวนการผลิต ซึ่งอาจมีน้ำหนักความสำคัญ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ไม่เท่ากัน ด้วยกระบวนการที่ต้องตัดสินใจลักษณะนี้จึงเข้ากับลักษณะของวิธี AHP นอกจากนี้ถ้าอาศัยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่าน้ำหนักของปัจจัยด้วยแล้วจะทำให้ผลการศึกษาน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น

อีกทั้งการศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นกับวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ว่าให้ผลการศึกษาที่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งตัวเลขที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นตัวเลขจริงและเป็นผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่สามารถเชื่อถือได้ ซึ่งถ้ามีแนวทางการตัดสินใจนี้แล้วคาดว่าสามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไปในอนาคตได้อีกด้วย

ตารางที่ 1. 1 การเปรียบเทียบการนำไปใช้ของวิธีการตัดสินใจที่มีเกณฑ์หลากหลาย

(Comparison of group decision making methods)

Method	Group Maintenance		Problem Abstraction		Structure		Analysis	
	Leadership Effectiveness	Learning	Scope	Development of	Breadth	Depth	Faithfulness of judgements	Breadth and Depth of
Structuring								
Analogy, Association	Low	Medium	Medium	Low	NA	NA	NA	NA
Boundary Examination	Medium	Medium	High	Low	NA	NA	NA	NA
Brainstorming/Brainwriting	Low	Low	Low	Medium	NA	NA	NA	NA
Morphological Connection	Low	Medium	High	Very high	NA	NA	NA	NA
Why-What's Stopping	Medium	Medium	High	Very high	High	High	NA	NA
Ordering and Ranking								
Voting	Low	Low	NA	NA	Low	Low	Low	Low
Nominal Group Technique	Medium	Medium	Medium	High	Low	Low	Low	Low
Delphi	Medium	Medium	Medium	High	Low	Low	Low	Low
Disjointed Incrementalism	Medium	High	Medium	Medium	High	Low	Medium	Medium
Matrix Evaluation	Medium	Medium	Medium	Low	High	Low	Medium	Medium
Goal Programming	Low	Low	Medium	Low	High	Low	Very high	Medium
Conjoint Analysis	Low	Low	Medium	Low	Low	Low	Very high	Medium
Outrankin	Medium	High	Medium	High	High	Low	Medium	High
Structuring and Measuring								
Bayesian Analysis	Medium	High	Medium	Low	Low	Low	Very high	Medium
MAUT/MAVT	Medium	High	Medium	High	High	Low	High	High
AHP	High	Very high	Medium	Very high	High	High	Very high	Very high

NA = Not Applicable

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 สร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP)

1.3.2 สร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยเลือกโรงงานผลิตน้ำปลาในจังหวัดระยอง 3 แห่งเป็นกรณีศึกษา

1.3.3 งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะในช่วงกระบวนการผลิตในโรงงานเท่านั้น ไม่รวมถึงการขนส่งและการบำบัดน้ำเสีย

1.4 ประโยชน์ที่รับ

1.4.1 โรงงานกรณีศึกษาสามารถนำผลการศึกษาไปกำหนดเป็นแผนการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.4.2 โรงงานอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ สามารถใช้เป็นแนวทางของการตัดสินใจในการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.4.3 หน่วยงานราชการได้ข้อมูลในการกำหนดแนวทางสำหรับการประเมินการเลือกจุดปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1.5.1 ศึกษาปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.5.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.3 กำหนดโรงงานและผลิตภัณฑ์ที่จะใช้เป็นกรณีศึกษา พร้อมทั้งศึกษาสภาพการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์และโรงงานนั้น เพื่อทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) การวิเคราะห์การตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ซึ่งมีขั้นตอนย่อยหลักๆ คือ

1.1) ค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมทั้งให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน

1.2) สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.3) สร้างโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ และสร้างแบบสอบถามเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นของการเปรียบเทียบเป็นคู่ตามวิธี AHP (ซึ่งขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ของคะแนนค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยและระหว่างแต่ละทางเลือกในการตัดสินใจ)

1.4) วิเคราะห์และประมวลผลค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยและระหว่างแต่ละทางเลือกในการตัดสินใจ เพื่อหาผลลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2) การวิเคราะห์การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (CF) เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถจัดลำดับผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สำหรับนำผลการศึกษาไปใช้เปรียบเทียบกับวิธีในการศึกษาข้อที่ 1) ข้างต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

2.1) การเลือกผลิตภัณฑ์เป้าหมายและกำหนดขอบเขตการประเมิน

2.2) การเขียนผังการไหลของกระบวนการผลิต

2.3) จัดเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละกระบวนการผลิตตามขอบเขตของการประเมิน เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบนพื้นฐานการวิเคราะห์สมดุลมวล

2.4) คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint: CF) โดยคำนวณจากปริมาณข้อมูลการผลิตและใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ข้อมูลปฐมภูมิ) x ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตและใช้ทรัพยากรนั้นๆ (ข้อมูลทุติยภูมิ) หรือ CO_2Emission = Activity Data x Emission Factor

2.5) สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อบ่งชี้ขั้นตอนที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งจัดลำดับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.5.4 เปรียบเทียบความสอดคล้องของผลลัพธ์การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เพื่อเป็นการยืนยันและสร้างความน่าเชื่อถือทางหนึ่งที่จะนำแนวทางการตัดสินใจนี้ไปใช้ประโยชน์

1.5.5 สร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้รวบรวมความรู้ ทฤษฎีที่จำเป็น รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะแบ่งเป็นหัวข้อที่สำคัญ ดังนี้

2.1 กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process)

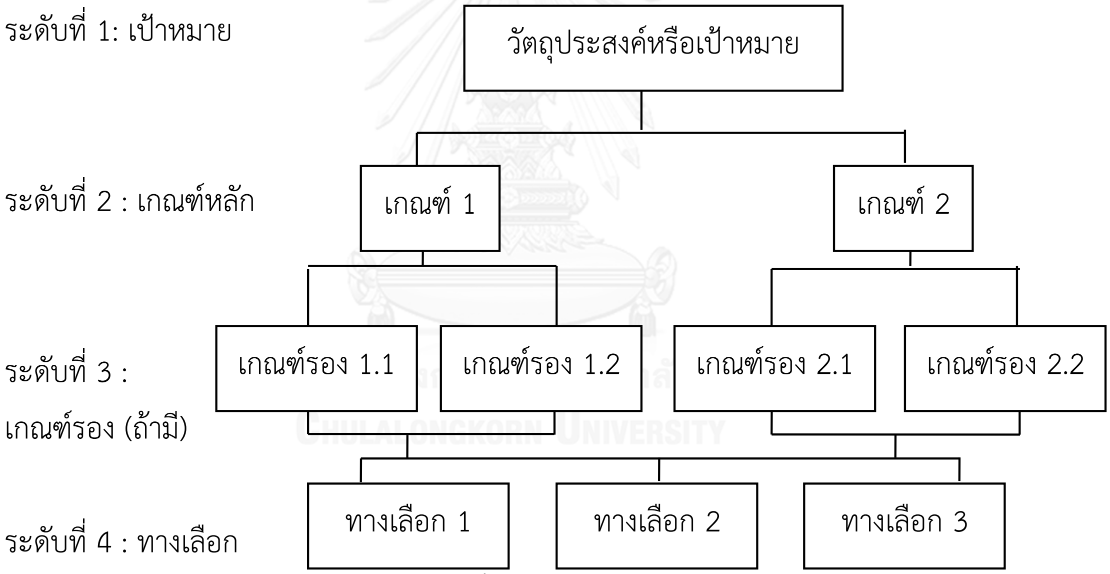
กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ได้รับการคิดค้นและพัฒนาขึ้นโดย Thomas Saaty ในปี ค.ศ. 1970 เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อการตัดสินใจเลือกทางเลือก เมื่อมีเกณฑ์ในการพิจารณาหลายเกณฑ์ เป็นวิธีที่นิยมและมีความเที่ยงตรงแม่นยำสูงที่สุด เนื่องจากเป็นกระบวนการตัดสินใจที่อาศัยการเลียนแบบจากพฤติกรรมของมนุษย์ที่สามารถแยกแยะถึงองค์ประกอบของปัญหาทั้งส่วนที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม (วิฑูรย์ ตันศิริมงคล 2542) โดยแบ่งโครงสร้างของปัญหาออกเป็นชั้นๆ (รูปที่ 2.1) ชั้นแรกคือ การกำหนดเป้าหมาย (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์หลัก (Criteria) เกณฑ์ย่อย (Subcriteria) และทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ แล้วจึงวิเคราะห์หาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยการวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์ในการคัดเลือกทางเลือกทีละคู่ (Pairwise) เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจว่าเกณฑ์ไหนสำคัญกว่ากัน โดยการให้คะแนนตามความสำคัญ หลังจากให้คะแนนเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์แล้วจึงพิจารณาวิเคราะห์ทางเลือกทีละคู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ทีละเกณฑ์จนครบทุกเกณฑ์ ถ้าการให้คะแนนความสำคัญนั้นสมเหตุสมผลจะสามารถจัดลำดับทางเลือกเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดได้ โดยการเปรียบเทียบลำดับความสำคัญของการประเมินทางเลือกโดยมักใช้ผู้ที่มีส่วนร่วมในการตัดสินใจเป็นผู้ชำนาญการและผู้มีประสบการณ์ในงานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดังกล่าวเป็นพื้นฐาน นอกจากนี้ AHP ยังได้กำหนดมาตรฐานของความสอดคล้องขึ้นมาเพื่อความถูกต้อง และเพื่อสนับสนุนเหตุผลของการวินิจฉัยให้มั่นใจว่าการตัดสินใจนั้นมีเหตุผลที่ยอมรับและทำให้ AHP เป็นกระบวนการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (พรศิริ สุพัฒน์ 2553)

จุดเด่นของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น คือ เป็นกระบวนการที่ให้ผลการสำรวจที่น่าเชื่อถือกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากใช้วิธีการเปรียบเทียบเชิงคู่ในการตัดสินใจก่อนที่จะลงมือตอบคำถาม และด้วยโครงสร้างที่เป็นลำดับชั้นทำให้สามารถลดความสับสนเมื่อมีเกณฑ์หรือปัจจัยเป็นจำนวนมาก ซึ่งเลียนแบบกระบวนความคิดของมนุษย์สามารถแยกโครงสร้างของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้และการทำความเข้าใจ นอกจากนี้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นปริมาณตัวเลขทำให้ง่ายต่อการจัดลำดับความสำคัญ (สุธรรม อรุณ 2549) สามารถวิเคราะห์ทั้งปัจจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ อีกทั้งสามารถตรวจสอบดูว่าการวิเคราะห์ค่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยว่ามีความสอดคล้องของการให้เหตุผลหรือไม่ และเป็นกระบวนการที่สามารถใช้ได้ทั้งกับการตัดสินใจเพียงคนเดียวหรือเป็นกลุ่มคณะเพราะกระบวนการวิเคราะห์นี้ เน้นเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลที่มาจาก

การตัดสินใจของผู้ตัดสินใจแต่ละคน อีกทั้งเหมาะสำหรับการตัดสินใจที่ไม่มีข้อมูลทางสถิติและความน่าจะเป็น ซึ่งต้องใช้ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทดแทน

การตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมีขั้นตอนที่ละเอียดดังนี้

1) การสร้างโครงสร้างลำดับชั้นหรือแบบจำลองของการตัดสินใจ ซึ่งไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอน แต่จะขึ้นอยู่กับลักษณะของการตัดสินใจและความซับซ้อนของการตัดสินใจ โดยส่วนมากโครงสร้างลำดับชั้น คือ ชั้นแรกเป็นการกำหนดเป้าหมายหรือกำหนดปัญหา (Goal) แล้วจึงกำหนดเกณฑ์หลักหรือปัจจัยหลัก (Criteria) เกณฑ์รองหรือปัจจัยรอง (Subcriteria) (ถ้ามี) และทางเลือก (Alternatives) ตามลำดับ (ดังรูปที่ 2.1) ซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์ปัญหา คือการกำหนดปัญหาให้ตรงประเด็น และกำหนดเกณฑ์ที่มีส่วนช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่มีความยุ่งยาก และสำคัญมาก เพื่อให้การตัดสินใจสามารถแก้ปัญหาได้ตรงประเด็นและได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพที่สุด (Franek J. and Kresta A. 2014)



รูปที่ 2. 1 โครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจในการวิเคราะห์แบบ AHP

2) การให้ดุลยพินิจเชิงเปรียบเทียบคู่ในการให้น้ำหนักระดับความสำคัญของเกณฑ์การประเมินในแต่ละระดับชั้น ซึ่งการเปรียบเทียบคู่ในการให้น้ำหนักระดับความสำคัญของเกณฑ์การประเมินสามารถทำได้โดยผู้ตัดสินใจคนเดียวหรือเป็นกลุ่ม โดยผู้ตัดสินใจอาจเป็นผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเรื่องนั้นหรือมีความเข้าใจในเรื่องที่ต้องการตัดสินใจ (วัชระ เจนวาริน 2555) เพื่อหาลำดับความสำคัญของเกณฑ์การประเมินที่มีผลต่อการตัดสินใจ โดยต้องมีการกำหนดน้ำหนักหรือระดับความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ก่อนทำการประเมินทางเลือก เนื่องจากเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจนั้นจะมีความสำคัญต่อเป้าหมายต่างกัน ซึ่งขั้นตอนแรกที่ใช้ในการตัดสินใจคือ การสร้างตารางเมตริกซ์เพื่อเปรียบเทียบ

ปัจจัยในแต่ละคู่ ดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 2.1 ดังนั้นผู้ทำการวินิจฉัยจะต้องสามารถกำหนดได้ว่าปัจจัยที่ทำการพิจารณานั้นว่ามีความสำคัญมากกว่าปัจจัยอื่นที่ถูกนำมาเปรียบเทียบในระดับใด โดยใช้มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ ดังแสดงตารางที่ 2.2 ด้วยการกำหนดตัวเลข 1-9 แทนระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อปัจจัยในระดับชั้นที่สูงกว่า (Saaty T.L. 1980)

ตารางที่ 2. 1 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบปัจจัยเป็นคู่

เกณฑ์การตัดสินใจ	ปัจจัย F1	ปัจจัย F2	ปัจจัย F3	ปัจจัย F4
ปัจจัย F1	1	5	7	1
ปัจจัย F2	1/5	1	3	1/5
ปัจจัย F3	1/7	1/3	1	1/6
ปัจจัย F4	1	5	6	1
ผลรวมแนวตั้ง	2.34	11.33	17	2.37

โดยค่าตัวอย่างตัวเลขที่เติมลงไปในตาราง มีความหมายดังนี้

- แถวทแยงมุมของตารางมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบปัจจัยของปัจจัยที่เหมือนกัน จึงทำให้มีความสำคัญเท่ากัน
- แถวที่ 2 คอลัมน์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1/5 หมายความว่าให้ความสำคัญกับปัจจัยF2 น้อยกว่าปัจจัยF1
- แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ให้ความสำคัญกับปัจจัย F1 เท่ากับ ปัจจัย F4
- แถวที่ 1 คอลัมน์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 5 หมายความว่าให้ความสำคัญกับปัจจัย F1 มากกว่าเกณฑ์ปัจจัย F2

ตารางที่ 2. 2 มาตราส่วนในการวินิจฉัยเปรียบเทียบเป็นคู่

ระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	ทั้งสองปัจจัยมีความสำคัญเท่ากัน
3	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งค่อนข้างมาก
7	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
9	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมากกว่าอย่างยิ่ง
2,4,6,8	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตัวเลข

ที่มา : (Coyle G. 2004)

3) การสังเคราะห์ผลการตัดสินใจเพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญรวมของแต่ละปัจจัยในการตัดสินใจ หรือค่าไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ซึ่งทางเลือกที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุด คือทางเลือกที่ดีที่สุด จากนั้นทำการคำนวณค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max : λ_{max}) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง โดยวิธีการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญเพื่อสังเคราะห์ผลการตัดสินใจ มีขั้นตอนดังนี้คือ เมื่อกำหนดค่าแสดงความสำคัญของแต่ละคู่เปรียบเทียบและคำนวณผลรวมแนวตั้ง ดังตัวอย่างตารางที่ 2.1 แล้วจากนั้นให้นำตัวเลขแต่ละช่องหารด้วยผลรวมตัวเลขแนวตั้งในคอลัมน์นั้น ดังแสดงตัวอย่างตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2. 3 การสังเคราะห์ผลการตัดสินใจในการหาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัย

เกณฑ์การตัดสินใจ	ปัจจัย F1	ปัจจัย F2	ปัจจัย F3	ปัจจัย F4	ค่าเฉลี่ยผลรวมแนวนอน	ค่าลำดับความสำคัญ (%)
ปัจจัย F1	1/2.34	5/11.33	7/17	1/2.37	0.43	43
ปัจจัย F2	(1/5)/2.34	1/11.33	3/17	(1/5)/2.37	0.11	11
ปัจจัย F3	(1/7)/2.34	(1/3)/11.33	1/17	(1/6)/2.37	0.05	5
ปัจจัย F4	1/2.34	5/11.33	6/17	1/2.37	0.41	41
ผลรวมแนวตั้ง	1	1	1	1	1	100

จากตารางที่ 2.3 ผลจากการคำนวณลำดับความสำคัญของปัจจัยสรุปได้ว่า ผู้ประเมินได้ให้ความสำคัญกับปัจจัย F1 มากกว่า ปัจจัย F4, ปัจจัย F2 และปัจจัย F3 ตามลำดับ

4) การคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: CR) เพื่อประเมินความสอดคล้องของการตัดสินใจ โดยเป็นการทดสอบว่าผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆนั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ ซึ่งการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผลมีขั้นตอนด้วยกัน 4 ขั้นตอน ดังนี้

<u>ขั้นที่ 1</u> การคำนวณ λ_{max} เริ่มจากการนำเอาค่าวินิจฉัยของเมตริกซ์การเปรียบเทียบปัจจัยแต่ละคู่ปัจจัยในตารางที่ 2 (กำหนดให้เป็นแนว A) คูณด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยผลรวมแนวนอน (ค่า eigenvector) ในตารางที่ 4 (กำหนดให้เป็นแนว B) แล้วนำเอาผลคูณที่ได้มารวมกัน (กำหนดให้เป็นแนว C)

$$
\underbrace{\begin{vmatrix} 1 & 5 & 7 & 1 \\ 1/5 & 1 & 3 & 1/5 \\ 1/7 & 1/3 & 1 & 1/6 \\ 1 & 5 & 6 & 1 \end{vmatrix}}_{A} \times \underbrace{\begin{vmatrix} 0.43 \\ 0.11 \\ 0.05 \\ 0.41 \end{vmatrix}}_{B} = \underbrace{\begin{vmatrix} 1.74 \\ 0.43 \\ 0.22 \\ 1.69 \end{vmatrix}}_{C}
$$

ตัวอย่างค่าในแนว C คำนวณจาก เช่น (1*0.43) + (5*0.11) + (7*0.05) + (1*0.41) = 1.74 เป็นต้น จากนั้นนำผลลัพธ์ในแนว C หารด้วยในแนว B จะได้แนว D

$$
D = \begin{vmatrix} 1.74/0.43 \\ 0.43/0.11 \\ 0.22/0.05 \\ 1.69/0.41 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 4.05 \\ 3.91 \\ 4.40 \\ 4.12 \end{vmatrix}
$$

ดังนั้น λ_{max} = ค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ในแนว D ซึ่งมีค่าเท่ากับประมาณ 4

ผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในกรณีที่มีการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ

ขั้นที่ 2 คำนวณหาค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index : CI) หาได้จากสูตร

$$
C.I. = \frac{\lambda max - n}{n - 1}
$$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index)

λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง

n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ขั้นที่ 3 หาค่าดัชนีความสอดคล้องเชิงสุ่ม (Random Consistency Index : RI) โดยใช้มาตรฐานค่าดัชนีสุ่มจาก Coyle (2004) ดังแสดงตารางที่ 2.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2. 4 ค่าดัชนีสุ่ม (Random Index : RI)

จำนวนปัจจัย (n)	Random Index (RI)	จำนวนปัจจัย (n)	Random Index (RI)	จำนวนปัจจัย (n)	Random Index (RI)
1	0	6	1.24	11	1.51
2	0	7	1.32	12	1.48
3	0.58	8	1.41	13	1.56
4	0.9	9	1.45	14	1.57
5	1.12	10	1.49	15	1.59

ขั้นที่ 4 คำนวณหาค่าอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio : CR) คือการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$

ถ้าค่า CR < 0.1 แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สำหรับการวินิจฉัยของปัจจัยที่มากกว่า 5 ปัจจัย

ถ้าค่า CR < 0.09 แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สำหรับการวินิจฉัยที่มี 4 ปัจจัย

ถ้าค่า CR < 0.05 แสดงว่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับมีความสอดคล้องสมเหตุสมผล สำหรับการวินิจฉัยที่มี 3 ปัจจัย

ถ้าค่า CR ดังกล่าวเกินมาตรฐาน แนวทางแก้ไขคือปรับปรุงเกณฑ์การตัดสินใจหรือทำการวินิจฉัยใหม่ (Saaty T.L. and Vargas L.G. 2012)

5) สรุปลำดับของปัจจัยที่มีผลต่อทางเลือกจากมากไปน้อย โดยนำค่าผลลัพธ์ลำดับความสำคัญหรือค่าเฉลี่ยผลรวมแนวนอนจากตารางที่ 2.3 มาสรุปเป็นตารางหรือกราฟ

หมายเหตุ การวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญรวม (Aggregation of Weight) กรณีมีปัจจัยหลักและปัจจัยรอง ให้ทำโดยนำค่าน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของปัจจัยในระดับชั้นที่ 2 (ปัจจัยหลัก) คูณกับค่าน้ำหนักความสำคัญเฉลี่ยของปัจจัยในระดับที่ 3 (ปัจจัยรอง) โดยผลคูณที่ได้คือค่าน้ำหนักความสำคัญแบบรวมของปัจจัยในระดับที่ 3 (วัชระ เจนวาริน 2555)

6) เปรียบเทียบทางเลือกแต่ละคู่โดยอิงตามปัจจัยในการตัดสินใจหลักแต่ละปัจจัย พร้อมทั้งกำหนดค่าแสดงความสำคัญของแต่ละคู่เปรียบเทียบโดยใช้มาตราส่วนวินิจฉัยเปรียบเทียบในตารางที่ 2.2 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบทางเลือกเป็นคู่ๆ ได้ดังตารางที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2. 5 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบทางเลือกเป็นคู่ ภายใต้ปัจจัย F1

ปัจจัย F1	ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3
ทางเลือก 1	1	(1/3)	3
ทางเลือก 2	3	1	3
ทางเลือก 3	(1/3)	(1/3)	1
ผลรวมแนวตั้ง	4.33	1.67	7

จากตารางที่ 2.5 ค่าตัวอย่างตัวเลขที่เติมลงไปในตาราง มีความหมายดังนี้

- แถวทแยงมุมของตารางมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ เนื่องจากเป็นการเปรียบเทียบปัจจัยของทางเลือกภายใต้ปัจจัย F1 ที่เหมือนกัน จึงทำให้มีความสำคัญเท่ากัน
- แถวที่ 2 คอลัมน์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3 หมายความว่า ภายใต้ปัจจัย F1 ให้ความสำคัญกับทางเลือก 2 มากกว่าทางเลือก 1
- แถวที่ 3 คอลัมน์ที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1/3 หมายความว่า ภายใต้ปัจจัย F1 ให้ความสำคัญกับทางเลือก 3 น้อยกว่าทางเลือก 1 เป็นต้น

7) การสังเคราะห์ผลการตัดสินใจเพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้แต่ละปัจจัย โดยนำตัวเลขแต่ละช่องหารด้วยผลรวมตัวเลขแนวตั้งในคอลัมน์นั้น ดังแสดงตัวอย่างดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2. 6 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ที่ใช้หาค่าลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัย F1

ปัจจัย F1	ทางเลือก 1	ทางเลือก 2	ทางเลือก 3	ค่าเฉลี่ยผลรวมแนวนอน	ค่าลำดับความสำคัญ (%)
ทางเลือก 1	1/4.33	(1/3)/1.67	3/7	0.29	29
ทางเลือก 2	3/4.33	1/1.67	3/7	0.57	57
ทางเลือก 3	(1/3)/4.33	(1/3)/1.67	1/7	0.14	14
ผลรวมแนวตั้ง	1	1	1	1	100

จากตารางที่ 2.6 ผลจากการคำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยการตัดสินใจ F1 สรุปได้ว่า ผู้ประเมินได้ให้ความสำคัญกับทางเลือก 2 มากกว่า ทางเลือก 1 และทางเลือก 3 ตามลำดับ ในการคำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจอื่นๆ เปรียบเทียบในทำนองเดียวกันนี้จนครบทุกปัจจัย

8) คำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล (Consistency Ratio: CR) เพื่อเป็นการทดสอบว่าผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ นั้นมีความสอดคล้องกันของเหตุผลหรือไม่ ทำได้โดยการคำนวณหาความสอดคล้องกันของเหตุผล ซึ่งมีขั้นตอนด้วยกัน 4 ขั้นตอนเช่นเดียวกับการคำนวณหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัย

9) สรุปผลการคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยในการตัดสินใจต่างๆ สามารถแสดงตัวอย่างดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2. 7 ตัวอย่างตารางสรุปค่าลำดับความสำคัญแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยการตัดสินใจต่างๆ

ค่าลำดับความสำคัญ	ปัจจัยF1	ปัจจัยF2	ปัจจัยF3	ปัจจัย F4
ทางเลือก 1	29%	33%	32%	43%
ทางเลือก 2	57%	10%	22%	47%
ทางเลือก 3	14%	57%	46%	10%

10) การหาค่าลำดับความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก ดำเนินการโดยนำค่าลำดับความสำคัญของแต่ละทางเลือกภายใต้ปัจจัยการตัดสินใจต่างๆ จากตารางที่ 2.7 มาคูณกับค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยการตัดสินใจนั้นๆ จากตารางที่ 2.3 ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างวิธีคำนวณดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2. 8 ตัวอย่างตารางการหาค่าลำดับความสำคัญรวมของแต่ละทางเลือก

	ปัจจัยF1 (43%)	ปัจจัยF2 (11%)	ปัจจัยF3 (5%)	ปัจจัย F4 (41%)	ลำดับความสำคัญรวม
ทางเลือก 1	(0.29*0.43)+(0.33*0.11)+(0.32*0.05)+(0.43*0.41)				0.35 หรือ 35%
ทางเลือก 2	(0.57*0.43)+().10*0.11)+(0.22*0.05)+(0.47*0.41)				0.46 หรือ 46%
ทางเลือก 3	(0.14*0.43)+(0.57*0.11)+(0.46*0.05)+(0.10*0.41)				0.19 หรือ 19%

11) จัดลำดับความสำคัญของทางเลือกพร้อมทั้งสรุปผลการประเมิน

จากตารางที่ 2.8 สรุปได้ว่าผลลัพธ์จากการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นหลังจากที่ได้ค่าน้ำหนักแล้วนาไปคูณกับปัจจัยการตัดสินใจ จะทำให้ได้ค่าคะแนนลำดับความสำคัญรวมสุดท้ายออกมา แล้วนำไปเรียงลำดับคะแนน โดยจะเลือกตัวเลือกที่มีคะแนนมากที่สุดเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงพบว่าทางเลือกที่ 2 มีความน่าสนใจมากที่สุด รองลงมาคือ ทางเลือกที่ 1 และทางเลือกที่ 3 ตามลำดับ

จากตัวอย่างที่แสดงข้างต้นทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นการวิเคราะห์ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยและอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ของการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญแบบรายคน กรณีการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย และอัตราส่วนความสอดคล้องของการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญแบบกลุ่ม จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสำหรับการหาข้อสรุปของตัวเลขที่เป็นตัวแทนของการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้นเมื่อมีค่าของข้อมูลสูงหรือต่ำกว่าค่าอื่นๆ รวมอยู่ (ดาว ใจบุญ 2554) จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญ และอัตราส่วนความสอดคล้อง (C.R.) ของค่าเฉลี่ย ซึ่งมีวิธีการคำนวณเหมือนการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญแบบรายคน (วัชระ เจนวาริน 2555)

ตั้งแต่กระบวนการนี้ได้รับการคิดค้นมา ก็พบว่ามีนักวิจัยหลายท่านนำเทคนิค AHP มาประยุกต์ใช้สำหรับการตัดสินใจทางเลือกเมื่อมีเกณฑ์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ โดยสามารถสรุปงานวิจัยต่างๆ ที่นำ AHP มาประยุกต์ใช้ ดังตารางที่ 2.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2. 9 สรุปงานวิจัยต่างๆ ที่นำ AHP มาประยุกต์ใช้

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการศึกษา
(กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์ 2550)	เพื่อจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกการประเมินผลความสำเร็จจากการปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริตในโรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์	1. ด้านคุณภาพ 2. ด้านความพึงพอใจของลูกค้า 3. ด้านค่าใช้จ่าย 4. ด้านระบบการทำงาน	มีการให้ความสำคัญของผลความสำเร็จจากการปรับปรุงงานในด้านทางเลือกการปรับปรุง/แก้ไขเครื่องจักรเป็นอันดับที่ 1 คิดเป็น 0.531 และทางเลือกการทำงานเป็นอันดับสอง คิดเป็น 0.469
(แสนชัย ธุวสถิตย์ 2551)	เพื่อวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้พิจารณาปรับปรุงอาคารตามพระราชบัญญัติการตรวจสอบอาคาร พ.ศ. 2548	1. ด้านระยะเวลา 2. ด้านงบประมาณ 3. ด้านคุณภาพ/มาตรฐาน 4. ด้านบริษัทผู้รับจ้าง 5. ด้านบุคลากร 6. ด้านความปลอดภัย	จากการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยพบว่าในกลุ่มเจ้าของอาคาร/ตัวแทนเจ้าของอาคาร ให้ความสำคัญของปัจจัยด้านงบประมาณมากที่สุด ส่วนกลุ่มวิศวกรที่บริหารงานวิศวกรรมในโรงพยาบาลให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยมากที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 2.9 สรุปงานวิจัยต่างๆ ที่นำ AHP มาประยุกต์ใช้ (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการศึกษา
(พรศิริ สุพัฒน์ 2553)	เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในโรงงานปิโตรเคมี	1. ด้านการเงิน การลงทุน 2. ด้านความรู้และบุคลากร 3. ด้านการจัดการ 4. ด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยี 5. ด้านความเสี่ยง 6. ด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม 7. ด้านข้อตกลงหรือกฎหมาย 8. ด้านประสิทธิภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก	การดำเนินงานด้านกลไกพัฒนาที่สะอาดถูกเลือกเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดเพราะมีความเหมาะสมมากกว่าทางเลือกของการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทางเลือกของการซื้อขายคาร์บอน และทางเลือกของการลดก๊าซเรือนกระจกโดยสมัครใจ
(มณฑิรา นิยม 2553)	เพื่อศึกษาลำดับความสำคัญของเกณฑ์ที่ส่งผลต่อการคัดเลือกบริษัทรับขนส่งสินค้ากรณีศึกษาบริษัทขนส่งหลายรูปแบบ	1. ด้านคุณภาพ 2. ด้านความยืดหยุ่น 3. ด้านทั่วไป	จากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ต่างๆ พบว่าสามารถจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ที่มีผลต่อการคัดเลือกบริษัทรับขนส่งสินค้าที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้ ด้านคุณภาพ ด้านความยืดหยุ่น และด้านทั่วไปตามลำดับ

ตารางที่ 2.9 สรุปงานวิจัยต่างๆ ที่นำ AHP มาประยุกต์ใช้ (ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	เกณฑ์การตัดสินใจ	ผลการศึกษา
(ศุกลักษณ์ ใจสูง 2555)	เพื่อสร้างแบบจำลองการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์	1. ต้นทุน 2. ความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ 3. เทคโนโลยีสารสนเทศ 4. ความมั่นคงทางการเงิน 5. การตอบสนอง	ผลการศึกษาพบว่าทางเลือกที่เหมาะสมนั้น มาจากการให้ความสำคัญของเกณฑ์ต้นทุนสำคัญสุด รองลงมาคือความน่าเชื่อถือในการส่งมอบ การตอบสนอง เทคโนโลยีสารสนเทศ และความมั่นคงทางการเงิน ตามลำดับ
(ธนวิน นันทาพานิช 2555)	เพื่อศึกษาลำดับความสำคัญของเกณฑ์ที่มีผลต่อการคัดเลือกผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการร้านที่ให้บริการด้านการสื่อสารโทรคมนาคม	1. ด้านความสามารถในการออกแบบกระบวนการบริการ 2. ด้านความสามารถในการปฏิบัติการบริการ 3. ด้านความสามารถในการปรับปรุงกระบวนการบริการ	จากผลการเปรียบเทียบคู่ของผู้บริหารระดับสูงให้ความสำคัญกับเกณฑ์เรื่องของของความสามารถในการปรับปรุงกระบวนการบริการมากที่สุด รองลงมาคือความสามารถในการปฏิบัติการบริการ และความสามารถในการออกแบบกระบวนการบริการตามลำดับ

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่าเทคนิคการวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (AHP) เหมาะสมกับงานวิจัยที่ต้องการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดจากหลายเกณฑ์การตัดสินใจ อีกทั้งยังสามารถจัดลำดับความสำคัญของทั้งทางเลือกและเกณฑ์การตัดสินใจนั้นได้อีกด้วย และยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ได้ทำการศึกษาในส่วนของการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นจึงทำให้ผู้วิจัยนำเทคนิค AHP นี้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2.2 ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

(องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก 2555) ได้ให้คำนิยามก๊าซเรือนกระจก " คือก๊าซที่มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อน หรือรังสีอินฟาเรดได้ดี ก๊าซเหล่านี้มีความจำเป็นต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ ซึ่งหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจก ในชั้นบรรยากาศจะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนนั้นหนาวจัด ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญคือ ไอน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โอโซน มีเทนและไนตรัสออกไซด์ สารซีเอฟซี เป็นต้น แต่ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) มีด้วยกัน 6 ชนิดคือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_20) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6)"

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP)

ศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดมีศักยภาพในการดูดกลืนพลังงานความร้อนต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนและอายุของก๊าซนั้นๆในบรรยากาศ สามารถประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง และแปลงค่าให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยปัจจุบันนิยมใช้ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนในรอบ 100 ปีของ (IPCC 2007) เป็นเกณฑ์ โดยมีการกำหนดค่าให้ดูดกลืนความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นมาตรฐานเปรียบเทียบ ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2. 10 ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อนของก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ชนิด

ชนิดของก๊าซเรือนกระจก	ค่าศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (GWP 100)
1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2)	1
2. มีเทน (CH4)	25
3. ไนตรัสออกไซด์ (N2O)	310
4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HCFs)	140-11,700
5. ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF6)	23,900
6. เพอร์ฟูออโรคาร์บอน (PFCs)	6,500-9,200

ที่มา: (IPCC 2007)

" จากตารางข้างต้นมีความหมายว่าตัวอย่างเช่น ก๊าซมีเทนมีค่า GWP 100 เท่ากับ 25 หมายความว่าก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม มีศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 25 กิโลกรัม ดังนั้นการปล่อยก๊าซมีเทน 1 กิโลกรัม คิดเป็นศักยภาพในการทำให้โลกร้อนเท่ากับ 25 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เป็นต้น "

2.4 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)

"คือ ปริมาณการปล่อยรวมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง การใช้งาน และการจัดการซากหลังใช้งาน หรือบางช่วงวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Wiedmann T. and Minx J. 2008) โดยแสดงผลเป็นตัวเลขที่แสดงค่าเทียบเท่ากับศักยภาพการก่อให้เกิดโลกร้อนในหน่วยกิโลกรัมหรือตันของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (KgCO_2 equivalent หรือ tonCO_2 equivalent)"

2.4.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

"(คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพรินท์ของผลิตภัณฑ์ 2554) ได้กำหนดวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยใช้หลักการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การใช้งาน และการกำจัดซากหลังการใช้งาน ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การขนส่ง และการกระจายสินค้า การใช้งานและการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ (Business-to-Consumer หรือ Cradle-to-Grave) หรือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Business-to-Business หรือ Cradle-to-Gate)

ซึ่งในวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีบทนิยามต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน ดังนี้

1) การปันส่วน (Allocation)

"การแบ่งส่วนปริมาณสารขาเข้า และ/หรือสารขาออก ของกระบวนการหรือระบบของผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาไปยังผลิตภัณฑ์เป้าหมายและผลิตภัณฑ์อื่นๆที่เกิดขึ้นในระบบของผลิตภัณฑ์"

2) ขอบเขตของระบบ (System boundary)

"ขอบเขตของกระบวนการที่อยู่ภายใต้ระบบของผลิตภัณฑ์ที่จะทำการพิจารณา"

3) ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data)

"ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในโรงงานหรือองค์กรโดยตรง"

4) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

"ข้อมูลที่ได้จากแหล่งข้อมูลอื่นที่อยู่นอกเหนือจากการตรวจวัดในโรงงานหรือองค์กรโดยตรง"

5) ค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Carbon dioxide Equivalent, CO_2eq)

"ค่าแสดงความสามารถในการทำให้โลกร้อนเมื่อเทียบในรูปปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์"

6) ผลิตภัณฑ์ร่วม (Co-product)

"ผลิตภัณฑ์อื่นที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์หลักที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเดียวกัน และมีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์"

7) หน่วยการทำงาน (Functional Unit)

"หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้ในการกำหนดขอบเขตการจัดเก็บข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกจากระบบผลิตภัณฑ์"

8) สมการการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

"CO_2Emission = Activity Data x Emission Factor"

โดยที่ CO2 Emission	คือ ค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เทียบในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์
Activity Data	คือ ปริมาณข้อมูลการผลิตและใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
Emission Factors	คือ ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตและใช้ทรัพยากรนั้นๆ "สารขาเข้าหรือสารขาออกใดที่ไม่มีข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้พิจารณาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภท คุณสมบัติทาง

กายภาพและเคมีของวัตถุดิบ หรือสารขาออกที่มีลักษณะใกล้เคียงกันมาคำนวณแทน”

9) บัญชีรายการข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม

“บัญชีรายการข้อมูลเกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกของระบบผลิตภัณฑ์ที่ศึกษา”

2.4.2 ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (รูปที่ 2.2) มีขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

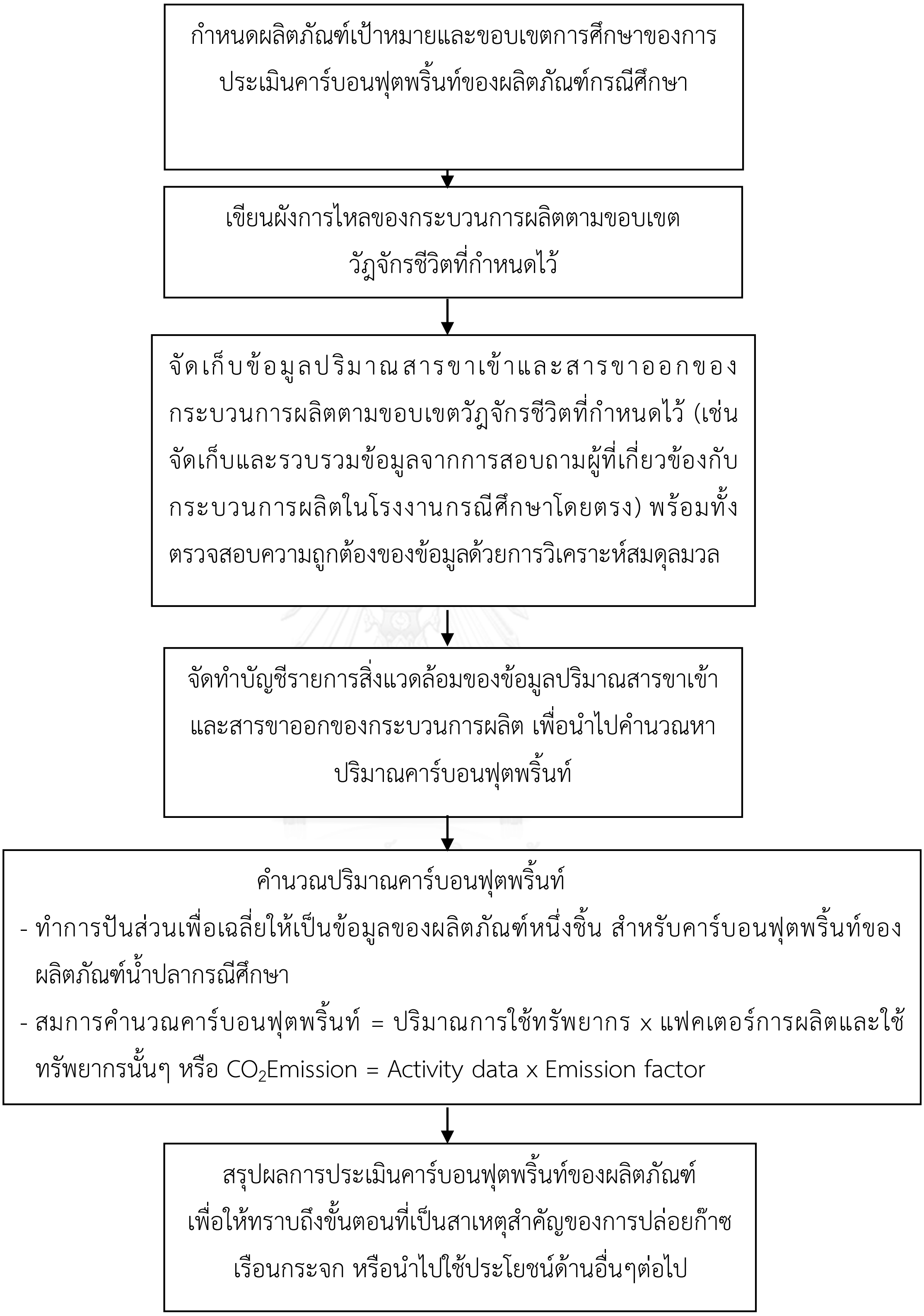
- กำหนดผลิตภัณฑ์เป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา : ต้องมีการกำหนดชนิด หน่วยการทำงานของผลิตภัณฑ์ที่ทำการประเมิน และขอบเขตการประเมินให้ละเอียดชัดเจน
- การจัดทำผังการไหลของกระบวนการผลิตตามขอบเขตวัฏจักรชีวิตที่กำหนดไว้ (Life Cycle Flow)
- จัดเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกตามผังการไหลของกระบวนการผลิต เพื่อนำไปจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนนี้จะต้องเก็บข้อมูลสารขาเข้า วัตถุดิบ พลังงานไฟฟ้า เชื้อเพลิงตลอดจนสาธารณูปโภคที่เกี่ยวข้อง เช่น น้ำที่ใช้จริงในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการประเมิน นอกจากนี้ยังต้องเก็บข้อมูลปริมาณสารขาออก ปริมาณของเสียและมลพิษที่เกิดจากการผลิต (ขั้นตอนนี้อาจใช้วิธีจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลจากการสอบถามผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในโรงงานกรณีศึกษาโดยตรง) พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์สมดุลมวล
- จัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการผลิตเพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์
- คำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint : CF) ต้องทำการปันส่วนเพื่อเฉลี่ยให้เป็นข้อมูลของผลิตภัณฑ์หนึ่งชิ้น และใช้สมการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากปริมาณข้อมูลการผลิตและใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ข้อมูลปฐมภูมิ) x ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตและใช้ทรัพยากรนั้นๆ (ข้อมูลทุติยภูมิ) หรือ CO_2Emission = Activity Data x Emission Factor (EF) ซึ่ง(พรพิมล บุญคุ้ม 2553) กล่าวว่าในขั้นตอนการเลือกใช้ค่า EF ถือว่าเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อการประเมิน CF ของผลิตภัณฑ์ใดๆ เนื่องจากวัตถุดิบแต่ละตัวมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่เท่ากัน และวัตถุดิบชนิดเดียวกัน แต่มาจากการผลิตต่างกันค่า EF ก็จะไม่เท่ากันด้วย สำหรับวัตถุดิบที่ไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สามารถหาค่า EF ได้โดยตรง ต้องมีการพิจารณาเลือกค่า EF ของสารหรือวัตถุดิบอื่นที่มีลักษณะทางกายภาพหรือสารเคมีที่มีโครงสร้างและมีกระบวนการผลิตใกล้เคียงกันมาใช้แทน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องอ้างอิงแหล่งที่มาของ EF ให้ชัดเจน

- สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆต่อไป เช่น นำไปเป็นแผนพัฒนาสินค้าหรือกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 2. 2 ลำดับขั้นตอนในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในปัจจุบันการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กำลังเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ อาทิ งานวิจัยของ(ธนันยศ ทองนพคุณ 2555)ได้ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผนกผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนรถยนต์ โดยแบ่งการประเมินเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตั้งแต่เริ่มจากกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นและสิ้นสุดที่กระบวนการขนส่งไปยังโรงงานประกอบรถยนต์ (Cradle to Gate) โดยผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลิตเหล็กแผ่นมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุด ซึ่งสามารถนำไปสู่การกำหนดแนวทางลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยซึ่งสามารถลดได้คิดเป็น 1.66% ส่วนการประเมินส่วนที่ 2 เป็นการประเมินในส่วนสำนักงาน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์มากที่สุดมาจากการเดินทางมาทำงานของพนักงาน และรองลงมาจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ดังนั้นจึงมุ่งเน้นกำหนดแนวทางลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไปที่มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้กิจกรรมต่างๆ ซึ่งสามารถทำได้ง่ายกว่าและสามารถลดได้ 0.04% นอกจากนี้ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2553) ได้ทำการประเมินปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องพันธุ์ปัตตาเวียชนิดหั่นเป็นแว่นบรรจุกระป๋องในน้ำเชื่อม 14 บริกซ์ ขนาด 20 ออนซ์ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการปลูกสับปะรด การผลิตสับปะรดกระป๋อง (รวมทั้งการผลิตกระป๋อง) การจัดจำหน่าย ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีค่ารวมเป็น 0.340 $kgCO_2e$/กระป๋อง โดยพบว่าขั้นตอนการผลิตสับปะรดกระป๋อง (รวมการขนส่งสับปะรดจากไร่สับปะรดมายังโรงงาน การผลิตสับปะรดหั่นแว่น การผลิตน้ำเชื่อม และการผลิตกระป๋อง) เป็นขั้นตอนที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 54% ของขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมทั้งหมด โดยมาจากกิจกรรมการผลิตน้ำเชื่อมและการผลิตกระป๋องเป็นสำคัญ รองลงมาเป็นขั้นตอนการจัดจำหน่ายซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 39% ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม ดังนั้นผลการศึกษาบ่งชี้ว่าขั้นตอนการผลิตสับปะรดกระป๋องควรได้รับความสนใจในการจัดการเพื่อลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้แก่ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกิจกรรมการผลิตน้ำเชื่อมโดยเฉพาะในส่วนของพลังงานไอน้ำ ซึ่งอาจใช้แหล่งพลังงานปฐมภูมิอื่นๆทดแทนการใช้ถ่านหิน เช่น เปลี่ยนเป็นก๊าซธรรมชาติ ตลอดจนกิจกรรมการผลิตกระป๋องซึ่งอาจพิจารณาใช้กระป๋องรีไซเคิล เป็นต้น

อีกทั้งงานวิจัย(ขวัญชนก เสียงจันทร์ 2554) ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ VANNAMEI (อาหารกุ้งข้าว) ในรูปแบบของการประเมินเฉพาะช่วงกระบวนการผลิตใน

โรงงาน (Business-to-Business หรือ B2B) โดยศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ จากการใช้พลังงานถ่านหินและไฟฟ้า จากการใช้น้ำ และจากของเสียที่ปล่อยออก จากการวิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิต VANNAMEI 7วัน พบว่ามีการปลดปล่อยรวมเท่ากับ 0.83 $kgCO_2/kg$ โดยปลดปล่อยจากการใช้วัตถุดิบมากสุดร้อยละ 45 จากการใช้ ถ่านหิน และไฟฟ้ารองลงมาร้อยละ 44 และร้อยละ 11 ตามลำดับ ส่วนการปลดปล่อยจากการใช้น้ำ การขนส่งภายใน และการกำจัดซากของเสียจากกระบวนการผลิตมีค่าน้อยมากเพียงร้อยละ 0.61 นอกจากนี้ในงานวิจัยยังได้วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงจากมาตรการประหยัดพลังงาน และมาตรการจัดการของเสีย ผลการศึกษาพบว่าสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงร้อยละ 16.5 ของการปลดปล่อยทั้งหมดอีกด้วย

และงานวิจัยของ (นเรศ ใหญ่วงศ์ 2554) ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น 246 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด (94%) รองลงมาคือขั้นตอนการผลิต ดังนั้นเขาจึงเสนอแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นให้มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและพัฒนาการใช้วัตถุดิบและพลังงานให้มีประสิทธิภาพ

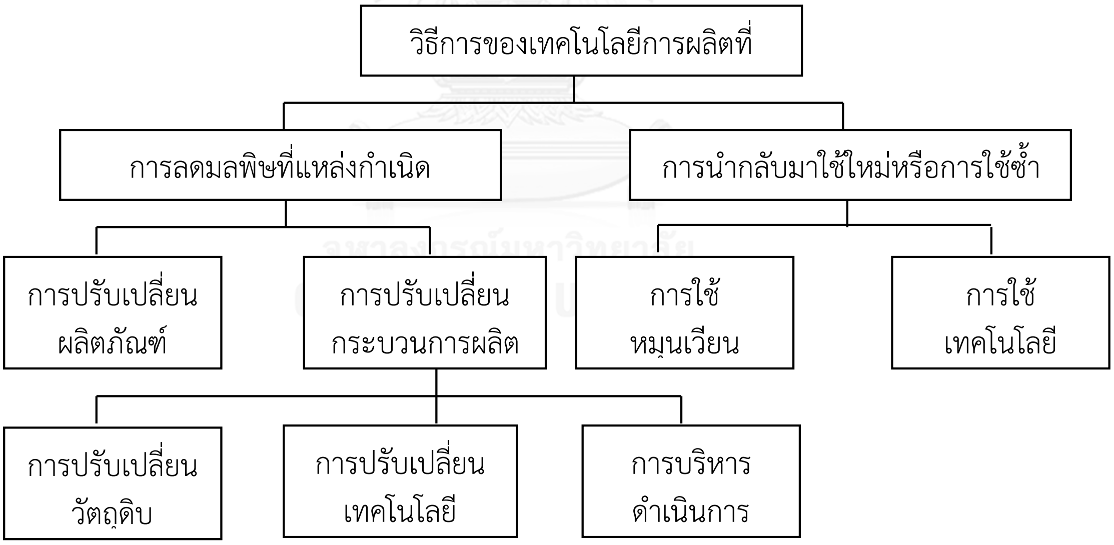
2.5 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Clean Technology: CT)

(ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ 2554) กล่าวว่าเทคโนโลยีสะอาดเริ่มใช้กันในประเทศไทยตั้งแต่ปี 2533 เป็นปฏิบัติการเชิงรุกพิจารณาที่แหล่งกำเนิดของเสีย ใช้พื้นฐานความรู้ของศาสตร์ทางวิศวกรรม ทำดุลมวล และดุลพลังงานของหน่วยปฏิบัติการเฉพาะหน่วยต่างๆ ในกระบวนการผลิต วิธีการนี้จะทำให้ได้ข้อเสนอทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดซึ่งส่วนใหญ่ เป็นทางเลือกที่ช่วยลดของเสีย ลดค่าใช้จ่าย เพิ่มผลผลิต เพิ่มคุณภาพให้ผลิตภัณฑ์ ประหยัดพลังงาน ลดความเสี่ยง และประหยัดทรัพยากรโดยรวม ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวคิดที่ว่าหากของเสียลดลงก็จะไปเพิ่มเป็นผลผลิตที่มีค่า หรือประหยัดการใช้วัตถุดิบ ทั้งยังไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียอีกด้วย นอกจากนี้ปัจจุบันเทคโนโลยีสะอาด ยังเป็นเครื่องมือที่ระบุในมาตรฐานนานาชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14000 (ISO 14010 : Environmental Audit) เน้นด้านการป้องกันมลพิษ และได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าเป็นเครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มขีดความสามารถให้ภาคอุตสาหกรรมและในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายประเทศ ซึ่งเครื่องมือนี้จะทำให้การรับมือต่อมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมที่กำหนดโดยผู้ค้าในประเทศสหภาพยุโรปและประเทศพัฒนาแล้วอื่นๆ เป็นเรื่องไม่ยาก ทั้ง

จะทำให้ประเทศไทยทำงานในเชิงรุกด้านวิศวกรรมการป้องกันมลพิษ และเป็นผู้นำในการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของภูมิภาคตามเป้าหมายของประเทศที่กำหนดไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ กรมโรงงานอุตสาหกรรม)ได้ให้คำจัดความของเทคโนโลยีสะอาดว่า “หมายถึง การพัฒนา ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดผลกระทบ ความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและมีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ด้วยการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตควบคู่กันไป” คำจำกัดความนี้เนนการลดผลกระทบตอสิ่งแวดลอมที่แหลงกำเนิด โดยการคำนึงถึงมวลสารขาเข้า กระบวนการผลิต (Inputs) มากกวามวลสารขาออกจากกระบวนการผลิต (Outputs) เพื่อหาวิธีที่จะเพิ่มผลผลิตใหมีของเสียหรือมีการปลอยมลพิษนอยลง

นอกจากนี้กรมโรงงานอุตสาหกรรมยังกำหนดวิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โดยแบ่งวิธีการดำเนินงานออกเป็น 2 วิธีหลักๆ คือวิธีลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2. 3 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด

(**ที่มา :** http://www.tei.or.th/songkhlalake/database/knowledge/knowledge_ct2.html)

จากรูปที่ 2.3 สามารถอธิบายได้ว่า

<u>การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด</u> แบ่งออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1) การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process Change) แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

1.1) การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change)

เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด หมายถึง “คุณสมบัติของวัตถุดิบเองหรือสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ หากเป็นไปได้ควรมีการกำจัดออกตั้งแต่ต้น คือแหล่งที่มาก่อนที่จะขนสู่เข้าโรงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิต รวมทั้งคุณภาพต้องให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตของโรงงานด้วย”

1.2) การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement)

“เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิตหรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนวิธีการในการผลิต หรือปรับปรุงอุปกรณ์ในสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการสูญเสีย การเพิ่มระบบอัตโนมัติ การปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ในการผลิตและการนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ ปรับปรุงข้อจำกัดในการปฏิบัติงานและการใช้เทคโนโลยี เป็นต้น”

1.3) การบริหารการดำเนินการ (Operation Management)

“เป็นการบริหารระบบการวางแผนและควบคุมการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการผลิต ให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล ได้แก่ การปฏิบัติที่ดี การจัดการที่ดี การควบคุมรายการวัตถุดิบ การจัดเก็บที่เหมาะสม การวางแผนการผลิต วางแผนการซ่อมบำรุงเครื่องจักร การแยกกำจัดหรือบำบัดของเสียและการฝึกอบรม”

2) การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation)

“ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจมีคุณภาพ รูปลักษณะ ขนาด ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อม สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาได้ เช่น การปรับปรุงในรายละเอียดของผลิตภัณฑ์เพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดการเกิดสารมลพิษ โดยพัฒนาการออกแบบให้มีผลกระทบต่อต่อสภาพแวดล้อมน้อยที่สุด”

<u>การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ (Recycle or Reuse)</u>

การใช้ซ้ำ “เป็นการนำของเสียจากกระบวนการผลิตมาใช้ซ้ำ โดยนำกลับมาใช้ใหม่โดยตรง เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเดิมหรือใช้ในกระบวนการผลิตอื่น เช่น การนำขวดที่ใช้แล้วมาล้างเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ การนำน้ำหล่อเย็นกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น”

การนำกลับมาใช้ใหม่ “เป็นการนำของเสียไปผ่านกระบวนการเพื่อนำกลับมาใช้อีกหรือเป็นผลพลอยได้ที่มีมูลค่าเพิ่ม เช่น การนำพลาสติกมาหลอมใหม่ก่อนนำมาใช้ ผลิตตะกั่วจากการหลอมแบตเตอรี่เก่า และการนำน้ำนึ่งปลาในโรงงานผลิตปลาทูน่ากระป๋องมาทำซอสปรุงรส เป็นต้น”

โดยปัจจัยสำคัญที่ผลักดันให้ภาคอุตสาหกรรมน้ำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้ คือเกิดจากแรงผลักดันจากปัจจัยหลัก 3 กลุ่ม คือ

1) ปัจจัยด้านกฎหมายและมาตรฐานต่างๆ

รัฐจะออกกฎหมายเพื่อกำกับดูแลผู้ประกอบกิจการโรงงานในเรื่องสิ่งแวดล้อม สุขอนามัยและความปลอดภัยในที่ทำงาน รวมทั้งระบบมาตรฐานต่างๆ เช่น มาตรฐานสากล ISO 14000

2) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

การทำกำไรเป็นพื้นฐานของผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ดังนั้นความสามารถในการทำกำไรของโครงการปรับปรุงด้านต่างๆ ในโรงงานจึงมักเป็นเกณฑ์ที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจเป็นหลัก ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสามารถนำไปสู่การประหยัดหรือลดต้นทุนโดยตรง จึงเป็นประเด็นที่สร้างแรงจูงใจ

3) ปัจจัยเกี่ยวกับองค์กร

คุณภาพของการตัดสินใจเพื่อบริหารองค์กร เป็นสิ่งสำคัญต่อปฏิบัติงานด้านสิ่งแวดล้อมของธุรกิจ ดังนั้นความพร้อมและสภาวะของผู้ประกอบการรวมทั้งความคาดหวังขององค์กรเองจึงเป็นปัจจัยหลัก

<u>ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด</u>

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิตเพื่อให้เกิดการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและให้ประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรม สังคม และสิ่งแวดล้อมอย่างมากมาย ดังนี้

1) ลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ลดลง ได้แก่ น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน (ไฟฟ้า น้ำมัน เชื้อเพลิง) จึงเป็นผลให้เกิดการลดของเสียรวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

2) เพิ่มศักยภาพการผลิต ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้าที่ออกจำหน่ายและบริการ

3) พัฒนาองค์กร เกิดการบริหารงานอย่างเป็นระบบ ภาพพจน์ภายในโรงงานและนอกโรงงานดีขึ้น

4) เพิ่มความสัมพันธ์ของพนักงาน หน่วยงานราชการ และชุมชนใกล้เคียง

5) เป็นการอนุรักษ์ธรรมชาติ เนื่องจากเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

6) พัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

จากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้สรุปมานั้น ผู้วิจัยได้นำความรู้ที่มาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยเพื่อสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งขั้นตอนในการวิจัยจะแสดงรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วยหลายขั้นตอน สามารถแสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้คือ

3.1.1 ศึกษาปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.1.2 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยทำการศึกษาข้อมูลเชิงเอกสารและงานวิจัยในอดีตที่จำเป็นสำหรับงานวิจัย ซึ่งรวบรวมจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารและบทความทางวิชาการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

3.1.3 กำหนดโรงงานและผลิตภัณฑ์ที่จะใช้เป็นกรณีศึกษา พร้อมทั้งศึกษาสภาพการดำเนินงานของผลิตภัณฑ์และโรงงานนั้น

ในการศึกษานี้เมื่อศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษาแล้ว จะทำการศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) การวิเคราะห์การตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ซึ่งมีขั้นตอนย่อยหลักๆ คือ

1.1) สร้างปัจจัยสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก : เริ่มด้วยการค้นหาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยทำการศึกษาจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสาร บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ และให้ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกช่วยตอบแบบสอบถาม เพื่อประเมินความคิดเห็นของปัจจัยที่ได้กำหนดขึ้น จากนั้นนำมาสรุปเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และจัดเป็นกลุ่มของปัจจัยหลัก และปัจจัยรองสำหรับการตัดสินใจในการศึกษานี้

1.2) สรุปปัจจัยสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1.3) สร้างโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ และสร้างแบบสอบถามเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินปัจจัยสำหรับการตัดสินใจในลักษณะของการเปรียบเทียบเป็นคู่ เพื่อหาน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือก

1.4) วิเคราะห์และประมวลผลค่าแสดงความสำคัญของการเปรียบเทียบคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยและแต่ละทางเลือกของการตัดสินใจตามวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเพื่อหาผลลัพธ์ลำดับการตัดสินใจในการคัดเลือกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

2) การวิเคราะห์การตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กรณีศึกษา (CF) เพื่อให้ทราบถึงขั้นตอนกระบวนการผลิตที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และสามารถจัดลำดับผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำผลการศึกษาไปใช้เปรียบเทียบกับวิธีในการศึกษาข้อ 1) ข้างต้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

2.1) การเลือกผลิตภัณฑ์เป้าหมายและกำหนดขอบเขตการประเมิน

2.2) การเขียนผังการไหลของกระบวนการผลิต

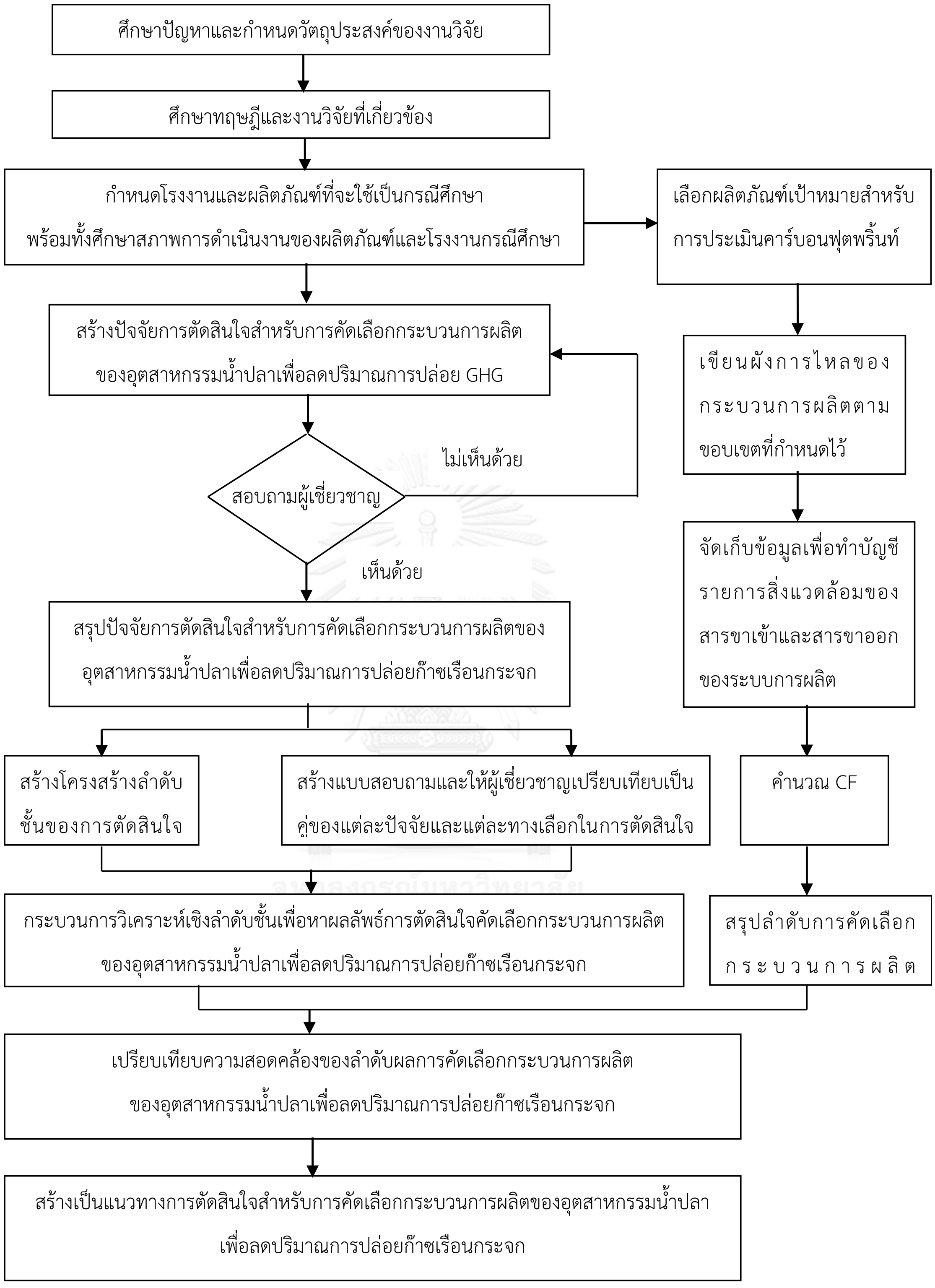
2.3) จัดเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละขั้นตอนย่อยของกระบวนการผลิตตามขอบเขตของการประเมิน เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลบนพื้นฐานการวิเคราะห์สมดุลมวลโดยผู้จัดการโรงงานและที่ปรึกษาด้านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

2.4) คำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint: CF) คำนวณจากปริมาณข้อมูลการผลิตและใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ข้อมูลปฐมภูมิ) x ค่าสัมประสิทธ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตและใช้ทรัพยากรนั้นๆ (ข้อมูลทุติยภูมิ) หรือ CO_2Emission = Activity Data x Emission Factor

2.5) สรุปผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อบ่งชี้ขั้นตอนกระบวนการผลิตที่เป็นสาเหตุสำคัญของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งจัดลำดับการตัดสินใจคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.1.4 เปรียบเทียบความสอดคล้องของผลลัพธ์ลำดับการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) และการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF) เพื่อเป็นการยืนยันและสร้างความน่าเชื่อถือทางหนึ่งที่จะนำแนวทางการตัดสินใจนี้ไปใช้ประโยชน์

3.1.5 สร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)



รูปที่ 3. 1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 กลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้มีการเก็บข้อมูลในรูปแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.2.1 ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจก

ผู้วิจัยทำการสำรวจเก็บข้อมูลกลุ่มผู้เชี่ยวชาญนี้ทั้งหมด 7 ท่าน สำหรับการขอความคิดเห็นผ่านแบบสอบถามเกี่ยวกับการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันว่าปัจจัยที่เสนอนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการตัดสินใจในการศึกษานี้ อีกทั้งยังให้ผู้เชี่ยวชาญกลุ่มนี้เป็นผู้ตัดสินใจทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยและแต่ละทางเลือกเพื่อหาลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3.2 ผู้เชี่ยวชาญที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา

ในส่วนนี้จะทำการเลือกเก็บข้อมูลจากเจ้าของกิจการหรือผู้จัดการโรงงานน้ำปลาหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจของโรงงาน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างของโรงงานที่ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง 3 รายที่สะดวกในการให้ข้อมูล โดยเก็บข้อมูลในรูปแบบสอบถามสำหรับการเปรียบเทียบคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยและแต่ละทางเลือกเพื่อหาลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 แบบสอบถาม (Questionnaire) (ธานินทร์ ศิลป์จารุ 2555) กล่าวไว้ว่าเป็นเครื่องมือวิจัยที่ได้รับนิยม เนื่องจากแบบสอบถามเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความคิดเห็น ความรู้สึก และอารมณ์ของบุคคล มีลักษณะคล้ายแบบทดสอบแต่แตกต่างกันที่แบบสอบถามเน้นถามความเป็นจริงของตัวผู้ตอบและความรู้สึกนึกคิดของผู้ตอบต่อสถานการณ์ต่างๆ ตามที่แบบสอบถามได้กำหนดไว้ ดังนั้นการตอบจึงไม่มีข้อใดที่ตอบผิด เพราะทุกข้อผู้ตอบตามข้อเท็จจริงที่เป็นอยู่ หรือความคิดเห็นว่าเป็นเช่นนั้น แบบสอบถามสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะของคำถาม ได้แก่ คำถามแบบเปิด และคำถามแบบปิด

3.3.2 มาตรวัดของลิเคิร์ท (Likert Scale) การให้คะแนนเชิงตัวเลขสำหรับประเภทข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยการใช้แบบวัดเจตคติตามวิธีมาตรวัดของ (Likert R. 1932) ซึ่งเป็นมาตรวัดที่ใช้วัดเจตคติหรือความคิดเห็นของผู้ตอบที่มีต่อข้อความเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยคะแนนรวมที่ได้จากการตอบคำถามทุกข้อแสดงให้เห็นถึงเจตคติของผู้ตอบที่มีต่อเรื่องนั้น โดยมาตรวัดเจตคติแบบลิเคิร์ทประกอบด้วยชุดของคำถามเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดความคิดเห็นของผู้ตอบต่อเรื่องนั้น โดยมีจำนวนคำถามทางบวกหรือทางลบเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน การตอบคำถามมีทั้ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย ซึ่งคะแนนรวมทั้งหมดที่ได้จากการวัดแสดงถึงเจตคติของผู้ตอบต่อคำถาม (วัชระ เจนวาริน 2555) ลักษณะของการให้คะแนนตามมาตรวัดของลิเคิร์ทเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งแบ่งระดับความคิดเห็นเป็น 1-5 ระดับ โดยให้ค่าน้ำหนักของคำตอบมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 5 คะแนน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1 ระดับความสำคัญของความคิดเห็นและค่าน้ำหนักคะแนนของแต่ละระดับด้วยวิธีลิเคิร์ท

ระดับความสำคัญของความคิดเห็น	ค่าน้ำหนักของคะแนนของแต่ละระดับ
ไม่เห็นด้วย	1 คะแนน
ไม่แน่ใจ	2 คะแนน
เห็นด้วยน้อย	3 คะแนน
เห็นด้วยปานกลาง	4 คะแนน
เห็นด้วยมาก	5 คะแนน

จากนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลของการให้คะแนน จะใช้การพิจารณาขอบเขตของคะแนนเพื่อใช้ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ช่วงระดับคะแนน = (ระดับคะแนนสูงสุด-ระดับคะแนนต่ำสุด)/จำนวนระดับความคิดเห็น

= (5 – 1))/5

= 0.8

จากช่วงของระดับคะแนนข้างต้นจะสามารถอธิบายความหมายระดับช่วงคะแนนได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3. 2 เกณฑ์สำหรับแปลความหมายค่าน้ำหนักของคะแนนเฉลี่ยด้วยวิธีลิเคิร์ท

ความหมายของระดับความคิดเห็น	ค่าน้ำหนักของคะแนนเฉลี่ยของแต่ละระดับ
ปัจจัยมีความสำคัญระดับน้อยที่สุด	1.80 และต่ำกว่า คะแนน
ปัจจัยมีความสำคัญระดับน้อย	1.81-2.60 คะแนน
ปัจจัยมีความสำคัญระดับปานกลาง	2.61-3.40 คะแนน
ปัจจัยมีความสำคัญระดับมาก	3.41-4.20 คะแนน
ปัจจัยมีความสำคัญระดับมากที่สุด	4.21-5.00 คะแนน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 ค่าเฉลี่ย (Mean: X)

ค่าเฉลี่ย คือ การวัดค่ากลางของข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด สำหรับการเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละชุด ซึ่งทำให้ไม่ต้องพิจารณาข้อมูลทั้งหมดในแต่ละชุดข้อมูล ค่าเฉลี่ยมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$\overline{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\overline{x}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.4.2 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการวัดค่าความห่างของข้อมูล ซึ่งถ้าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่ามาก แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมาก หรือข้อมูลมีความแตกต่างกันมาก โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X})}{n-1}}$$

เมื่อ S คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

X คือข้อมูล

$\overline{X}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลในชุดนั้น

n คือ จำนวนข้อมูล

3.4.3 ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean: G.M.)

ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เป็นค่าที่ใช้สำหรับการหาข้อสรุปของตัวเลขที่เป็นตัวแทนของการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้นเมื่อมีค่าของข้อมูลสูงหรือต่ำกว่าค่าอื่นๆ รวมอยู่ (ดาว ใจบุญ 2554) นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเป็นค่าเฉลี่ยที่เหมาะกับข้อมูลที่แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปตามความคิดเห็นของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจจะมีปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของแต่ละคนแตกต่างกัน โดยมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetric mean) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตจะใช้สำหรับการหาค่ากลางของข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากข้อมูลเฉพาะของแต่ละบุคคล เช่น ค่าคะแนนสอบวิชาเลขของนักเรียนชั้น ป.6 โดยนักเรียนแต่ละคนต่างก็ได้คะแนนที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่างๆ เป็นข้อมูลเชิงปริมาณซึ่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ได้มาจากการวัดความสามารถของแต่ละบุคคล (ตวงทอง เวศนารัตน์ 2546) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตมีวิธีการคำนวณดังนี้

G.M. = $\sqrt[n]{X1X2 \ldots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean)

X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n

3.4.4 การทดสอบสถิติของค่าเฉลี่ยของข้อมูล 2 กลุ่มแบบนอนพาราเมตริก กรณี 2 กลุ่มตัวอย่างมีความสัมพันธ์กัน

การทดสอบสถิตินอนพาราเมตริก เป็นการทดสอบสมมติฐานที่ไม่คำนึงถึงลักษณะการแจกแจงข้อมูลของประชากร กล่าวคือข้อมูลจะมีการแจกแจงอย่างไรก็ได้ และสามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีขนาดใหญ่และเล็ก (สุชาดา บวรกิติวงศ์ 2556) ด้วยลักษณะของการทดสอบสถิติแบบนี้ตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ Wilcoxon signed rank test ซึ่งเป็นการทดสอบเชิงอันดับ ที่ถูกออกแบบเพื่อทดสอบดูว่าคุณลักษณะของพฤติกรรมศาสตร์ที่ได้มาจากกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน แต่มีการวัดที่มาจากเงื่อนไขที่แตกต่างกันสองเงื่อนไข (ฐานันดร์ อุสัยนี, ธวีร์วุทธ จันทร์หอม et al. 2554)

จากทั้งหมดที่กล่าวมาในบทที่ 3 นี้เป็นการนำทฤษฎี หลักการ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้สำหรับการดำเนินการเพื่อสร้างแนวทางการตัดสินใจการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผลการดำเนินงานทั้งหมดจะกล่าวในบทต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งเป็นโรงงานน้ำปลา 3 แห่งที่ตั้งอยู่ในจังหวัดระยอง โดยในการผลิตน้ำปลา ตาม (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 203) 2543) ได้กำหนดมาตรการบังคับสำหรับผู้ผลิตให้มีการดำเนินการผลิตน้ำปลาที่มีคุณภาพหรือมาตรฐานที่สำคัญ ดังนี้ 1) มีเกลือในน้ำปลา 1 ลิตร โดยให้มีโซเดียมคลอไรด์ไม่น้อยกว่า 200 กรัม 2) มีไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่า 9 กรัม ต่อน้ำปลา 1 ลิตร3) มีไนโตรเจนกรดอมิโนไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 และไม่เกินร้อยละ 60 ของไนโตรเจนทั้งหมด 4) มีกรดกลูตามิคต่อไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.4 แต่ต้องไม่เกิน 0.6 5) ไม่ใช้สี เว้นแต่สีน้ำตาลเคี่ยวไหม้หรือสีคาราเมล 5) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐาน FAO/WHO, Codex ที่ว่าด้วยเรื่องวัตถุเจือปนอาหาร เป็นต้น และภาพรวมของกระบวนการผลิตน้ำปลาในแต่ละโรงงานมี 4 กระบวนการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) กระบวนการหมักน้ำปลา

กระบวนการหมักน้ำปลาคือ ขั้นตอนแรกของการผลิตน้ำปลา โดยการนำปลาไปผสมกับเกลือตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งปลาที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตน้ำปลา ได้แก่ ปลากะตัก หรือปลาไส้ตันสด เนื่องจากราคาถูกและมีแหล่งมาจากการประมงภายในประเทศเป็นหลัก โดยจะคัดสรรเฉพาะปลาไส้ตันสด มีการตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบโดยทางกายภาพ ได้แก่ ตา เหงือก ผิวหนัง ความยืดหยุ่นของเนื้อปลา ให้มีสภาพที่ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดี และตรงตามมาตรฐาน เพื่อให้ได้น้ำปลาที่มีคุณภาพดี ซึ่งจะมีความใสสะอาด และมีกลิ่นหอม และขั้นตอนที่สำคัญในการหมักน้ำปลาคือ การนำปลาไปผสมกับเกลือตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ โดยมีการใช้เครื่องผสมปลาและเกลือช่วยคลุกเคล้าเกลือกับปลาให้ผสมเข้ากัน และรีบเทใส่บ่อหมักให้เร็วที่สุด ซึ่งในขั้นตอนการหมักจะใช้เวลานาน 12 เดือนขึ้นไป และจะได้น้ำปลาโดยมีกากปลาและเกลืออยู่ที่ก้นบ่อ เมื่อต้องการนำน้ำปลาจากบ่อหมักมาบรรจุ ก็จะใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือ ซึ่งจะได้หัวน้ำปลาใสมาเก็บไว้ที่บ่อพัก เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป

หมายเหตุ ในการหมักน้ำปลาของชั้นคุณภาพน้ำปลาตั้งแต่ 2 ขึ้นไป จะมีการผสมวัตถุดิบเพิ่มเติมลงไปในการหมักด้วยซึ่งแต่ละโรงงานก็จะแตกต่างกัน เช่น น้ำเกลือ น้ำกากปลาเก่า เป็นต้น

2) กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลาคือ ขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสม เพื่อทำการผสมปรุงแต่งรสน้ำปลากับน้ำตาลหรือวัตถุดิบส่วนผสมอื่นๆ ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้โดยมีเครื่องกวนช่วยกวนให้น้ำปลากับวัตถุดิบผสมเข้ากัน

3) กระบวนการกรองน้ำปลา

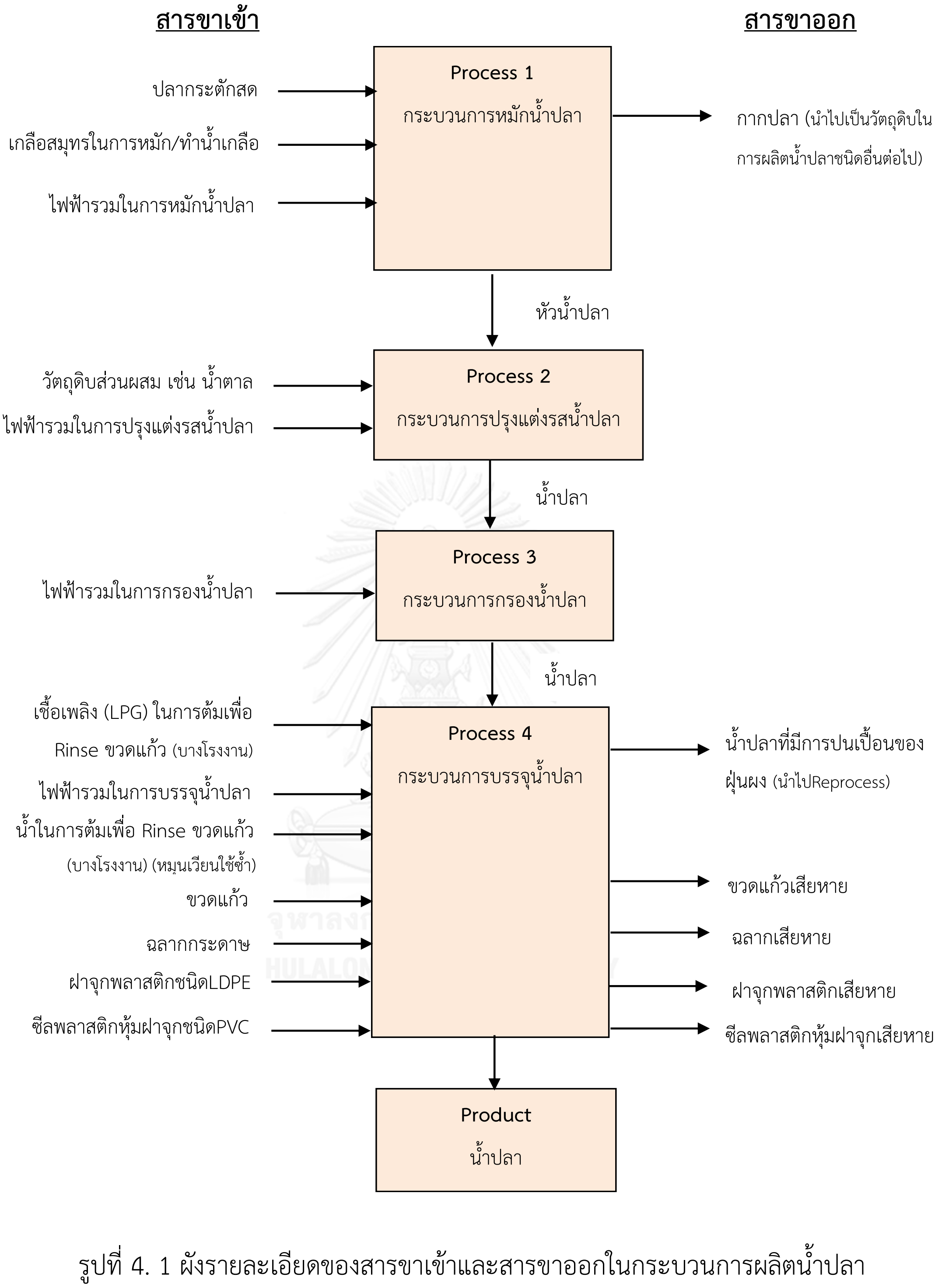
กระบวนการกรองน้ำปลาคือ ขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุ โดยก่อนเข้าถังบรรจุ น้ำปลาจะผ่านการกรองด้วยชุดกรองของเครื่องกรองน้ำปลาที่ประกอบด้วยถุงกรองและไส้กรอง

4) กระบวนการบรรจุน้ำปลา

กระบวนการบรรจุน้ำปลาคือ ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตน้ำปลา โดยเริ่มจากการออกขวดเข้าสู่สายพานลำเลียงและขวดจะเดินตามสายพานในขณะที่ขวดเดินบนสายพาน ก็จะมีการตรวจสอบขวดแก้วทุกใบด้วยสายตา คัดขวดบิ่น, ร้าว, ไม่สะอาดออก หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่เครื่องฉีดล้างขวดด้วยน้ำร้อน ที่ใช้เชื้อเพลิงและน้ำเป็นวัตถุดิบในการต้มน้ำสำหรับการให้ความร้อนเพื่อนำมาในการรินซ์ล้างขวดแก้ว เพื่อฆ่าเชื้อโรค และขจัดฝุ่นผง ที่เจือปนต่างๆ ออกจากขวด (กรณีบางโรงงานจะมีการล้างขวดมาตั้งแต่ก่อนเข้าสู่โรงงานขั้นตอนนี้จึงไม่มีการใช้พลังงานความร้อนและน้ำในการรินซ์ขวด) จากนั้นขวดก็จะผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุน้ำปลา เครื่องปิดฝาจุก เครื่องส่องไฟตรวจสิ่งแปลกปลอม ซึ่งถ้าพบสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลาที่บรรจุแล้ว ให้คัดออก จากนั้นลำเลียงผ่านสายพานเข้าสู่อุโมงค์ลมร้อนสำหรับการปิดแผ่นฟิล์มพลาสติกหุ้มฝาขวด และเข้าสู่เครื่องปิดฉลากอัตโนมัติ

จากรายละเอียดดังกล่าว สามารถนำมาจัดเป็นผังแสดงสารขาเข้าและสารขาออกแต่ละขั้นตอนในการผลิตน้ำปลาได้ดังรูปที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4. 1 ผังรายละเอียดของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลา

จากรูปที่ 4.1 สามารถอธิบายการจำแนกรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตน้ำปลาในแต่ละกระบวนการผลิต ได้ดังนี้

Process 1 กระบวนการหมักน้ำปลา

สารขาเข้า ได้แก่ ปลากะตักสดและเกลือสมุทรตามสัดส่วนของการปันส่วนในการหมักน้ำปลาชั้นคุณภาพนั้นๆ ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา เช่น ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มในการสูบหัวน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือไปบ่อพัก เป็นต้น ส่วนสารขาออก ได้แก่ กากปลาที่ได้จากการหมักซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำปลาคุณภาพอื่นต่อไป

Process 2 กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

สารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบส่วนผสม เช่น น้ำตาล ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา เช่น ไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนในการผสมหัวน้ำปลากับวัตถุดิบส่วนผสม และการใช้ปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสมเพื่อปรุงแต่งรสน้ำปลา

Process 3 กระบวนการกรองน้ำปลา

สารขาเข้า ได้แก่ ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา เช่น ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุน้ำปลา และไฟฟ้าของเครื่องกรองน้ำปลาผ่านไส้กรองน้ำปลา

Process 4 กระบวนการบรรจุน้ำปลา

สารขาเข้า ได้แก่ เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม (LPG) และน้ำที่ใช้ในการต้มเพื่อให้พลังงานความร้อนสำหรับการ Rinse ขวดแก้ว ขวดแก้วสำหรับการบรรจุน้ำปลา ฉลากกระดาษ ฝาจุกพลาสติกขวดน้ำปลาชนิด LDPE พลาสติกซีลหุ้มฝาจุกชนิด PVC และไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา เช่น ไฟฟ้าของการใช้สายผ่านลำเลียงขวดแก้วที่นำไปบรรจุน้ำปลา/ไฟฟ้าเครื่องฉีดล้างขวด/เครื่องบรรจุน้ำปลา/เครื่องส่องไฟตรวจสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฝาจุก/เครื่องปิดซีลพลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฉลาก ส่วนสารขาออก ได้แก่ ของเสียที่เป็นส่วนของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นผง (นำไป Reprocess) และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว ฉลาก ฝาจุกพลาสติก และซีลหุ้มฝาที่ชำรุดเสียหาย

จากข้อมูลทั่วไปทั้งหมดที่กล่าวมาของโรงงานกรณีศึกษา จะนำไปใช้เป็นความรู้เบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น และวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในบทต่อๆไป

บทที่ 5
การค้นหาปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในบทนี้เป็นการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยศึกษาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในภาคผนวก จ จากนั้นทำการจัดกลุ่มของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตที่คล้ายกันหรือซ้ำกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งพบว่ามีความสอดคล้องกับหลักการป้องกันมลพิษด้วยหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ได้กล่าวไว้ในทฤษฎีบทที่ 2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของหลักการนี้จึงนำมาประยุกต์สำหรับการกำหนดหัวข้อปัจจัยหลักต่างๆ ที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5.1 ผลการศึกษาการรวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในภาคผนวก จ และประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการกำหนดหัวข้อปัจจัยหลักต่างๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจ ซึ่งได้ทำการคัดกรองเฉพาะปัจจัยจากข้อมูลในภาคผนวก จ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตน้ำปลา สามารถสรุปการจัดแบ่งเป็นกลุ่มของปัจจัยหลักและปัจจัยรองเพื่อนำไปวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตต่อไปได้ดังตารางที่ 5.1 ซึ่งการจัดกลุ่มของปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักจะต้องมีความสัมพันธ์กันกับหัวข้อปัจจัยหลักนั้นๆ นอกจากนี้ยังใช้แบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของปัจจัยในการตัดสินใจที่ได้กำหนดขึ้น โดยให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกช่วยตอบแบบสอบถามดังกล่าว ซึ่งเป็นการตรวจสอบและยืนยันว่าปัจจัยที่เสนอนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการตัดสินใจ และทำการสรุปปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการคัดเลือกกระบวนการผลิตน้ำปลาเท่านั้นและเพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันความเหมาะสมของปัจจัยที่เสนอนั้นสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกหากระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงทำการสร้างแบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของปัจจัยเหล่านี้ ซึ่งจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 5.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5. 1 การจัดกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด

ปัจจัยหลัก (Criteria)	ปัจจัยรอง (Sub-criteria)
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	- การปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์**
	- การปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง**
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี / ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**
	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**
	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ**
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**
	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**
	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**
กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ /หรือการนำกลับมาใช้ใหม่	- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
	- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่

5.2 การสร้างแบบสอบถาม

แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อสรุปหาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นแบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1: แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เป็นแบบสอบถามที่ถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น อาชีพ ประสบการณ์การทำงาน เป็นต้น

ตอนที่ 2: แบบสอบถามระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

เป็นแบบสอบถามที่วัดระดับความคิดเห็นกับปัจจัยต่างๆ ในตารางที่ 5.1 ที่ผู้วิจัยได้รวบรวมความรู้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาด ซึ่งเป็นแบบมาตรวัดมาตราส่วนประมาณระดับความคิดเห็น 5 ระดับ โดยเรียงจากเห็นด้วยมาก เห็นด้วยปานกลาง เห็นด้วยน้อย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย ในการศึกษานี้มีการสอบถามเพื่อวัดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาแล้ว ยังได้ทำการสอบถามเพื่อวัดระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญเริ่มมองจากภาพมุมกว้างของปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอ่าหารก่อน แล้วค่อยมองภาพแคบลงไปในมุมมองของอุตสาหกรรมน้ำปลาซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่ออยากทราบว่าปัจจัยที่ได้สรุปมาดังกล่าวสามารถเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ ได้ด้วยหรือไม่ อีกทั้งเพื่อเป็นแนวทางต่อไปในอนาคตสำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร

5.3 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ทำการส่งแบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการเพื่อจัดการก๊าซเรือนกระจกดังภาคผนวก ก ไปยังบุคลากรที่เป็นนักวิชาการผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณวุฒิและประสบการณ์กับเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 4 ปี จำนวน 7 ท่าน โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูล คือ วันที่ 23 กันยายน 2557 ถึง 25 ตุลาคม 2557

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 7 ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีช่วงประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการเพื่อจัดการก๊าซเรือนกระจกในช่วงที่มากกว่า 4 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะแสดงผลดังแสดงในตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม จะใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ

1) คะแนนเฉลี่ย $\overline{x}$ โดยใช้สูตรดังนี้

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} x}{N}$$

เมื่อ $\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ย

$\sum_{i=1}^{N} x$ คือผลรวมของคะแนน x

N คือจำนวนข้อมูล

2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน S.D. โดยใช้สูตรดังนี้

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} (x-\overline{x})^2}}{N-1}$$

เมื่อ $S.D.$ คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x คือคะแนนแต่ละข้อ

$\overline{x}$ คือค่าเฉลี่ย

N คือจำนวนข้อมูล

นอกจากนี้การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลของแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้ใช้เกณฑ์ของมาตรวัดลิเคร์ท (Likert Type Scale) ในการพิจารณาขอบเขตของคะแนนเพื่อใช้ในการแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

ช่วงระดับคะแนน = (ระดับคะแนนสูงสุด-ระดับคะแนนต่ำสุด)/จำนวนระดับความคิดเห็น

= (5 – 1))/5 = 0.8

จากช่วงของระดับคะแนนข้างต้น จะสามารถอธิบายความหมายเป็นระดับช่วงคะแนนได้ดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย 4.21-5.00 หมายความว่า ปัจจัยมีความสำคัญระดับมากที่สุด
2. ค่าเฉลี่ย 3.41-4.20 หมายความว่า ปัจจัยมีความสำคัญระดับมาก
3. ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายความว่า ปัจจัยมีความสำคัญระดับปานกลาง
4. ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายความว่า ปัจจัยมีความสำคัญระดับน้อย
5. ค่าเฉลี่ย 1.80 และต่ำกว่า หมายความว่า ปัจจัยมีความสำคัญระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ 5. 2 ผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัย	ปัจจัยหลัก	ข้อที่	ปัจจัยรอง	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความแปรปรวน	ระดับผลกระทบ
1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	1.1	การปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	4.29	0.7	0.49	มากที่สุด
		1.2	การปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	4.86	0.35	0.12	มากที่สุด
2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	2.1	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า	4.29	0.7	0.49	มากที่สุด
		2.2	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน	4.57	0.49	0.24	มากที่สุด
		2.3	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ	4.29	0.7	0.49	มากที่สุด
3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน	3.1	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า	3.86	0.83	0.69	มาก
		3.2	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ความร้อน	4.00	0.76	0.57	มาก
		3.3	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้น้ำ	4.00	0.76	0.57	มาก
4	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) และ/หรือ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)	4.1	การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย	3.57	1.18	1.39	มาก
		4.2	การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย	4.00	1.07	1.14	มาก

ตารางที่ 5. 3 ผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัย	ปัจจัยหลัก	ข้อที่	ปัจจัยรอง	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความแปรปรวน	ระดับผลกระทบ
1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	1.1	การปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	4.29	0.70	0.49	มากที่สุด
		1.2	การปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	4.86	0.35	0.12	มากที่สุด
2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	2.1	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า	4.57	0.49	0.24	มากที่สุด
		2.2	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน	4.71	0.45	0.20	มากที่สุด
		2.3	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ	4.14	0.64	0.41	มากที่สุด
3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน	3.1	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า	4.00	0.76	0.57	มาก
		3.2	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ความร้อน	4.29	0.70	0.49	มากที่สุด
		3.3	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้น้ำ	4.00	0.76	0.57	มาก
4	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) และ/หรือ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)	4.1	การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย	3.43	1.05	1.1	มาก
		4.2	การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย	4.00	1.07	1.14	มาก

5.4 การตรวจสอบว่าผลการประเมินของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกันหรือไม่

เนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำปลาเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอาหาร งานวิจัยนี้จึงอยากทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา สามารถเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้ด้วยหรือไม่ จึงทำการตรวจสอบสมมติฐานดังกล่าว โดยได้นำเครื่องมือพื้นฐานทางสถิติมาช่วยในการตรวจสอบด้วยหลักการทางสถิติทดสอบสมมติฐานแบบนอนพาราเมตริกแบบวิธี Wilcoxon Signed Rank Test เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหาร

5.4.1 การทดสอบสมมติฐาน

5.4.1.1 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food - Fish	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	7[c]		
	Total	7		

a. Food < Fish

b. Food > Fish

c. Food = Fish

Test Statistics[a]

	Food - Fish
Z	.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

รูปที่ 5. 1 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์**

จากรูปที่ 5.1 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.2 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.2

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food2 - Fish2	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	7[c]		
	Total	7		

a. Food2 < Fish2

b. Food2 > Fish2

c. Food2 = Fish2

Test Statistics[a]

	Food2 - Fish2
Z	.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

รูปที่ 5. 2 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง**

CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากรูปที่ 5.2 พบว่า ค่า P-value มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.3 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.3

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food3 - Fish3	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	2[b]	1.50	3.00
	Ties	5[c]		
	Total	7		

a. Food3 < Fish3

b. Food3 > Fish3

c. Food3 = Fish3

Test Statistics[a]

	Food3 - Fish3
Z	-1.414[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

รูปที่ 5. 3 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**

จากรูปที่ 5.3 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.4 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.4

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food4 - Fish4	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	1[b]	1.00	1.00
	Ties	6[c]		
	Total	7		

a. Food4 < Fish4

b. Food4 > Fish4

c. Food4 = Fish4

Test Statistics[a]

	Food4 - Fish4
Z	-1.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

รูปที่ 5. 4 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่าง
ของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/
ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**

จากรูปที่ 5.4 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.5 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ** โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.5

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food5 - Fish5	Negative Ranks	1[a]	1.00	1.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	6[c]		
	Total	7		

a. Food5 < Fish5

b. Food5 > Fish5

c. Food5 = Fish5

Test Statistics[a]

	Food5 - Fish5
Z	-1.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

รูปที่ 5. 5 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ**

จากรูปที่ 5.5 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.6 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.6

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food6 - Fish6	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	1[b]	1.00	1.00
	Ties	6[c]		
	Total	7		

a. Food6 < Fish6

b. Food6 > Fish6

c. Food6 = Fish6

Test Statistics[a]

	Food6 - Fish6
Z	-1.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

รูปที่ 5. 6 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**

จากรูปที่ 5.6 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.7 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.7

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food7 - Fish7	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	2[b]	1.50	3.00
	Ties	5[c]		
	Total	7		

a. Food7 < Fish7

b. Food7 > Fish7

c. Food7 = Fish7

Test Statistics[a]

	Food7 - Fish7
Z	-1.414[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.157

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

รูปที่ 5. 7 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**

จากรูปที่ 5.7 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.8 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**

โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

H_0 : $\mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

H_1 : $\mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.8

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food8 - Fish8	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	7[c]		
	Total	7		

a. Food8 < Fish8

b. Food8 > Fish8

c. Food8 = Fish8

Test Statistics[a]

	Food8 - Fish8
Z	.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

รูปที่ 5. 8 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัยภายใต้ปัจจัยการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**

จากรูปที่ 5.8 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.9 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.9

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food9 - Fish9	Negative Ranks	1[a]	1.00	1.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	6[c]		
	Total	7		

a. Food9 < Fish9

b. Food9 > Fish9

c. Food9 = Fish9

Test Statistics[a]

	Food9 - Fish9
Z	-1.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	.317

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on positive ranks.

รูปที่ 5. 9 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐาน
ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัย
การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่

จากรูปที่ 5.9 พบว่าค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.4.1.10 การทดสอบสมมติฐานความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตระหว่างอุตสาหกรรมน้ำปลา (μ_1) และอุตสาหกรรมอาหาร (μ_2) ภายใต้ปัจจัยการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยมีการตั้งสมมติฐานแบบสองทางคือ

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ หรือการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารมีความแตกต่างกัน

โดยการทดสอบทางสถิติทั้งหมดนี้สามารถคำนวณได้จากโปรแกรม SPSS โดยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ปรากฏผลดังรูปที่ 5.10

NPar Tests

Wilcoxon Signed Ranks Test

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Food10 - Fish10	Negative Ranks	0[a]	.00	.00
	Positive Ranks	0[b]	.00	.00
	Ties	7[c]		
	Total	7		

a. Food10 < Fish10

b. Food10 > Fish10

c. Food10 = Fish10

Test Statistics[a]

	Food10 - Fish10
Z	.000[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. The sum of negative ranks equals the sum of positive ranks.

รูปที่ 5. 10 ผลการทดสอบทางสถิติของการทดสอบสมมติฐาน
ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของการประเมินปัจจัย ภายใต้ปัจจัย
การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำและ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่

จากรูปที่ 5.10 พบว่า ค่า Asymp. Sig. (2-tailed) มากกว่า 0.05 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงไม่ปฏิเสธสมมติฐาน H_0 สรุปได้ว่าการให้ความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อนำผลการประเมินแบบสอบถามรอบที่ 1 จากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านก๊าซเรือนกระจกอย่างน้อย 4 ปี จำนวน 7 ท่าน มาทดสอบสมมติฐานทางสถิติว่าผลของการประเมินความคิดเห็นของแบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลามีความแตกต่างกันหรือไม่ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้สถิติทดสอบด้วยวิธี Wilcoxon Signed Rank Test ทดสอบ พบว่าผลของการทดสอบทางสถิติของทุกปัจจัยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างความคิดเห็นของการประเมินปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาและอุตสาหกรรมอาหารอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมอาหารก็มีแนวโน้มของการกำหนดปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเช่นเดียวกันกับอุตสาหกรรมน้ำปลา

และในงานวิจัยนี้จากผลตารางที่ 5.2 แสดงผลระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจะเลือกปัจจัยที่มีระดับความคิดเห็นในระดับมากที่สุด และระดับมาก เป็นปัจจัยในการวิเคราะห์การตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งพบว่าทุกปัจจัยอยู่ในช่วงเกณฑ์ดังกล่าว ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำปัจจัยทั้งหมดนี้มาใช้ในการสร้างแบบประเมินการเปรียบเทียบเป็นคู่ด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงวิเคราะห์ลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process : AHP) เพื่อหาทางเลือกต่อไป

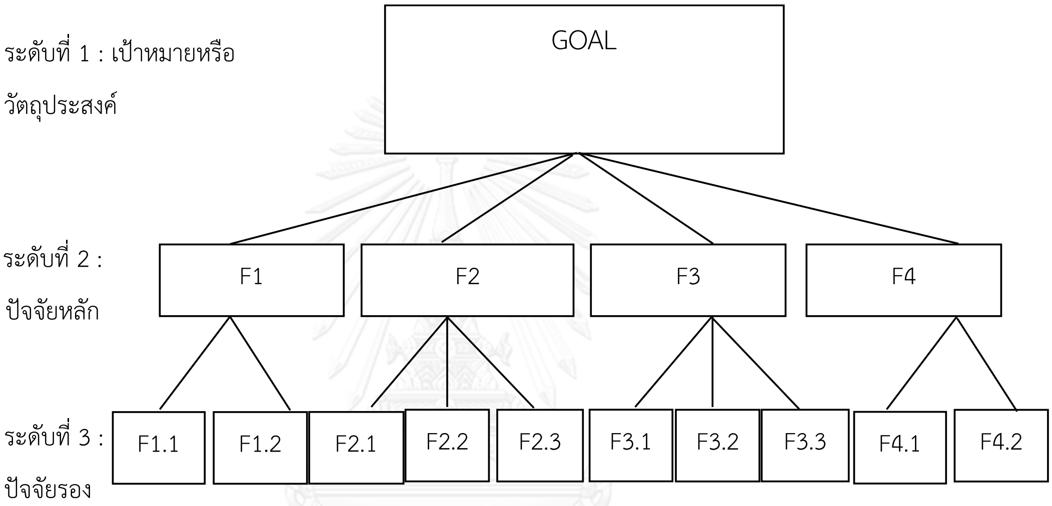
5.5 สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการรวมรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมาสรุปและจัดแบ่งเป็นกลุ่มสำหรับการกำหนดเป็นปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และผ่านการตรวจสอบความเหมาะสมของปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน ซึ่งสามารถสรุปแบ่งเป็นกลุ่มของปัจจัยได้ทั้งสิ้น 4 ปัจจัยหลัก และ 10 ปัจจัยรอง เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปเปรียบเทียบคู่ (Pairwise comparison) ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5. 4 สรุปปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยหลัก (Criteria)	ปัจจัยรอง (Sub-criteria)	คำอธิบาย (definition)
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	- การปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนประเภทของ **วัสดุบรรจุภัณฑ์**ชนิดอื่นมาทดแทนชนิดเดิมเพื่อสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	- การปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนประเภท **เชื้อเพลิง**ชนิดอื่นมาทดแทนชนิดเดิมเพื่อสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี / ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**ในการผลิตน้ำปลา
	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**ในการผลิตน้ำปลา
	- การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ**ในการผลิตน้ำปลา
กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานในการผลิตน้ำปลาเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**
	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานในการผลิตน้ำปลาเพื่อลดการใช้**ความร้อน**
	- การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**	- ความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานในการผลิตน้ำปลาเพื่อลดการใช้**น้ำ**
กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ /หรือการนำกลับมาใช้ใหม่	- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ **บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่	- ความเป็นไปได้ในการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ **บรรจุภัณฑ์**ที่เป็นของเสียจากการผลิตน้ำปลากลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดการเกิดของเสีย
	- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่	- ความเป็นไปได้ในการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ **น้ำ**ที่เป็นของเสียจากการผลิตน้ำปลากลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดการเกิดของเสีย

นอกจากนี้ยังสามารถนำปัจจัยที่ได้ดังกล่าวมาออกแบบในการสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของแนวทางการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) โดยกำหนดให้ในระดับที่ 1 คือเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์, ระดับที่ 2 คือปัจจัยหลัก และระดับที่ 3 คือปัจจัยรอง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.11 จากนั้นปัจจัยในการตัดสินใจของการคัดเลือกกระบวนการผลิตนี้จะถูกนำไปประเมินหาน้ำหนักความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ เพื่อเข้าสู่การประเมินผลตามหลักการวิเคราะห์ด้วย AHP ในบทต่อไป



รูปที่ 5. 11 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจของการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับที่ 1 ระดับที่ 2 และระดับที่ 3

จากรูปที่ 5.11 สัญลักษณ์ของทั้ง 3 ระดับนี้ สามารถอธิบายรายละเอียดได้ในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ความหมาย และสัญลักษณ์ของส่วนประกอบต่างๆในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ

ระดับที่	ระดับชั้น	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์	GOAL	การหาลำดับความสำคัญทางเลือกหรือการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2	ปัจจัยหลัก	F1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต
		F2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
		F3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน
		F4	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
3	ปัจจัยรอง	F1.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์
		F1.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง
		F2.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า
		F2.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน
		F2.3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ
		F3.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า
		F3.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน
		F3.3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ
		F4.1	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
		F4.2	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่

จากตารางที่ 5.5 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้ คือ

จากวัตถุประสงค์ในการค้นหาปัจจัยในการตัดสินใจ เพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สามารถกำหนดปัจจัยหลักได้ 4 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต
2) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักรและ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
3) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน
4) กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่

นอกจากนี้จากการเก็บรวมรวมข้อมูลดังกล่าวก่อนที่จะนำไปออกแบบโครงสร้างลำดับชั้นด้วยเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ผลการวิเคราะห์ทำให้ได้ปัจจัยรองที่อยู่ภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักข้างต้น ดังนี้

1) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต
   - การปรับเปลี่ยนประเภทของ**วัสดุบรรจุภัณฑ์**
   - การปรับเปลี่ยนประเภทของ**เชื้อเพลิง**
2) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักรและ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
   - การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ไฟฟ้า**
   - การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**ความร้อน**
   - การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้**น้ำ**
3) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน
   - การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ไฟฟ้า**
   - การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**ความร้อน**
   - การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้**น้ำ**
4) กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
   - การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**บรรจุภัณฑ์**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
   - การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ**น้ำ**กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่

บทที่ 6
การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ในบทนี้จะทำการออกแบบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยจะนำปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือโครงสร้างลำดับชั้นที่สรุปได้จากรูปที่ 5.11 มาใช้ในการออกแบบเพิ่มเติมและสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ผ่านกระบวนการนี้จะได้ลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยขั้นตอนการประเมินผลเพื่อหาลำดับปัจจัยและทางเลือกสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามเทคนิคกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process : AHP) แสดงดังรูปที่ 6.1

6.1 การออกแบบโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

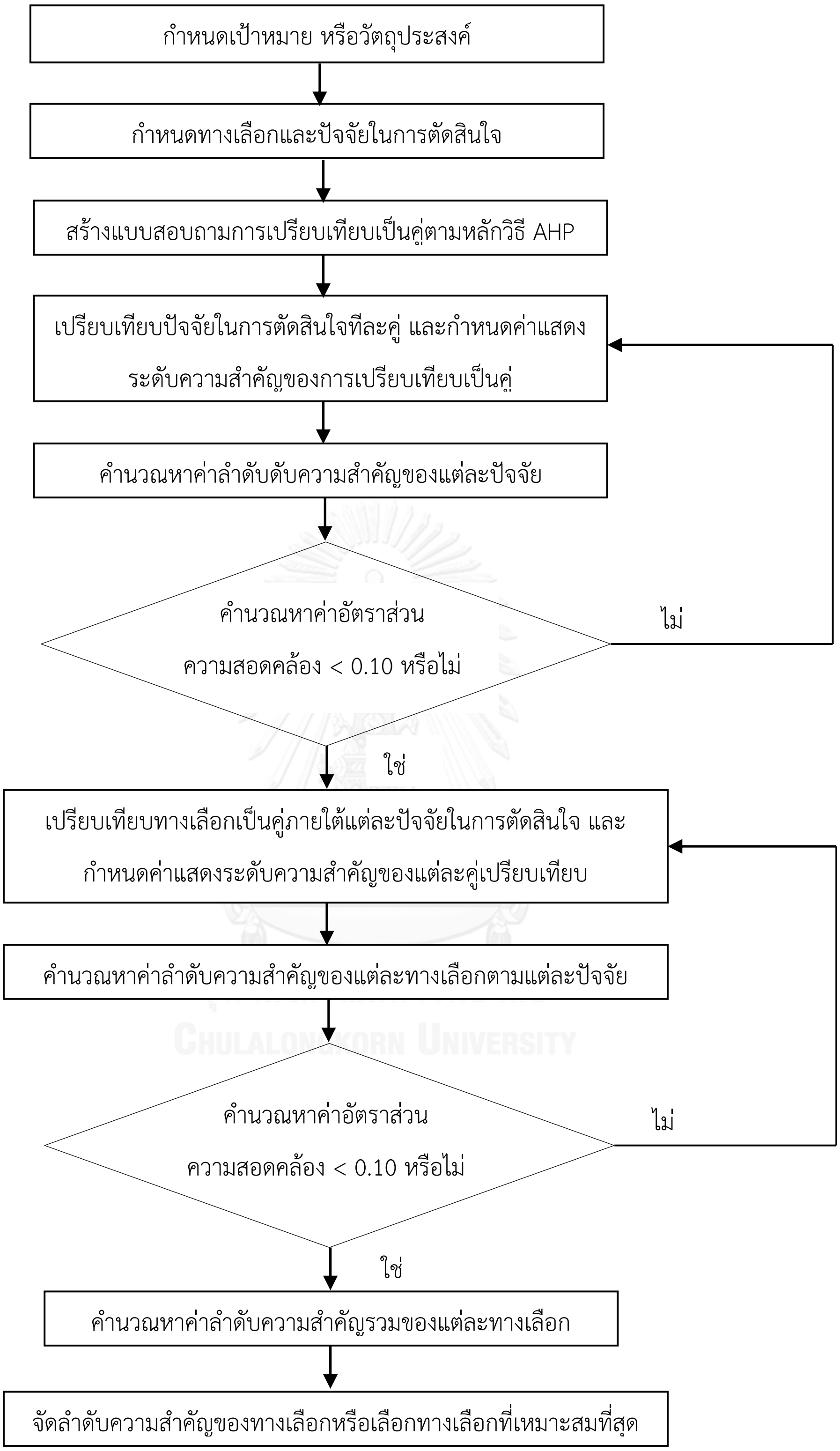
6.1.1 กำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ (Goal) ของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากบทที่ 5 ในการศึกษานี้มีเป้าหมายเพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

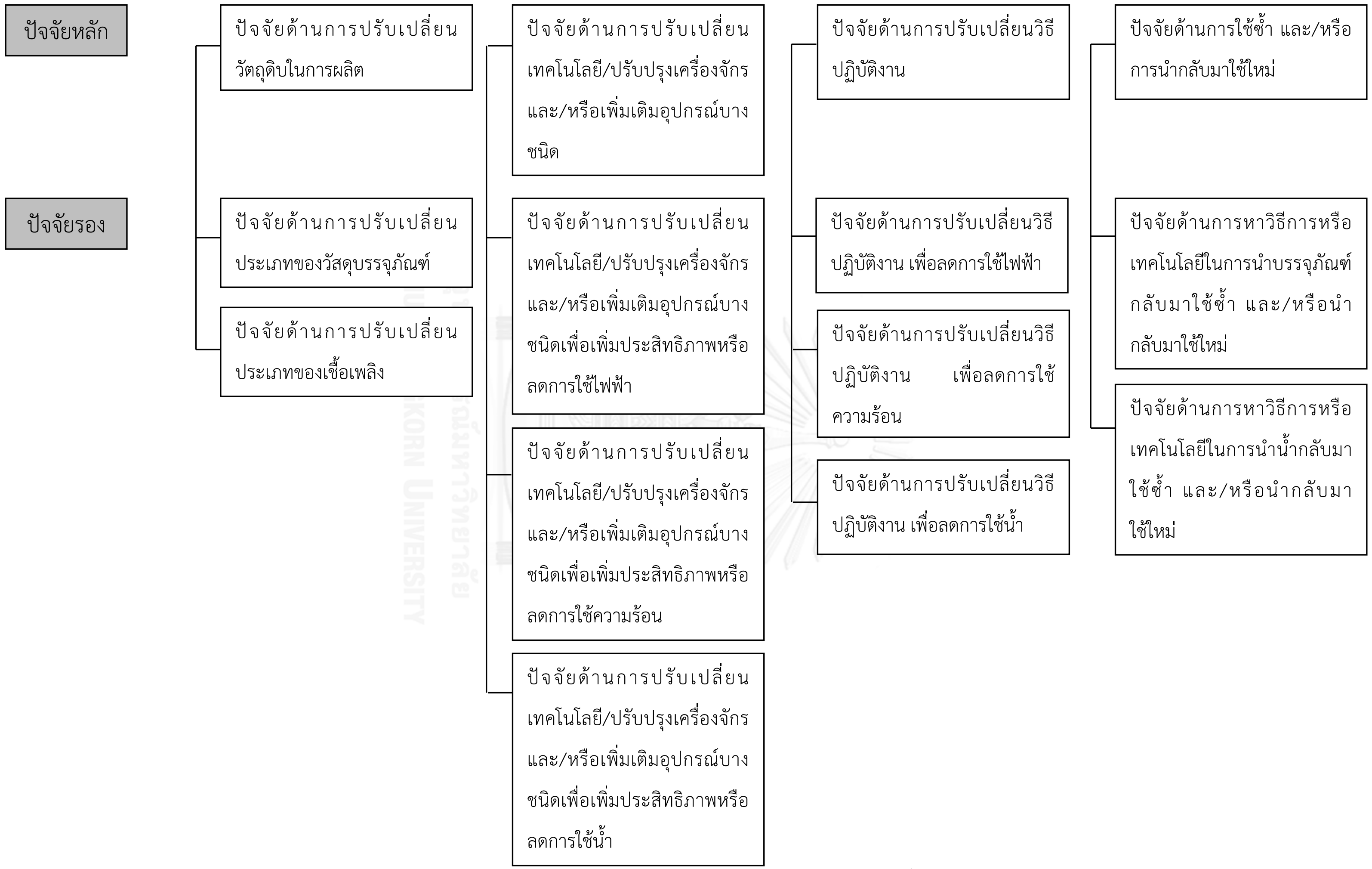
6.1.2 กำหนดปัจจัยหลัก (Criteria) และปัจจัยรอง (Subcriteria) ที่ใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากภาพที่ 5.1 สามารถนำมาแสดงภาพภาพกรอบแนวคิดของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งสามารถกำหนดเป็นปัจจัยหลักและปัจจัยรองได้ดังรูปที่ 6.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 6. 1 ขั้นตอนการประเมินผลการหาลำดับความสำคัญ
ของปัจจัยและทางเลือกตามวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น



รูปที่ 6. 2 กรอบแนวคิดปัจจัยหลักและปัจจัยรองในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

6.1.3 กำหนดทางเลือกที่ใช้ในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ทางเลือกสำหรับการตัดสินใจของการศึกษานี้ ได้กำหนดไว้ 4 ทางเลือก ซึ่งคือกระบวนการผลิตน้ำปลาหลักๆ 4 กระบวนการ ได้แก่ ทางเลือกที่ 1 คือกระบวนการหมักน้ำปลา ทางเลือกที่ 2 คือกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา ทางเลือกที่ 3 คือกระบวนการกรองน้ำปลา และทางเลือกที่ 4 คือกระบวนการบรรจุน้ำปลา

6.1.4 สร้างโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากบทที่ 5 สามารถออกแบบการสร้างโครงสร้างลำดับชั้นสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในโครงสร้างระดับที่ 1 คือเป้าหมาย ระดับที่ 2 คือปัจจัยหลัก และระดับที่ 3 คือปัจจัยรอง ดังแสดงในภาพที่ 5.1 และเพื่อให้การสร้างโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกครบสมบูรณ์ จึงนำมาออกแบบเพิ่มเติมในระดับที่ 4 คือทางเลือก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6.3

จากรูปที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่าในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถแบ่งโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจได้เป็น 4 ระดับ คือ

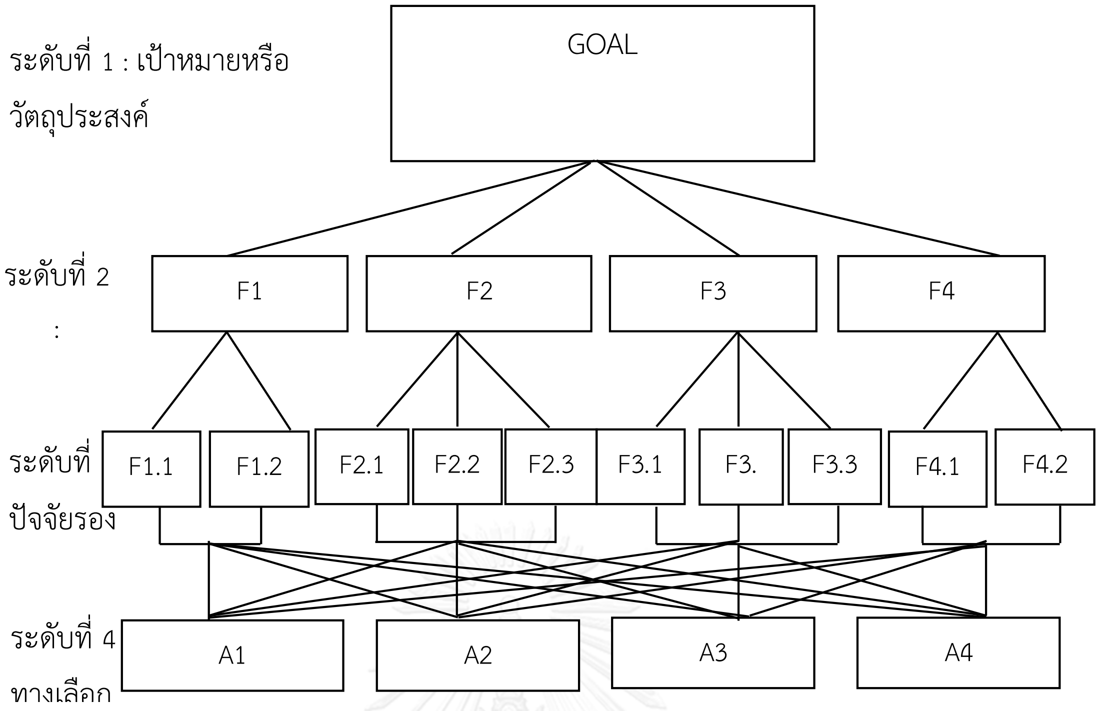
ระดับที่ 1 : เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์

ระดับที่ 2 : ปัจจัยหลัก

ระดับที่ 3 : ปัจจัยรอง

ระดับที่ 4 : ทางเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 6. 3 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ
คัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากรูปที่ 6.3 สามารถอธิบายสัญลักษณ์ของทั้ง 4 ระดับได้ในตารางที่ 6.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.1 ความหมาย และสัญลักษณ์ของส่วนประกอบต่างๆในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจทั้ง 4 ระดับ

ระดับที่	ระดับชั้น	สัญลักษณ์	ความหมาย
1	เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์	GOAL	การหาลำดับความสำคัญทางเลือกหรือการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
2	ปัจจัยหลัก	F1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต
		F2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนลี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
		F3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน
		F4	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
3	ปัจจัยรอง	F1.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์
		F1.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง
		F2.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนลี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า
		F2.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนลี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน
		F2.3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนลี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ
		F3.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า
		F3.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน
		F3.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ
		F4.1	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
		F4.1	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
4	ทางเลือก	A1	ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา
		A2	ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา
		A3	ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา
		A4	ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา

6.2 การเปรียบเทียบเป็นคู่

เมื่อได้โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจแล้ว จะต้องทำการเปรียบเป็นคู่ของแต่ละปัจจัยและแต่ละทางเลือกทั้งหมด เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญรวมของปัจจัยและทางเลือกสำหรับการจัดลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

6.2.1 การสร้างแบบสอบถามในการประเมินผลเพื่อหาลำดับความสำคัญของทางเลือก

การสร้างแบบสอบถามในการวิจัยนี้ ได้ทำขึ้นให้สอดคล้องกับโครงสร้างลำดับชั้นสำหรับการตัดสินใจที่แสดงในรูปที่ 6.3 ซึ่งลักษณะของแบบสอบถามจะเป็นการเปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ โดยที่องค์ประกอบของแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 : การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลัก ภายใต้เป้าหมาย คือ การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6.2

ส่วนที่ 2 : การเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรอง ภายใต้เป้าหมาย คือ ปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6.3

ส่วนที่ 3 : การเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือก ภายใต้รายละเอียดของปัจจัยรองทั้ง10 ปัจจัย แสดงตัวอย่างดังตารางที่ที่ 6.4

ในการเปรียบเทียบเป็นคู่ ผู้วิจัยได้ทำแบบสอบถามเพื่อส่งให้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน และเพิ่มผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา ในการให้ความคิดเห็นของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายขั้นตอนและความหมายในการเปรียบเทียบเป็นคู่กับผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญออกมาได้ถูกต้องมากที่สุด ซึ่งแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่ทั้งหมดจะแสดงไว้ในภาคผนวก ข และ ค

6.2.2 การวิเคราะห์แบบสอบถามการเปรียบเทียบเป็นคู่

การวิเคราะห์แบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่จะประกอบไปด้วยการวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) การวิเคราะห์น้ำหนักลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

2) การวิเคราะห์น้ำหนักลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง

3) การวิเคราะห์น้ำหนักลำดับความสำคัญของทางเลือก

โดยที่การวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญ ทั้ง 3 ส่วนนั้น จะรวมไปถึงการวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของการให้เหตุผลในการเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยและทางเลือกสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างส่วนที่ 1 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก ภายใต้เป้าหมาย คือ การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยหลัก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยหลัก (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด

ตารางที่ 6.3 ตัวอย่างส่วนที่ 2 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยรอง ภายใต้เป้าหมายปัจจัยหลัก <u>ปัจจัยหลักที่ 1</u> การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยรอง (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยรอง (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า**ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า**ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนประเภทของ <u>วัสดุบรรจุภัณฑ์</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนประเภทของ<u>เชื้อเพลิง</u>

ตารางที่ 6.4 ตัวอย่างส่วนที่ 3 ของแบบสอบถามการเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างทางเลือก ภายใต้รายละเอียดของปัจจัยรอง

<u>ปัจจัยรองที่ 1</u> การปรับเปลี่ยนประเภทของ<u>วัสดุบรรจุภัณฑ์</u> เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ									ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.2.2.1 การวิเคราะห์น้ำหนักลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการให้น้ำหนักคะแนนของการเปรียบเทียบความสำคัญเป็นคู่ ระหว่าง 4 กลุ่มปัจจัยหลัก โดยอาศัยหลักการของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น แสดงผลดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6. 5 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลักลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	1.00	0.14	0.20	0.50
F2	7.00	1.00	4.00	7.00
F3	5.00	0.25	1.00	1.00
F4	2.00	0.14	1.00	1.00
รวม	15.00	1.54	6.20	9.50

จากตารางที่ 6.5 แสดงตัวอย่างค่าการกำหนดน้ำหนักการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลักเป็นคู่ของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญรายหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มปัจจัยทีละคู่ ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) กับปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) หากผู้ตัดสินใจเห็นว่า ปัจจัย F1 มีความสำคัญน้อยกว่า F2 ในระดับมาก (ความสำคัญเท่ากับ 7) จะลงตัวเลขแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 1/7 หรือ 0.14 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F2 กับปัจจัย F1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่า 1/(1/7) หรือ 7.00 ได้แสดงตัวอย่างตามตารางข้างต้น และเพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนระดับความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ (Saaty T.L. 2008) โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ G.M. = $\sqrt[n]{X1X2 \ldots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n แสดงผลดังตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	1.00	0.44	0.92	0.62
F2	2.30	1.00	3.38	1.40
F3	1.09	0.30	1.00	0.84
F4	1.62	0.72	1.18	1.00
รวม	6.01	2.45	6.48	3.86

ในลำดับถัดไปจะทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 6.01 ดังนั้นจึงนำค่า 6.01 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/6.01 = 0.17 เป็นต้น ดังนั้นสามารถแสดงผลตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มปัจจัยต่างๆ เพื่อใช้หาลำดับความสำคัญ แสดงดังตารางที่ 6.7

ตารางที่ 6.7 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

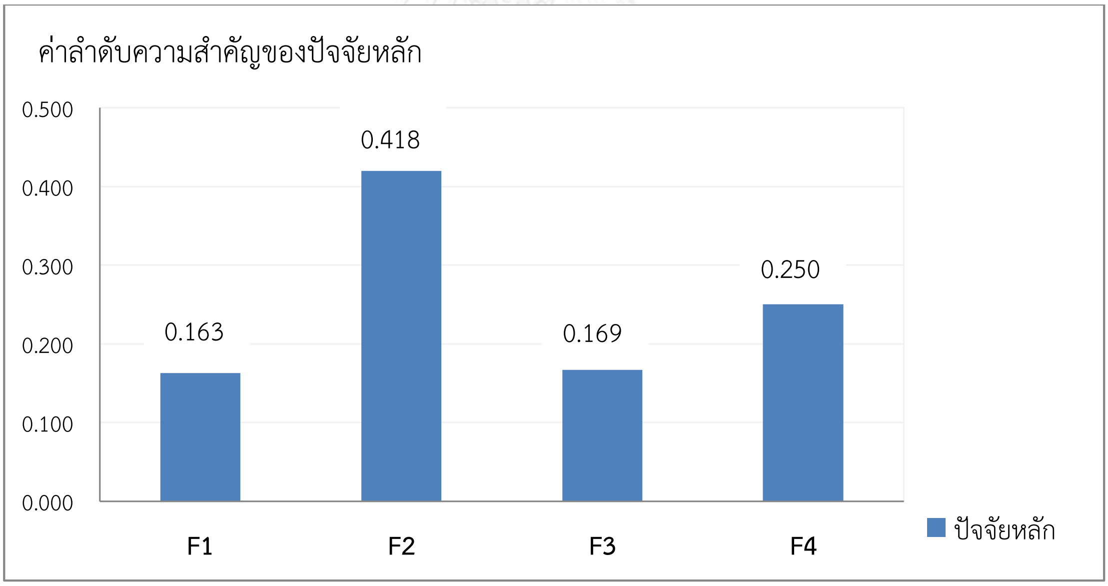
ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	0.17	0.18	0.14	0.16
F2	0.38	0.41	0.52	0.36
F3	0.18	0.12	0.15	0.22
F4	0.27	0.29	0.18	0.26

ขั้นตอนสุดท้ายต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก เช่น ค่าความสำคัญของกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) จะหาได้จาก [(0.17+0.18+0.14+0.16)/4] = 0.163 แสดงดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6. 8 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน หรือค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย						
กลุ่มปัจจัย	F1	F2	F3	F4	ผลรวมแนวนอน	ค่าลำดับความสำคัญ
F1	0.17	0.18	0.14	0.16	0.65	0.163
F2	0.38	0.41	0.52	0.36	1.67	0.418
F3	0.18	0.12	0.15	0.22	0.68	0.169
F4	0.27	0.29	0.18	0.26	1.00	0.250

ค่าลำดับความสำคัญนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยหลักต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6. 4 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

จากรูปที่ 6.4 แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะเห็นว่าปัจจัย ด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) เป็นปัจจัยหลักที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมากถึงร้อยละ 41.8 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับรองลงมาคือ ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4),

ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) และปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 25.0%, 16.9% และ 16.3% ตามลำดับ

จากนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของน้ำหนักปัจจัยหลักต่างๆ ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องวิธีการคำนวณก็คือการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญโดยรวมในตารางที่ 6.8 มาคูณกับค่าในตารางการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก (ตารางที่ 6.6) ซึ่งแสดงวิธีการหาผลคูณได้ดังตารางที่ 6.9

ตารางที่ 6. 9 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่

กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
	0.163	0.418	0.169	0.250
F1	1.00x0.163	0.44x0.418	0.92x0.169	0.62x0.250
F2	2.30x0.163	1.00x0.418	3.38x0.169	1.40x0.250
F3	1.09x0.163	0.30x0.418	1.00x0.169	0.84x0.250
F4	1.62x0.163	0.72x0.418	1.18x0.169	1.00x0.250

ผลการคูณจากตารางที่ 6.9 สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.10

ตารางที่ 6. 10 ผลรวมการหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่

กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**ผลรวมแนวนอน**
	0.163	0.418	0.169	0.250	
F1	0.163	0.182	0.155	0.154	0.654
F2	0.374	0.418	0.571	0.350	1.713
F3	0.178	0.124	0.169	0.211	0.682
F4	0.264	0.300	0.200	0.250	1.014

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนในแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมแนวนอนนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแถวแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยหลักทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่าค่า λ_{max}

$$\lambda_{max} = [\left(\frac{0.654}{0.163}\right) + \left(\frac{1.713}{0.418}\right) + \left(\frac{0.682}{0.169}\right) + \left(\frac{1.014}{0.250}\right)] / 4$$

$$= 4.05$$

ตามทฤษฎีผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในกรณีที่มีการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า λ_{max} ที่ได้ของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกัน จากนั้นจะนำค่า λ_{max} มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) ซึ่งการคำนวณแสดงได้ตามสูตร C.I. = $\frac{\lambda max - n}{n-1}$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index), λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง, และ n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ดังนั้น C.I. = $\frac{4.05-4}{4-1}$

= 0.02

จากนั้นเพื่อที่จะหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สามารถหาได้โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางที่ 2.4 ซึ่งการคำนวณหาค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ C.R. = $\frac{C.I.}{R.I.}$

ซึ่งค่า RI ของการเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ตรงกับค่า RI ในตารางที่ 2.4 คือ 0.9

ดังนั้น C.R. = $\frac{0.02}{0.9}$

= 0.02

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับการวินิจฉัยที่มี 4 ปัจจัย ค่า C.R. นี้ควรมีค่า C.R. < 0.09 จึงจะอยู่ในเกณฑ์การยอมรับว่ามีความสอดคล้องสมเหตุสมผล ซึ่งจากค่า C.R. ที่คำนวณได้คือ 0.02 อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นแสดงว่าการวิเคราะห์ครั้งนี้มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

6.2.2.2 การวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรอง

จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญ เพื่อทำการให้น้ำหนักคะแนนของการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรองเป็นคู่ ภายใต้ 4 กลุ่มปัจจัยหลัก ดังนั้นการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองในแต่ละกลุ่มปัจจัยหลักเพื่อหาค่าลำดับความสำคัญ สามารถหาได้ดังนี้

1) <u>กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต</u> มี 2 ปัจจัยรอง

จากการตอบแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้เชี่ยวชาญ โดยอาศัยหลักการของกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น แสดงผลการกำหนดน้ำหนักระดับความสำคัญได้ดังตารางที่ 6.11

ตารางที่ 6.11 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)		
ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**
F1.1	1	0.11
F1.2	9.00	1
รวม	10.00	1.11

จากตารางที่ 6.11 แสดงตัวอย่างค่าการกำหนดน้ำหนักการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหลักเป็นคู่ของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญรายหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มปัจจัยทีละคู่ ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) มีความสำคัญน้อยกว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2) ในระดับมากที่สุด (ความสำคัญเท่ากับ 9) ซึ่งจะกำหนดตัวเลขน้ำหนักแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 1/9 หรือ 0.11 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F1.2 กับ ปัจจัย F1.1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่า 1/(1/9) หรือ 9.00 ซึ่งได้แสดงตัวอย่างตามตารางข้างต้น และเพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ (Saaty T.L. 2008) โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ

G.M. = $\sqrt[n]{X1X2 \dots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n แสดงผลดังตารางที่ 6.12

ตารางที่ 6.12 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)		
ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**
F1.1	1	0.50
F1.2	2.00	1
รวม	3.00	1.50

ในลำดับถัดไปจะทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 3.00 ดังนั้นจึงนำค่า 3.00 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/3.00 = 0.33 เป็นต้น ดังนั้นสามารถแสดงผลตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบระหว่างปัจจัยรองต่างๆ เพื่อใช้หาลำดับความสำคัญ แสดงดังตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6. 13 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F1

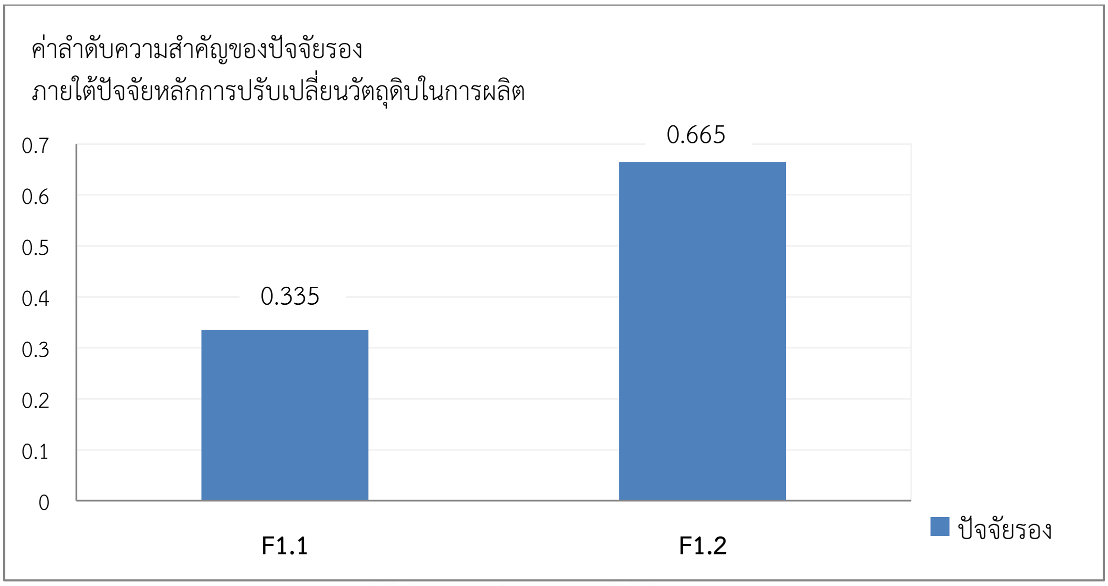
ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย		
ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**
F1.1	0.33	0.34
F1.2	0.67	0.66

ขั้นตอนสุดท้ายต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก เช่น ค่าความสำคัญของกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) จะหาได้จาก [(0.33+0.34)/2] = 0.335 แสดงดังตารางที่ 6.14

ตารางที่ 6. 14 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอนหรือค่าลำดับความสำคัญปัจจัยรองภายใต้ปัจจัย F1

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย				
ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**	**ผลรวมแนวนอน**	**ค่าลำดับความสำคัญ**
F1.1	0.33	0.34	0.67	0.335
F1.2	0.67	0.66	1.33	0.665

ค่าลำดับความสำคัญนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6. 5 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต

Chulalongkorn University

จากรูปที่ 6.5 แสดงลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) จะเห็นว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2) เป็นปัจจัยรองที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมากถึงร้อยละ 66.5 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับรองลงมาคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 33.5%

จากนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบคู่ของน้ำหนักปัจจัยรองดังกล่าวมีความสอดคล้องกันหรือไม่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องวิธีการคำนวณก็คือการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญโดยรวมในตารางที่ 6.14 มาคูณ

กับค่าในตารางการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F1 (ตารางที่ 6.12) ซึ่งแสดงวิธีการหาผลคูณได้ดังตารางที่ 6.15

ตารางที่ 6.15 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F1

ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**
	0.335	0.665
F1.1	1.00x0.335	0.50x0.665
F1.2	2.00x0.335	1.00x0.665

ผลการคูณจากตารางที่ 6.15 สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.16

ตารางที่ 6.16 ผลรวมการหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F1

ปัจจัยรอง	**F1.1**	**F1.2**	**ผลรวมแนวนอน**
	0.335	0.665	
F1.1	0.335	0.333	0.668
F1.2	0.670	0.665	1.335

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนในแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมแนวนอนนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแถวแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยรองทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่าค่า λ_{max}

$$\lambda_{max} = [\left(\frac{0.668}{0.335}\right) + \left(\frac{1.335}{0.665}\right)] / 2$$

$$= 2.00$$

ตามทฤษฎีผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในกรณีที่มีการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า λ_{max} ที่ได้ของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกัน จากนั้นจะนำค่า λ_{max}

มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) ซึ่งการคำนวณแสดงได้ตามสูตร C.I. = $\frac{\lambda max - n}{n-1}$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index), λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง, และ n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ดังนั้น C.I. = $\frac{2.00-2}{2-1}$

= 0.00

จากนั้นเพื่อที่จะหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สามารถหาได้โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางที่ 2.4 ซึ่งการคำนวณหาค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ C.R. = $\frac{C.I.}{R.I.}$

ซึ่งค่า RI ของการเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยหลัก 2 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ตรงกับค่า RI จากตารางที่ 2.4 คือ 0.0

ดังนั้น C.R. = $\frac{0.00}{0}$

= 0.0 < 0.0

แสดงว่าความสอดคล้องกันของเหตุผลของการเปรียบเทียบถ้ามีจำนวน 2 ปัจจัยไม่มีความจำเป็นต้องนำมาเช็คค่า CR (แสนชัย ธุวสถิตย์ 2551)

2) <u>กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด</u> มี 3 ปัจจัยรอง ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัยรองภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด แสดงดังตารางที่ 6.17

ตารางที่ 6.17 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)			
ปัจจัยรอง	**F2.1**	**F2.2**	**F2.3**
F2.1	1	3.00	8.00
F2.2	0.33	1	7.00
F2.3	0.13	0.14	1
รวม	1.46	4.14	16.00

จากตารางที่ 6.17 แสดงตัวอย่างค่าการกำหนดน้ำหนักการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรองเป็นคู่ของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญรายหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มปัจจัยทีละคู่ ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2) ในระดับปานกลาง (ความสำคัญเท่ากับ 3) ซึ่งจะกำหนดตัวเลขน้ำหนักแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 3 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F2.2 กับ ปัจจัย F2.1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่า 1/(3) หรือ 0.33 ซึ่งได้แสดงตัวอย่างตามตารางข้างต้น และเพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ (Saaty T.L. 2008) โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ G.M. = $\sqrt[n]{X1X2\ldots Xn}$
เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n แสดงผลดังตารางที่ 6.18

ตารางที่ 6.18 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)			
ปัจจัยรอง	**F2.1**	**F2.2**	**F2.3**
F2.1	1	2.04	3.88
F2.2	0.49	1	3.71
F2.3	0.26	0.27	1
รวม	1.75	3.31	8.58

ในลำดับถัดไปจะทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น กลุ่มด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 1.75 ดังนั้น

จึงนำค่า 1.75 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/1.75 = 0.57 เป็นต้น ดังนั้นสามารถแสดงผลตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ข้างต้นเพื่อใช้หาลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F1 ดังตารางที่ 6.19

ตารางที่ 6. 19 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F2

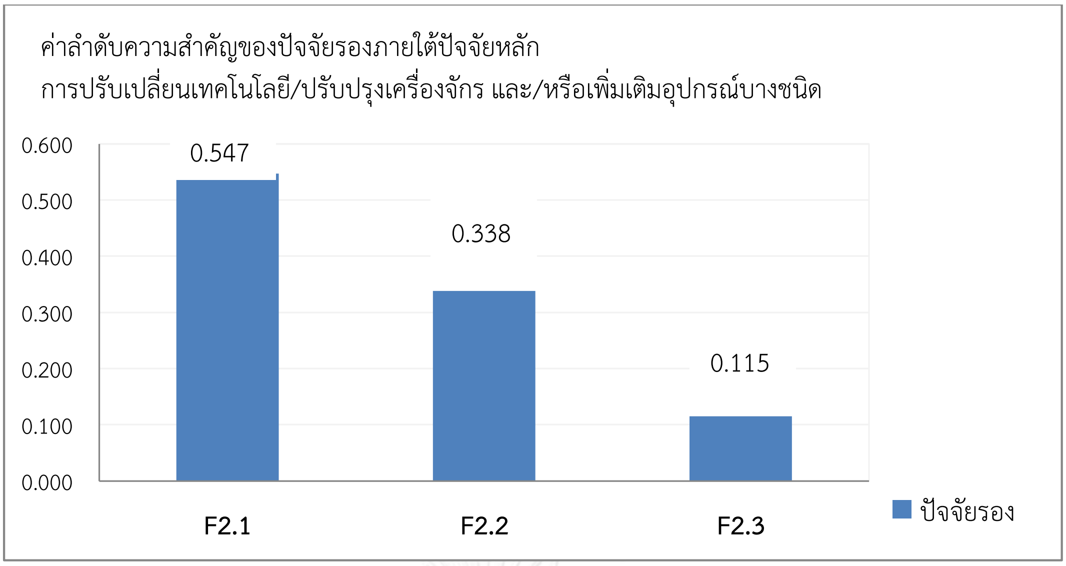
ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย			
ปัจจัยรอง	**F2.1**	**F2.2**	**F2.3**
F2.1	0.57	0.62	0.45
F2.2	0.28	0.30	0.43
F2.3	0.15	0.08	0.12

ขั้นตอนสุดท้ายต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก เช่น ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) จะหาได้จาก [(0.57+0.62+0.45)/3] = 0.547 แสดงดังตารางที่ 6.20

ตารางที่ 6. 20 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F2

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย					
ปัจจัยรอง	**F2.1**	**F2.2**	**F2.3**	**ผลรวมแนวนอน**	**ค่าลำดับความสำคัญ**
F2.1	0.57	0.62	0.45	**1.640**	**0.547**
F2.2	0.28	0.30	0.43	**1.015**	**0.338**
F2.3	0.15	0.08	0.12	**0.346**	**0.115**

ค่าลำดับความสำคัญนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) ดังแสดงในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6. 6 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด

จากรูปที่ 6.6 แสดงลำดับความสำคัญของปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) จะเห็นว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) เป็นปัจจัยรองที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมากถึงร้อยละ 54.7 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับรองลงมาคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2) และปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ (F2.3) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 33.8% และ 11.5% ตามลำดับ

จากนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบคู่ของน้ำหนักปัจจัยรองดังกล่าวมีความสอดคล้องกันหรือไม่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องวิธีการคำนวณก็คือการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญโดยรวมในตารางที่ 6.20 มาคูณกับค่าในตารางการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F2 (ตารางที่ 6.18) ซึ่งแสดงวิธีการหาผลคูณได้ดังตารางที่ 6.21

ตารางที่ 6.21 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรอง เป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F2

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย			
ปัจจัยรอง	**F2.1**	**F2.2**	**F2.3**
	0.547	0.338	0.115
F2.1	1.00x0.547	2.04x0.338	3.88x0.115
F2.2	0.49x0.547	1.00x0.338	3.71x0.115
F2.3	0.26x0.547	0.27x0.338	1.00x0.115

ผลการคูณจากตารางที่ 6.21 สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.22

ตารางที่ 6.22 ผลรวมการหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ ภายใต้ปัจจัยหลัก F2

ปัจจัยรอง	F2.1	F2.2	F2.3	ผลรวมแนวนอน
	0.547	0.338	0.115	
F2.1	0.547	0.690	0.446	1.683
F2.2	0.268	0.338	0.427	1.033
F2.3	0.142	0.091	0.115	0.348

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนในแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมแนวนอนนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแถวแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยหลักทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่าค่า λ_{max}

$$\lambda_{max} = [\left(\frac{1.683}{0.547}\right) + \left(\frac{1.033}{0.338}\right) + \left(\frac{0.348}{0.115}\right)] / 3$$

$$= 3.05$$

ตามทฤษฎีผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในกรณีที่มีการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า λ_{max} ที่ได้ของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกัน จากนั้นจะนำค่า λ_{max} มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) ซึ่งการคำนวณแสดงได้ตามสูตร C.I. = $\frac{\lambda max-n}{n-1}$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index), λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง, และ n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ดังนั้น C.I. = $\frac{3.05-3}{3-1}$

= 0.025

จากนั้นเพื่อที่จะหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สามารถหาได้โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตารางที่ 2.4 ซึ่งการคำนวณหาค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ C.R. = $\frac{\text{C.I.}}{\text{R.I.}}$

ซึ่งค่า RI ของการเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ตรงกับค่า RI จากตารางที่ 2.4 คือ 0.58

ดังนั้น C.R. = $\frac{0.025}{0.58}$

= 0.043

สำหรับการวินิจฉัยที่มี 3 ปัจจัย ค่า C.R. นี้ควรมีค่า C.R. < 0.05 จึงจะอยู่ในเกณฑ์การยอมรับว่ามีความสอดคล้องสมเหตุสมผล ซึ่งจากค่า C.R. ที่คำนวณได้คือ 0.043 อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นแสดงว่าการวิเคราะห์ครั้งนี้มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

3) <u>กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน</u> มี 3 ปัจจัยรอง ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัยรองภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน แสดงดังตารางที่ 6.23

ตารางที่ 6.23 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)			
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**
F3.1	1	1.00	8.00
F3.2	1.00	1	7.00
F3.3	0.13	0.14	1
รวม	2.13	2.14	16.00

จากตารางที่ 6.23 แสดงตัวอย่างค่าการกำหนดน้ำหนักการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรองเป็นคู่ของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญรายหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มปัจจัยทีละคู่ ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1) มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.3) ในระดับก้ำกึ่งระหว่างมากกับมากที่สุด (ความสำคัญเท่ากับ 8) ซึ่งจะกำหนดตัวเลขน้ำหนัก

แทนระดับความสำคัญเท่ากับ 8 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F3.3 กับ ปัจจัย F3.1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่า 1/(8) หรือ 0.13 ซึ่งได้แสดงตัวอย่างตามตารางข้างต้น และเพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคลซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ (Saaty T.L. 2008) โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ G.M. = $\sqrt[n]{X1X2 \ldots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n แสดงผลดังตารางที่ 6.24

ตารางที่ 6.24 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)			
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**
F3.1	1	2.21	3.16
F3.2	0.45	1	2.11
F3.3	0.32	0.47	1
รวม	1.77	3.68	6.27

ในลำดับถัดไปจะทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 1.77 ดังนั้นจึงนำค่า 1.77 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/1.77 = 0.56 เป็นต้น ดังนั้นสามารถแสดงผลตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ข้างต้นเพื่อใช้หาลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3 ดังตารางที่ 6.25

ตารางที่ 6. 25 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3

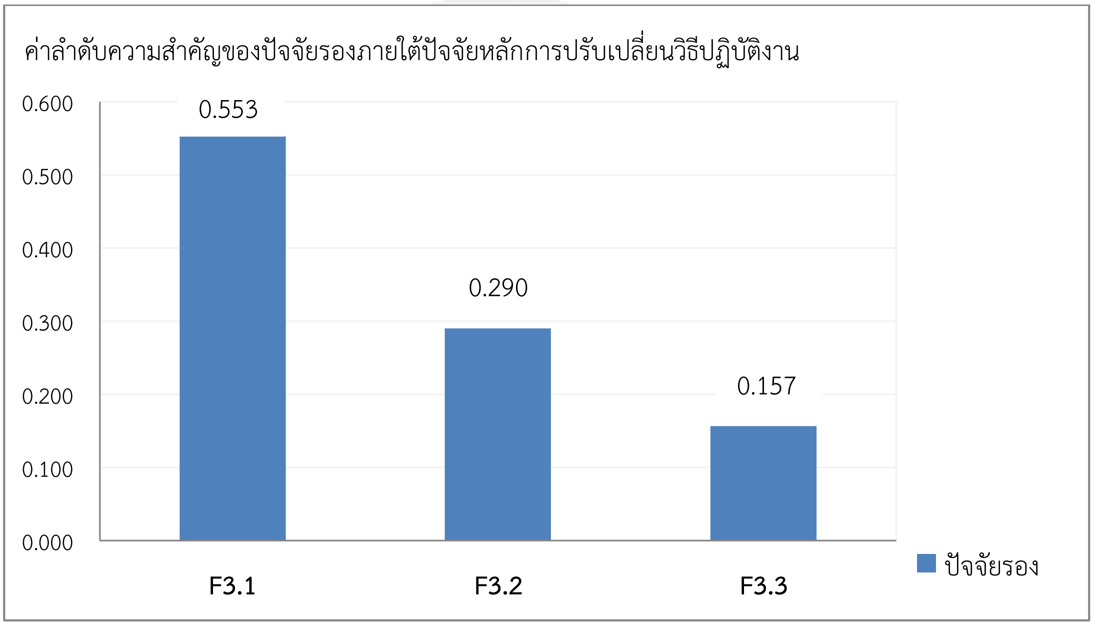
ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย			
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**
F3.1	0.56	0.60	0.50
F3.2	0.26	0.27	0.34
F3.3	0.18	0.13	0.16

ขั้นตอนสุดท้ายต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก เช่น ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าปัจจัย (F3.1) จะหาได้จาก [(0.56+0.60+0.50)/3] = 0.553 แสดงดังตารางที่ 6.26

ตารางที่ 6. 26 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย					
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**	**ผลรวมแนวนอน**	**ค่าลำดับความสำคัญ**
F3.1	0.56	0.60	0.50	**1.660**	**0.553**
F3.2	0.26	0.27	0.34	**0.870**	**0.290**
F3.3	0.18	0.13	0.47	**0.470**	**0.157**

ค่าลำดับความสำคัญนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) ดังแสดงในรูปที่ 6.7



รูปที่ 6. 7 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 6.7 แสดงลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้ปัจจัยหลักการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) จะเห็นว่าปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1) เป็นปัจจัยรองที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมากถึงร้อยละ 55.3 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับรองลงมาคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2) และปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F2.3) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 29.0% และ 15.7% ตามลำดับ

จากนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ของน้ำหนักปัจจัยรองดังกล่าวมีความสอดคล้องกันหรือไม่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องวิธีการคำนวณก็คือการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญโดยรวมในตารางที่ 6.26 มาคูณกับค่าในตารางการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F3 (ตารางที่ 6.24) ซึ่งแสดงวิธีการหาผลคูณได้ดังตารางที่ 6.27

ตารางที่ 6.27 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F3

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย			
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**
	0.553	0.290	0.157
F3.1	1.00x0.553	2.21x0.290	3.16x0.157
F3.2	0.45x0.553	1.00x0.290	2.11x0.157
F3.3	0.32x0.553	0.47x0.290	1.00x0.157

ผลการคูณจากตารางที่ 6.27 สามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.28

ตารางที่ 6.28 ผลรวมการหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลัก F3

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย				
ปัจจัยรอง	**F3.1**	**F3.2**	**F3.3**	**ผลรวมแนวนอน**
	0.553	0.290	0.157	
F3.1	0.553	0.641	0.496	1.690
F3.2	0.249	0.290	0.331	0.870
F3.3	0.177	0.136	0.157	0.470

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนในแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมแนวนอนนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแถวแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยหลักทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่าค่า λ_{max}

$$\lambda_{max} = \left[\left(\frac{1.690}{0.553}\right) + \left(\frac{0.870}{0.290}\right) + \left(\frac{0.470}{0.157}\right) \right] / 3$$

$$= 3.02$$

ตามทฤษฎีผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในกรณีที่มีการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่า $\lambda_{max} = n$ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ ดังนั้นค่า λ_{max} ที่ได้ของการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกัน จากนั้นจะนำค่า λ_{max} มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) ซึ่งการคำนวณแสดงได้ตามสูตร $C.I. = \frac{\lambda max - n}{n-1}$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index), λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง, และ n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

ดังนั้น $C.I. = \frac{3.02-3}{3-1}$

$$= 0.01$$

จากนั้นเพื่อที่จะหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สามารถหาได้โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตาราง ที่ 2.4 ซึ่งการคำนวณหาค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ $C.R. = \frac{C.I.}{R.I.}$

ซึ่งค่า RI ของการเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ตรงกับค่า RI จากตารางที่ 2.4 คือ 0.58

ดังนั้น $C.R. = \frac{0.01}{0.58}$

$$= 0.017$$

สำหรับการวินิจฉัยที่มี 3 ปัจจัย ค่า C.R. นี้ควรมีค่า $C.R. < 0.05$ จึงจะอยู่ในเกณฑ์การยอมรับว่ามีความสอดคล้องสมเหตุสมผล ซึ่งจากค่า C.R. ที่คำนวณได้คือ 0.017 อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นแสดงว่าการวิเคราะห์ครั้งนี้มีความสอดคล้องกันของเหตุผลอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

4) กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ มี 2 ปัจจัยรอง ซึ่งสามารถกำหนดน้ำหนักของแต่ละปัจจัยรองภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการใช้ซ้ำและ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ แสดงดังตารางที่ 6.29

ตารางที่ 6.29 ตัวอย่างการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้กลุ่มปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ ลงในตารางเมตริกซ์พื้นฐาน

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)		
ปัจจัยรอง	**F4.1**	**F4.2**
F4.1	1	3.00
F4.2	0.33	1
รวม	1.33	4.00

จากตารางที่ 6.29 แสดงตัวอย่างค่าการกำหนดน้ำหนักการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยรองเป็นคู่ ของกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญรายหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบผู้ตัดสินใจจะพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละกลุ่มปัจจัยทีละคู่ ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1) มีความสำคัญมากกว่าปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ปัจจัย (F4.2) ในระดับปานกลาง (ความสำคัญเท่ากับ 3) ซึ่งจะกำหนดตัวเลขน้ำหนักแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 3 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F4.2 กับปัจจัย F4.1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่า 1/(3) หรือ 0.33 ซึ่งได้แสดงตัวอย่างตามตารางข้างต้น และเพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้นจะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ (Saaty T.L. 2008) โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ

G.M. = $\sqrt[n]{X1X2 \ldots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n แสดงผลดังตารางที่ 6.30

ตารางที่ 6. 30 ผลการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4) เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตจากกลุ่มตัวอย่างผู้เชี่ยวชาญในการศึกษานี้

การกำหนดน้ำหนักของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)		
ปัจจัยรอง	**F4.1**	**F4.2**
F4.1	1	1.66
F4.2	0.60	1
รวม	1.60	2.66

ในลำดับถัดไปจะทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 1.60 ดังนั้นจึงนำค่า 1.60 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/1.60 = 0.62 เป็นต้น ดังนั้นสามารถแสดงผลตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มปัจจัยรองต่างๆ ข้างต้นเพื่อใช้หาลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F4 ดังตารางที่ 6.31

ตารางที่ 6. 31 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F4

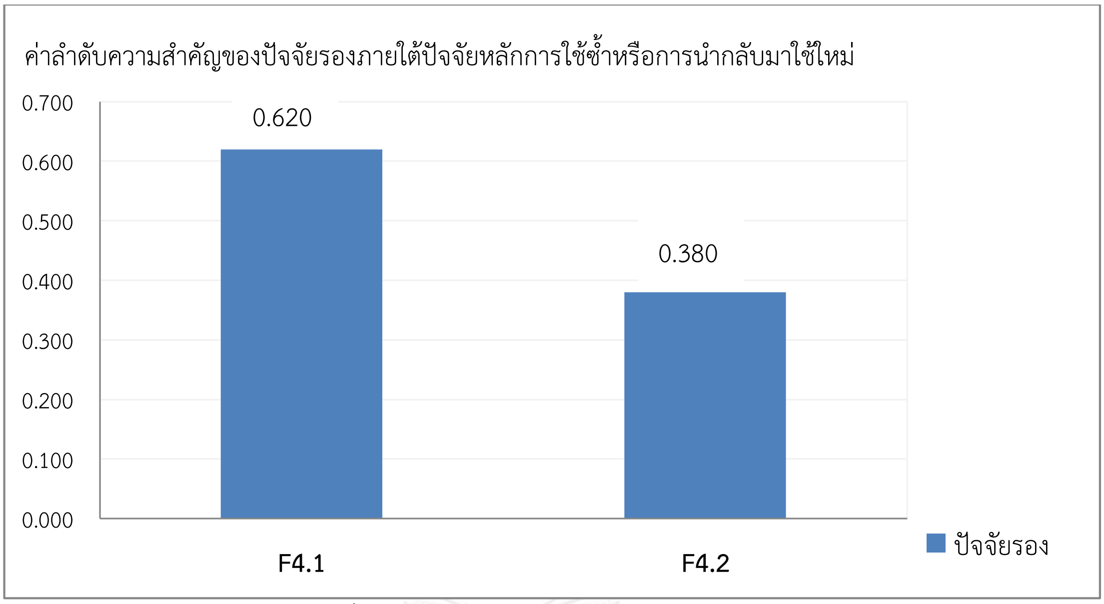
ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย		
ปัจจัยรอง	**F4.1**	**F4.2**
F4.1	0.62	0.62
F4.2	0.38	0.38

ขั้นตอนสุดท้ายต้องทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยรอง เช่น ค่าความสำคัญของปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F4.1) จะหาได้จาก [(0.62+0.62)/2] = 0.620 แสดงดังตารางที่ 6.32

ตารางที่ 6. 32 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน(ค่าลำดับความสำคัญ)ปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลัก F4

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย				
ปัจจัยรอง	**F4.1**	**F4.2**	**ผลรวมแนวนอน**	**ค่าลำดับความสำคัญ**
F4.1	0.62	0.62	1.24	0.620
F4.2	0.38	0.38	0.76	0.380

ค่าลำดับความสำคัญนี้จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ ภายใต้ปัจจัยหลักการการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4) ดังแสดงในรูปที่ 6.8



รูปที่ 6. 8 ค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรอง
ภายใต้ปัจจัยหลักการการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่

จากรูปที่ 6.8 แสดงลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายใต้ปัจจัยหลักการการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4) จะเห็นว่าปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1) เป็นปัจจัยรองที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด ซึ่งมากถึงร้อยละ 62.0 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับรองลงมาคือ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 38.0%

จากนั้นต้องทำการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบคู่ของน้ำหนักปัจจัยรองดังกล่าวมีความสอดคล้องกันหรือไม่ แต่เนื่องจากการเปรียบเทียบนี้เป็นการเปรียบเทียบของเพียง 2 ปัจจัย ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาจึงเห็นว่าไม่มีความจำเป็นต้องนำมาเช็คค่า CR

จากข้อมูลข้างต้นทั้งหมดของการวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยหลักและปัจจัยรองสามารถนำมาสรุปเป็นลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยหลักและปัจจัยรองที่ใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.33 ซึ่งวิธีการคิดหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจนั้น ให้นำค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญของทุกๆปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักนั้นมาคูณกับ

ค่าน้ำหนักของปัจจัยหลักนั้น เพื่อปรับค่าลำดับความสำคัญทั้งหมดของปัจจัยในการตัดสินใจให้รวมกันเท่ากับ 100% ซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังตารางที่ 6.34 ตัวอย่างเช่น ปัจจัยรองด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) ซึ่งมีค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.335 ที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) ซึ่งมีค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.163 จากนั้นนำค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญสองค่านี้คูณกัน คือ 0.335 คูณกับ 0.163 จะได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยเท่ากับ 0.055 หรือร้อยละ 55.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6. 33 สรุปลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

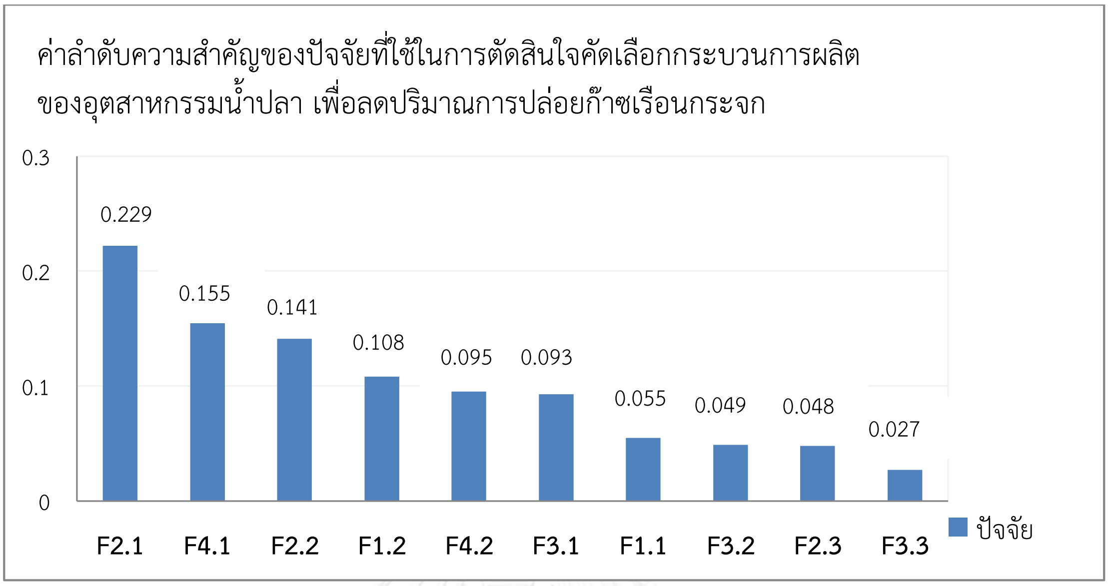
ปัจจัยหลัก / ปัจจัยรอง	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)
	0.163
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.335
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	0.665
	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)
	0.418
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	0.547
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	0.338
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	0.115
	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)
	0.169
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	0.553
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	0.290
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้น้ำ (F3.2)	0.157
	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)
	0.250
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	0.620
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	0.380

ตารางที่ 6.34 ผลคูณของค่าน้ำหนักเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยรอง	กลุ่มปัจจัยหลัก ด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.055
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	0.108
	กลุ่มปัจจัยหลักด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	0.229
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	0.141
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	0.048
	กลุ่มปัจจัยหลัก ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	0.093
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	0.049
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.2)	0.027
	กลุ่มปัจจัยหลักด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	0.155
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	0.095

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ค่าลำดับความสำคัญจากตารางที่ 6.34 จะแสดงให้เห็นถึงการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ จากมากไปน้อยได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6. 9 ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยจากมากไปน้อย

จากรูปที่ 6.9 แสดงค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดห้าอันดับแรก ได้แก่ อันดับหนึ่งคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) เป็นปัจจัยที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.9 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด อันดับสองคือ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 15.5% อันดับสามคือ ด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 14.1% อันดับสี่คือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 10.8% และอันดับห้าคือ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่หรือ (F4.2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 9.5%

6.2.2.3 การวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของทางเลือก

จากแบบสอบถามในภาคผนวก ค สามารถสรุปการกำหนดน้ำหนักของทางเลือกทั้ง 4 ภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ จากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน และเพิ่มผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา ดังแสดงผลในตารางที่ 6.35

ตารางที่ 6.35 ผลการกำหนดน้ำหนักเฉลี่ย (ที่ทำการปรับให้ผลรวมของทุกค่าเป็น 1) ของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ

ทางเลือก / ปัจจัยรอง	ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.320	0.194	0.144	0.342
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	0.297	0.139	0.140	0.424
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	0.184	0.144	0.110	0.562
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	0.257	0.135	0.116	0.491
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	0.230	0.249	0.187	0.334
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	0.179	0.139	0.160	0.523
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	0.227	0.157	0.132	0.484
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.2)	0.186	0.235	0.263	0.317
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	0.172	0.119	0.229	0.480
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	0.152	0.177	0.269	0.402

ลำดับถัดไปทำการจัดกลุ่มลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ จากตารางที่ 6.35 มาอยู่ในแนวตั้งภายใต้ผลคูณของค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ จากตารางที่ 6.34 ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6.36

ตารางที่ 6.36 การจัดกลุ่มของลำดับความสำคัญของทางเลือกภายใต้ผลคูณของลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ

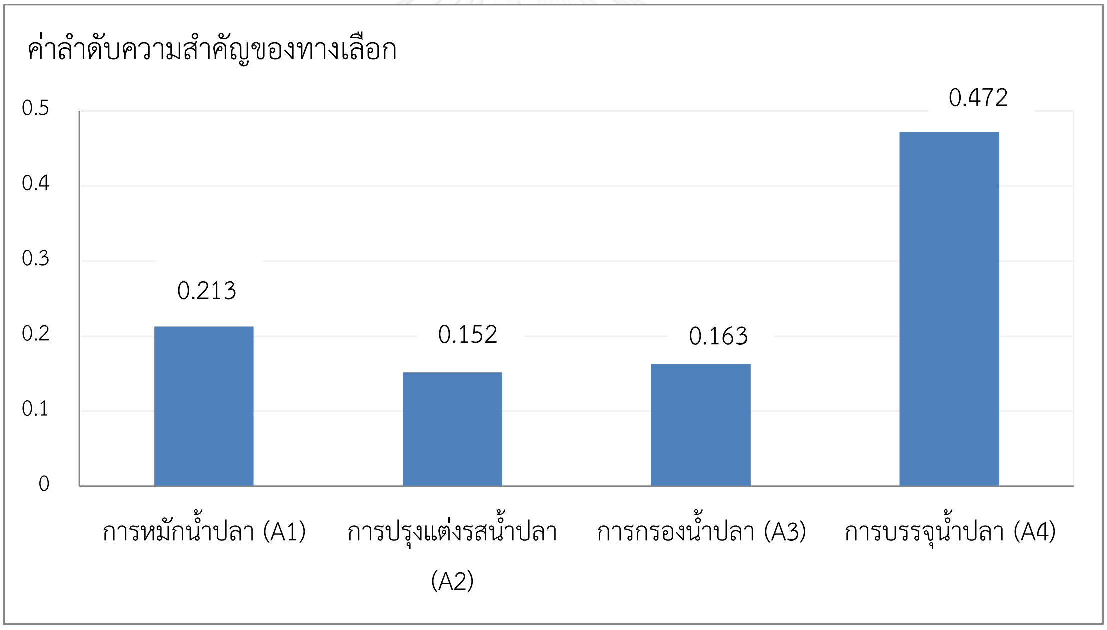
	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	F2.3	F3.1	F3.2	F3.3	F4.1	F4.2
	0.055	0.108	0.229	0.141	0.048	0.093	0.049	0.027	0.155	0.095
ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	0.320	0.297	0.184	0.257	0.230	0.179	0.227	0.186	0.172	0.152
ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	0.194	0.139	0.144	0.135	0.249	0.139	0.157	0.235	0.119	0.177
ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	0.144	0.14	0.110	0.116	0.187	0.160	0.132	0.263	0.229	0.269
ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)	0.342	0.424	0.562	0.491	0.334	0.523	0.484	0.317	0.480	0.402

จากนั้นนำค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองมาคูณกับค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรองนั้น และสุดท้ายนำค่าน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรองทุกค่ามารวมกันจะได้ผลรวมแนวนอนหรือค่าน้ำหนักของทางเลือก ดังแสดงผลในตารางที่ 6.37 ซึ่งทางเลือกใดที่มีค่าผลรวมมากที่สุดก็จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่นการหาค่าน้ำหนักทางเลือกกระบวนการหมักน้ำปลา (A1) หรือที่มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.320 ภายใต้ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) ที่มีค่าลำดับความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ 0.055 และเมื่อนำสองค่านี้มาคูณกันจะมีค่าเป็น 0.320 คูณกับ 0.055 ได้เท่ากับ 0.018 เป็นต้น

ตารางที่ 6. 37 ผลค่าลำดับความสำคัญของทางเลือก ภายใต้ปัจจัยต่างๆ

	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	F2.3	F3.1	F3.2	F3.3	F4.1	F4.2	ผลรวมแนวนอน
ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	0.018	0.032	0.042	0.036	0.011	0.017	0.011	0.005	0.027	0.014	0.213
ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	0.011	0.015	0.033	0.019	0.012	0.013	0.008	0.006	0.018	0.017	0.152
ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	0.008	0.015	0.025	0.016	0.009	0.015	0.006	0.007	0.035	0.026	0.163
ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)	0.019	0.046	0.129	0.069	0.016	0.049	0.024	0.009	0.074	0.038	0.472

ค่าลำดับความสำคัญจากตารางที่ 6.37 นี้จะแสดงให้เห็นถึงค่าลำดับความสำคัญของทางเลือกต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.10



รูปที่ 6. 10 ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญของทางเลือก

จากรูปที่ 6.10 จะเห็นว่าทางเลือกกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4) เป็นทางเลือกอันดับแรกที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญมากที่สุดถึงร้อยละ 47.2 และเมื่อพิจารณาจากลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัยรองในทางเลือก A4 จากตารางที่ 6.37 สามารถเรียงค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตจากมากไปน้อยได้ดังนี้

1) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)

2) ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)

3) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)

4) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)

5) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)

6) ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำและ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)

7) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)

8) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)

9) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ (F2.3)

10) ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.3)

ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีความสัมพันธ์ต่อผลค่าลำดับความสำคัญของทางเลือกในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.3 บทสรุปการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

ค่าลำดับความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่ ตามวิธีการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) จากกลุ่มตัวอย่างผู้ตัดสินใจในการศึกษานี้ที่เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน และเพิ่มผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา มีความเห็นรวมกันว่าปัจจัยหลักที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) ซึ่งมากถึงร้อยละ 41.8 ของค่าลำดับความสำคัญทั้งหมด รองลงมาคือปัจจัยด้านการใช้ซ้ำและ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4), ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)

และปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 25.0%, 16.9% และ 16.3% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักความสำคัญของการเปรียบเทียบปัจจัยรองเป็นคู่ภายใต้ปัจจัยหลักดังกล่าว พบว่าปัจจัยที่มีลำดับความสำคัญมากที่สุดห้าอันดับแรก ได้แก่ อันดับหนึ่งคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1) อันดับสองคือ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1) อันดับสามคือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน (F2.2) อันดับสี่คือ ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2) และอันดับห้าคือ ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็น 22.9%, 15.5%, 14.1%, 10.8% และ 9.5% ตามลำดับ นอกจากนี้ค่าความน่าเชื่อถือของการตัดสินใจนั้นที่พิจารณาจากอัตราส่วนความสอดคล้องของการให้เหตุผล (C.R.) พบว่าทุกการพิจารณามีค่า C.R. อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดของการยอมรับได้ คือ ค่า C.R. ไม่เกิน 0.05 สำหรับการวินิจฉัยที่มี 3 ปัจจัย และค่า C.R. ไม่เกิน 0.09 สำหรับการวินิจฉัยที่มี 4 ปัจจัย (Saaty and L.G. Vargas, 2012)

สำหรับค่าลำดับความสำคัญของการเปรียบเทียบทางเลือกภายใต้ปัจจัยทั้งหมดเป็นคู่ พบว่าในการศึกษานี้ทางเลือกกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4) เป็นทางเลือกอันดับแรกที่ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญมากที่สุดในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีความสำคัญมากที่สุดถึงร้อยละ 47.2 ทางเลือกอันดับสองคือ ทางเลือกกระบวนการหมักน้ำปลา (A1) ทางเลือกอันดับสามคือ ทางเลือกกระบวนการกรองน้ำปลา (A3) และทางเลือกอันดับสุดท้ายคือ ทางเลือกกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2) ซึ่งมีค่าลำดับความสำคัญเป็นร้อยละ 21.3, ร้อยละ 16.3 และร้อยละ 15.2 ตามลำดับ

บทที่ 7
การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ในบทนี้จะแสดงการคำนวณการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำปลา ของโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา 3 แห่ง เพื่อจะนำผลการศึกษาไปใช้เปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น เพื่อสร้างความเชื่อมั่นให้กับการสร้างแนวทางการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางหนึ่ง ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์คือ การคำนวณผลรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมของมนุษย์แล้วก่อให้เกิดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม โดยการคำนวณผลรวมออกมาในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งการวัดผลรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการผลิตขององค์กรนั้น นำไปสู่การกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนช่วยเสริมสร้างศักยภาพให้กับผู้ประกอบการให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกและเตรียมความพร้อม หากภาครัฐจำเป็นต้องมีรายงานแสดงปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การวัดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยการวัดการปลดปล่อยโดยตรงและโดยอ้อม ดังนี้

1) การวัดโดยตรง เป็นการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นโดยตรง เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง และการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ เช่น ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ การใช้ไฟฟ้า การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษ

2) การวัดโดยอ้อม เป็นการวัดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเริ่มจากกระบวนการที่ได้มาซึ่งวัตถุดิบ การแปรรูป การขนส่ง การใช้งาน และกระบวนการจัดการซากผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์หลังใช้งาน

7.1 การศึกษาสภาพการดำเนินงานของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานกรณีศึกษานี้เป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมน้ำปลาที่ตั้งอยู่ในพื้นที่จังหวัดระยอง ซึ่งในการศึกษานี้ได้คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโรงงานที่อยู่ในอุตสาหกรรมน้ำปลามาจำนวน 3 แห่ง ซึ่งแต่ละแห่งสามารถแยกกระบวนการผลิตออกเป็นหลักๆ 4 กระบวนการ ดังนี้

1) กระบวนการหมักน้ำปลา

การหมักน้ำปลาคือ ขั้นตอนแรกของการผลิตน้ำปลา โดยการนำปลาไปผสมกับเกลือตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ ซึ่งปลาที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตน้ำปลา ได้แก่ ปลากะตัก หรือปลาไส้ตันสด เนื่องจากราคาถูกและมีแหล่งมาจากการประมงภายในประเทศเป็นหลัก โดยจะคัดสรรเฉพาะปลาไส้ตันสด มีการตรวจสอบ และควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบโดยทางกายภาพ ได้แก่ ตา เหงือก ผิวหนัง ความยืดหยุ่นของเนื้อปลา ให้มีสภาพที่ดี เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพที่ดี และตรงตามมาตรฐานเพื่อให้ได้น้ำปลาที่มีคุณภาพดี ซึ่งจะมีความใสสะอาด และมีกลิ่นหอม และขั้นตอนที่สำคัญในการหมักน้ำปลาคือ การนำปลาไปผสมกับเกลือตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้ โดยมีการใช้เครื่องผสมปลาและเกลือช่วยคลุกเคล้าเกลือกับปลาให้ผสมเข้ากัน และรีบเทใส่บ่อหมักให้เร็วที่สุด ซึ่งในขั้นตอนการหมักจะใช้เวลานาน 12 เดือนขึ้นไป และจะได้น้ำปลาโดยมีกากปลาและเกลืออยู่ที่ก้นบ่อ เมื่อต้องการนำน้ำปลาจากบ่อหมักมาบรรจุ ก็จะใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือซึ่งจะได้หัวน้ำปลาใสมาเก็บไว้ที่บ่อพัก เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป

หมายเหตุ ในการหมักน้ำปลาของชั้นคุณภาพน้ำปลาตั้งแต่ 2 ขึ้นไป จะมีการผสมวัตถุดิบเพิ่มเติมลงไปในการหมักด้วยซึ่งแต่ละโรงงานก็จะแตกต่างกัน เช่น น้ำเกลือ น้ำกากปลาเก่า เป็นต้น

2) กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

การปรุงแต่งรสน้ำปลาคือ ขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสม เพื่อทำการผสมปรุงแต่งรสน้ำปลากับน้ำตาลหรือวัตถุดิบส่วนผสมอื่นๆ ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้โดยมีเครื่องกวนช่วยกวนให้น้ำปลากับวัตถุดิบผสมเข้ากัน

3) กระบวนการกรองน้ำปลา

การกรองน้ำปลาคือ ขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุ โดยก่อนเข้าถังบรรจุน้ำปลาจะผ่านการกรองด้วยชุดกรองของเครื่องกรองน้ำปลาที่ประกอบด้วยถุงกรองและไส้กรอง

4) กระบวนการบรรจุน้ำปลา

การบรรจุน้ำปลาคือ ขั้นตอนสุดท้ายของการผลิตน้ำปลา โดยเริ่มจากการออกขวดเข้าสู่สายพานลำเลียงและขวดจะเดินตามสายพานในขณะที่ขวดเดินบนสายพาน ก็จะมีการตรวจสอบขวดแก้วทุกใบด้วยสายตา คัดขวดบิ่น, ร้าว, ไม่สะอาดออก หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่เครื่องฉีดล้างขวดด้วยน้ำร้อน ที่ใช้เชื้อเพลิงและน้ำเป็นวัตถุดิบในการต้มน้ำสำหรับการให้ความร้อนเพื่อนำมาในการรินซ์ล้างขวดแก้วเพื่อฆ่าเชื้อโรค และขจัดฝุ่นผง ที่เจือปนต่างๆ ออกจากขวด (กรณีบางโรงงานจะมีการล้างขวดมาตั้งแต่ก่อนเข้าสู่โรงงานขั้นตอนนี้จึงไม่มีการใช้พลังงานความร้อนและน้ำในการรินซ์ขวด) จากนั้นขวดก็จะผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุน้ำปลา เครื่องปิดฝาจุก เครื่องส่องไฟตรวจสิ่งแปลกปลอมซึ่งถ้าพบสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลาที่บรรจุแล้ว ให้คัดออก จากนั้นลำเลียงผ่านสายพานเข้าสู่อุโมงค์ลมร้อนสำหรับการปิดแผ่นฟิล์มพลาสติกหุ้มฝาขวด และเข้าสู่เครื่องปิดฉลากอัตโนมัติ

7.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

ขั้นตอนการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนดังนี้

7.2.1 กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

7.2.1.1 กำหนดเป้าหมายหรือเหตุผลที่ทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์

ในการศึกษานี้มีเป้าหมายของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จากโรงงานกรณีศึกษา 3 แห่งคือ เพื่อหาขั้นตอนกระบวนการผลิตที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับการนำไปหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์ต่อไป

7.2.1.2 กำหนดขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษานี้จะทำการเลือกประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในแต่ละโรงงานกรณีศึกษาที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มียอดขายส่งออกดีที่สุด และมีแนวโน้มที่จะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าร้องขอค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยจะประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยรูปแบบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลิตในโรงงาน (Cradle to Gate) ซึ่งไม่รวมถึงการพิจารณาการขนส่ง การบำบัดน้ำเสีย และการปฏิบัติงานในส่วนสำนักงาน ซึ่งวิธีการประเมินแบบนี้จะยังไม่สามารถขอการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ จากการสำรวจผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละโรงงานที่พบว่ามียอดขายส่งออกดีที่สุด เป็นขนาดน้ำปลาขวดแก้วที่มีปริมาตร 750 มิลลิลิตรต่อขวด ซึ่งขอบเขตการศึกษาโดยละเอียดแต่ละโรงงานกรณีศึกษาจะแสดงได้ดังนี้

<u>ขอบเขตของการประเมินของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1</u> : ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำปลา 1 ขวด ขนาด 750 มิลลิลิตร ที่ได้จากผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 เนื่องจากเป็นขนาดที่มียอดขายสูงสุดของโรงงาน และทำการศึกษาเฉพาะในช่วงกระบวนการผลิตในโรงงานเท่านั้น (ไม่รวมถึงการขนส่ง การบำบัดน้ำเสียของโรงงาน และการปฏิบัติงานในส่วนสำนักงาน) ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม 2556

<u>ขอบเขตของการประเมินของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2</u> : ศึกษาศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำปลา 1 ขวด ขนาด 750 มิลลิลิตร ที่ได้จากผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่ได้จากหัวน้ำปลา 1 เนื่องจากเป็นขนาดที่มียอดขายสูงสุดของโรงงาน และทำการศึกษาเฉพาะในช่วงกระบวนการผลิตในโรงงานเท่านั้น (ไม่รวมถึงการขนส่ง การบำบัดน้ำเสียของโรงงาน และการปฏิบัติงานในส่วนสำนักงาน) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2557

<u>ขอบเขตของการประเมินของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3</u> : ศึกษาศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตน้ำปลา 1 ขวด ขนาด 750 มิลลิลิตร ที่ได้จากผลิตภัณฑ์น้ำปลาที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 เนื่องจากเป็นขนาดที่มียอดขายสูงสุดของโรงงาน และทำการศึกษาเฉพาะในช่วงกระบวนการผลิตใน

โรงงานเท่านั้น (ไม่รวมถึงการขนส่ง การบำบัดน้ำเสียของโรงงาน และการปฏิบัติงานในส่วนสำนักงาน) ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2557

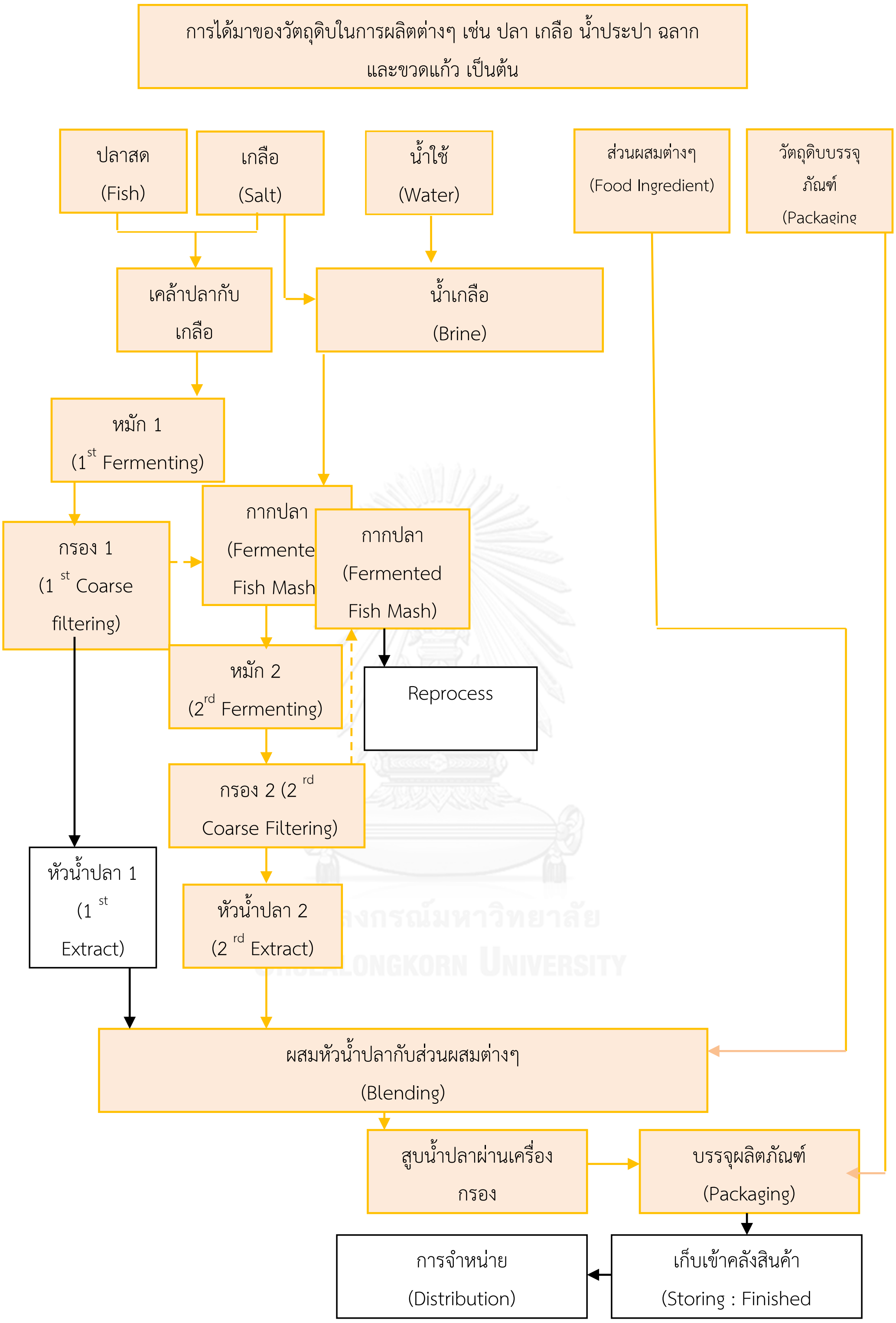
7.2.2 การวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม คือ บัญชีรายการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลสารขาเข้า (Input) และสารขาออก (Output) จากกระบวนการผลิตต่างๆตามที่กำหนดไว้ในขอบเขตการศึกษา ซึ่งจะต้องมีการคำนวณหาปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกโดยพิจารณาถึงวัสดุทรัพยากรและพลังงานที่ใช้ รวมถึงผลิตภัณฑ์ และของเสียที่ปล่อยออกมาจากกระบวนการผลิต ซึ่งขั้นตอนการจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วย

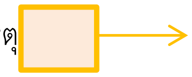
7.2.2.1 จัดทำผังการไหลของกระบวนการผลิตตามขอบเขตการศึกษาที่กำหนดไว้

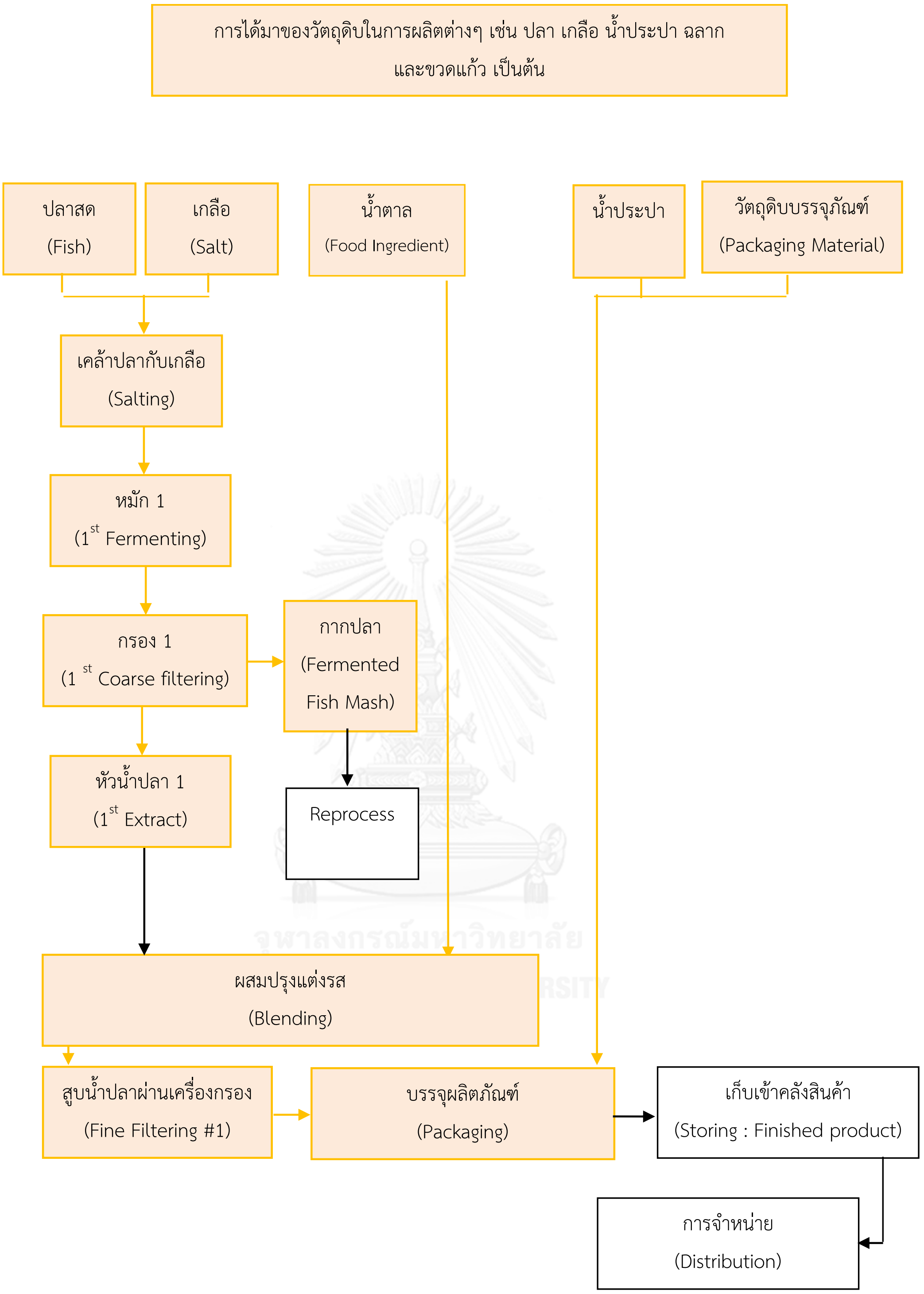
ในการศึกษานี้สามารถแสดงผังการไหลของกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์น้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษาทั้ง 3 แห่ง ได้ดังรูปที่ 7.1, รูปที่ 7.2 และรูปที่ 7.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



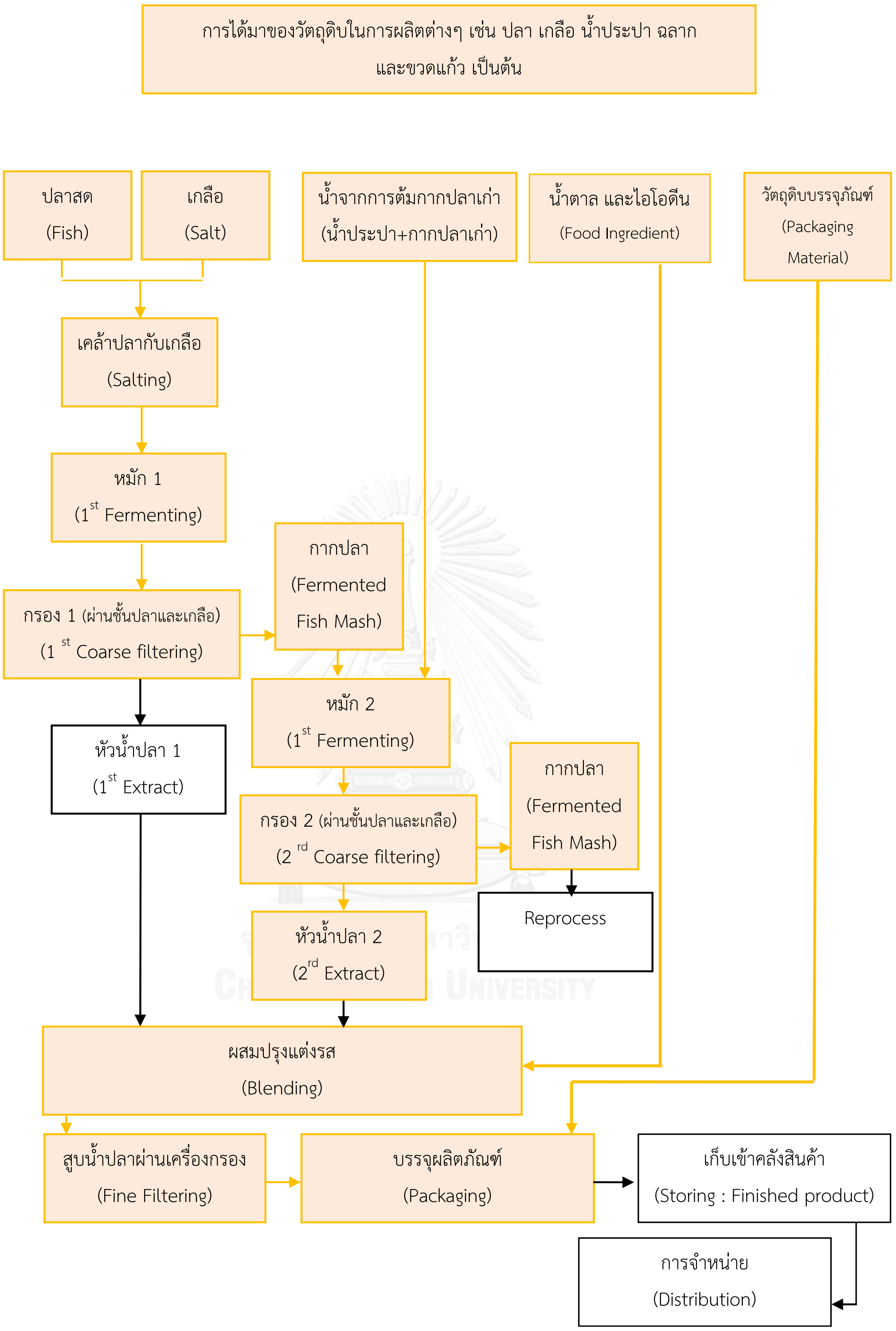
รูปที่ 7. 1 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 1

(หมายเหตุ  แสดงขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งนี้)

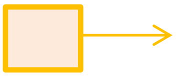


รูปที่ 7. 2 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 2

(หมายเหตุ → แสดงขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งนี้)



รูปที่ 7. 3 แผนผังการไหลของกระบวนการผลิตน้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษา 3

(หมายเหตุ  แสดงขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งนี้)

7.2.2.2 การเก็บข้อมูล

วิธีการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการเก็บข้อมูลปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกของแต่ละกระบวนการผลิต ดำเนินการโดยใช้การสอบถามและศึกษาจากเอกสารรายงานบันทึกข้อมูลการผลิตที่ได้รับความอนุเคราะห์จากผู้จัดการโรงงาน (ข้อมูลปฐมภูมิ) และมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลด้วยที่ปรึกษาของการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์อีกครั้ง

โดยสามารถจำแนกรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตน้ำปลาในแต่ละกระบวนการผลิตของแต่ละโรงงานกรณีศึกษาได้ดังนี้

1) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 โดยสามารถจำแนกรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตน้ำปลาในแต่ละขั้นตอน คือ

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ปลากะตักสดและเกลือสมุทรตามสัดส่วนของการปันส่วนในการหมักน้ำปลาชั้นคุณภาพที่ 2 น้ำกากปลาเก่า (กากปลาเก่าจากจากการหมักครั้งที่ 3 ของบ่อหมักอื่นมาผสมกับน้ำประปา) เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลของเครื่องผสมคลุกเคล้าปลาและเกลือ เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวของหม้อต้มสำหรับการต้มน้ำกากปลาเก่า ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มในการดูดน้ำประปามาผสมทำน้ำกากปลาเก่า ไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนผสมน้ำกากปลาเก่า(กากปลาเก่าและน้ำประปา)/ไฟฟ้าการใช้ปั๊มในการสูบหัวน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือไปบ่อพัก ส่วนสารขาออก ได้แก่กากปลาที่ได้จากการหมักซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำปลาคุณภาพอื่นต่อไป (ซึ่งไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์)

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาลและไอโอดีน) ไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนในการผสมหัวน้ำปลากับวัตถุดิบส่วนผสม และการใช้ปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสมเพื่อปรุงแต่งรสน้ำปลา

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุน้ำปลา และไฟฟ้าของเครื่องกรองน้ำปลาผ่านไส้กรองน้ำปลา

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม (LPG) และน้ำประปาที่ใช้ในการต้มเพื่อให้พลังงานความร้อนสำหรับการ Rinse ขวดแก้ว (น้ำในส่วนนี้จะหมุนเวียนใช้ซ้ำจึงไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์) ขวดแก้วสำหรับการบรรจุน้ำปลา ฉลากกระดาษ ฝาจุกพลาสติกขวดน้ำปลาชนิด LDPE พลาสติกซีลหุ้มฝาจุกชนิด PVC ไฟฟ้าของการใช้สายผ่านลำเลียงขวดแก้วที่นำไปบรรจุน้ำปลา/ไฟฟ้าเครื่องฉีดล้างขวด/เครื่องบรรจุน้ำปลา/เครื่องส่องไฟตรวจสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลา/เครื่อง

ปิดฝาจุก/เครื่องปิดซีลพลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฉลาก ส่วนสารขาออก ได้แก่ ของเสียที่เป็นส่วนของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นผง (นำไปReprocessจึงไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์) และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว ฉลากและจุกพลาสติกที่ชำรุดเสียหาย

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาจัดเป็นแผนผังแสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมชองปริมาณข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาได้ ดังรูปที่ 7.4

2) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 โดยสามารถจำแนกรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตน้ำปลาในแต่ละขั้นตอน คือ

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ปลากะตักสดและเกลือสมุทรตามสัดส่วนของการผลิตในการหมักน้ำปลา ไฟฟ้าของเครื่องผสมคลุกเคล้าปลาและเกลือ และการใช้ปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือไปบ่อพัก ส่วนสารขาออก ได้แก่ กากปลาที่ได้จากการหมักซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำปลาชนิดอื่นต่อไป (ซึ่งไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์)

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาล) และไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนในการผสมหัวน้ำปลากับวัตถุดิบส่วนผสม และการใช้ปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสมเพื่อปรุงแต่งรสน้ำปลา

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุน้ำปลาโดยผ่านไส้กรอง

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ เชื้อเพลิงแก๊สหุงต้ม (LPG) น้ำประปาที่ใช้ในการต้มเพื่อให้พลังงานความร้อนสำหรับการ Rinse ขวดแก้ว (น้ำในส่วนนี้จะหมุนเวียนใช้ซ้ำจึงไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์) ขวดแก้วสำหรับการบรรจุน้ำปลา ฉลากกระดาษ ฝาจุกพลาสติกขวดน้ำปลาชนิด LDPE พลาสติกซีลหุ้มฝาจุกชนิด PVC ไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำประปามาใช้ฉีดล้างขวด/ไฟฟ้าของการใช้สายผ่านลำเลียงขวดแก้วที่นำไปบรรจุน้ำปลา/ เครื่องบรรจุน้ำปลา/เครื่องส่องไฟตรวจสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฝาจุก/เครื่องปิดซีลพลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฉลาก ส่วนสารขาออก ได้แก่ ของเสียที่เป็นส่วนของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นผง (นำไปReprocess) บรรจุภัณฑ์ขวดแก้วและฉลากกระดาษที่ชำรุดเสียหาย

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาจัดเป็นแผนผังแสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมชองปริมาณข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาได้ ดังรูปที่ 7.5

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) การจัดทำบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 โดยสามารถจำแนกรายละเอียดสารขาเข้าและสารขาออกของการผลิตน้ำปลาในแต่ละขั้นตอน คือ

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ปลากะตักสดและเกลือสมุทรตามสัดส่วนของการปันส่วนในการหมักน้ำปลาชั้นคุณภาพที่ 2 น้ำกากปลาเก่า (กากปลาเก่าจากจากการหมักครั้งที่ 3 ของบ่อหมักอื่นมาผสมกับน้ำประปา) เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลของเครื่องผสมคลุกเคล้าปลาและเกลือ เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวของหม้อต้มสำหรับการต้มน้ำกากปลาเก่า ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มในการดูดน้ำประปามาผสมทำน้ำกากปลาเก่า ไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนผสมน้ำกากปลาเก่า(กากปลาเก่าและน้ำประปา)/ไฟฟ้าการใช้ปั๊มในการสูบหัวน้ำปลาจากบ่อหมักโดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือไปบ่อพัก ส่วนสารขาออก ได้แก่กากปลาที่ได้จากการหมักซึ่งนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำปลาคุณภาพอื่นต่อไป (ซึ่งไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์)

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาลและไอโอดีน) ไฟฟ้าของการใช้เครื่องกวนในการผสมหัวน้ำปลากับวัตถุดิบส่วนผสม และการใช้ปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสมเพื่อปรุงแต่งรสน้ำปลา

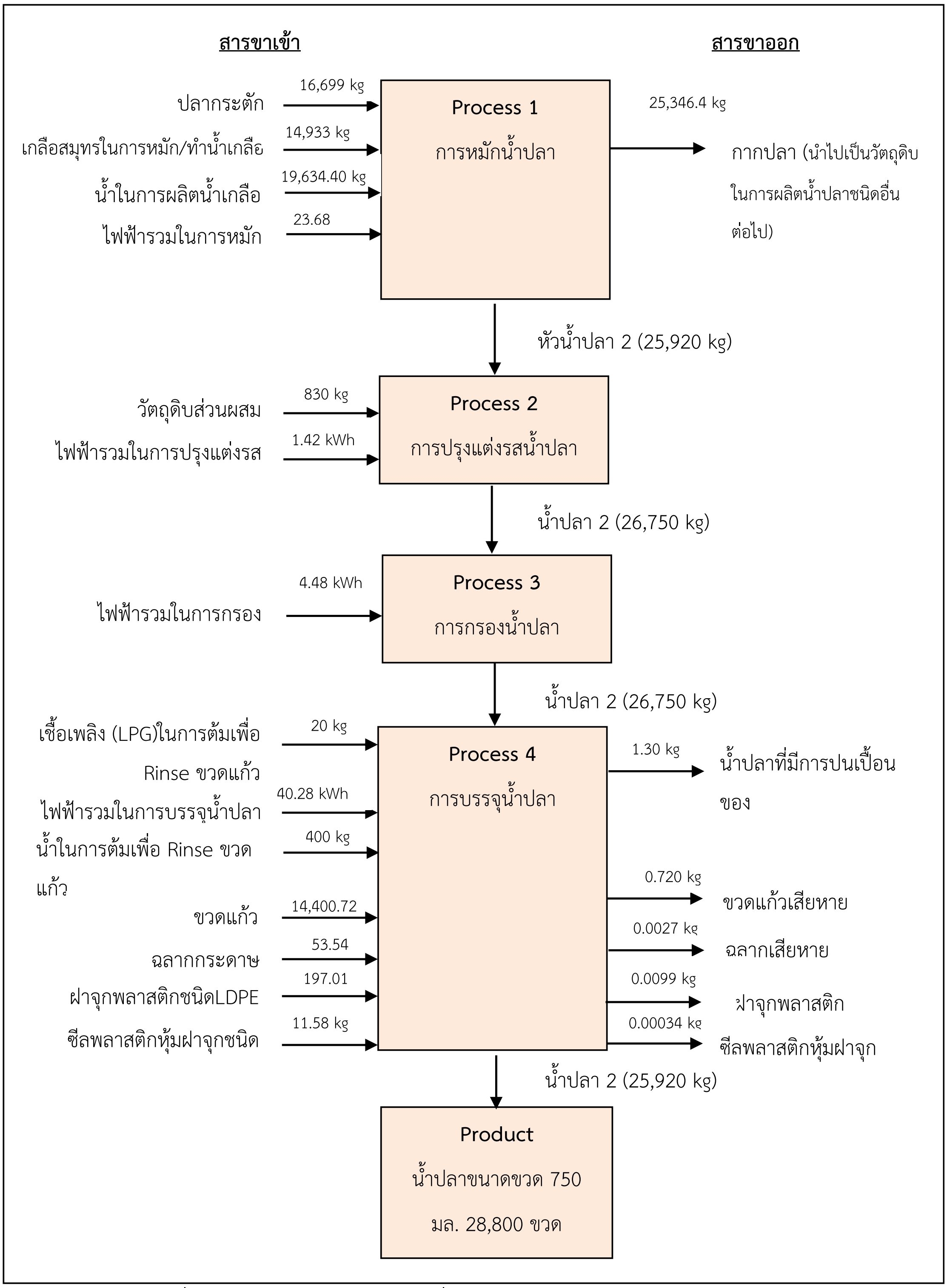
<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ไฟฟ้าของการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมเข้าถังบรรจุน้ำปลา และไฟฟ้าของเครื่องกรองน้ำปลาผ่านไส้กรองน้ำปลา

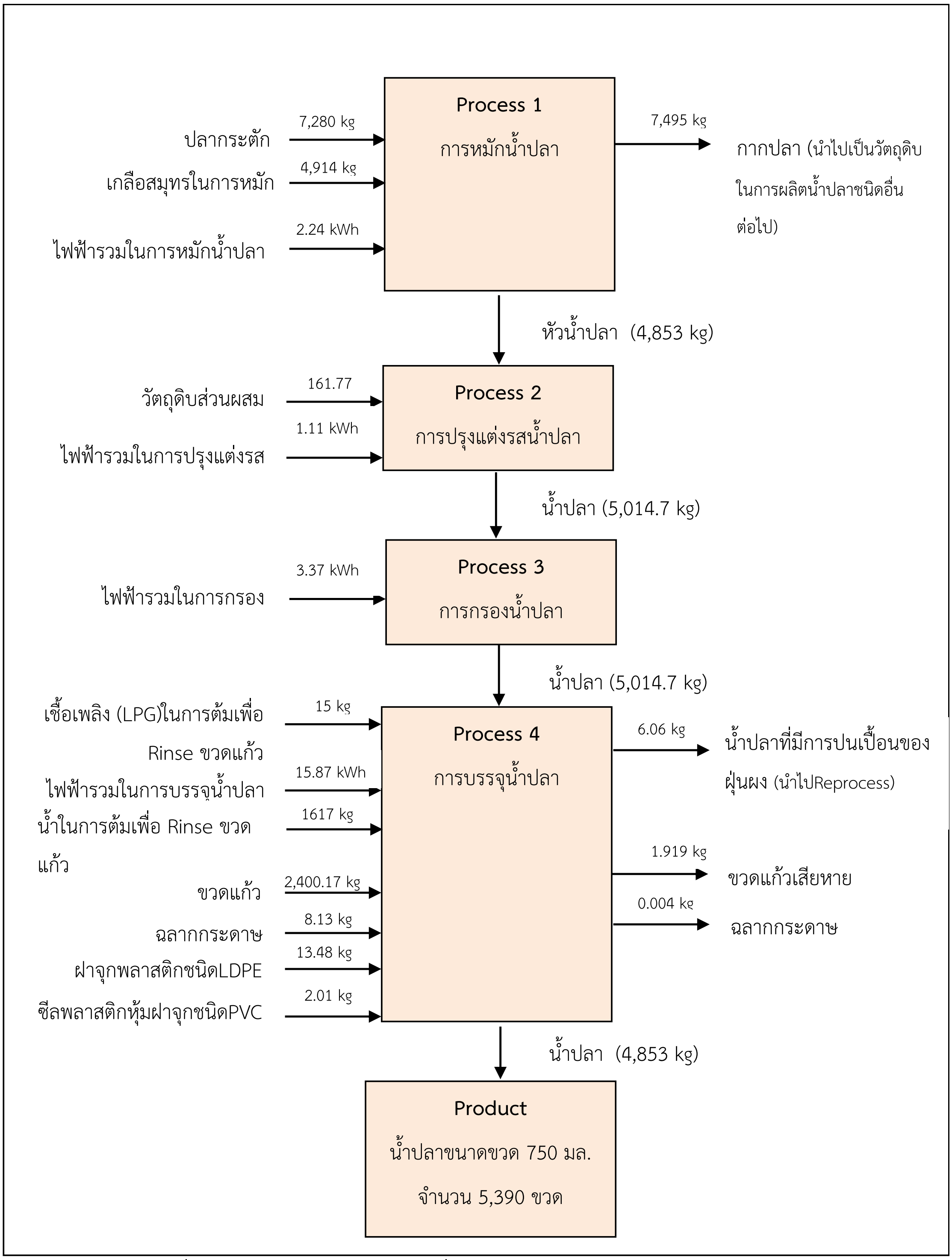
<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

สารขาเข้า ได้แก่ ขวดแก้วสำหรับการบรรจุน้ำปลา ฉลากกระดาษ ฝาจุกพลาสติกขวดน้ำปลาชนิด LDPE พลาสติกซีลหุ้มฝาจุกชนิดPVC ไฟฟ้าของเครื่องปั๊มลม/ไฟฟ้าของการใช้สายผ่านลำเลียงขวดแก้วที่นำไปบรรจุน้ำปลา/เครื่องบรรจุน้ำปลา/เครื่องปิดฝาจุก/เครื่องปิดซีลพลาสติกหุ้มฝาขวดน้ำปลา/เครื่องปิดฉลาก ส่วนสารขาออก ได้แก่ ของเสียที่เป็นส่วนของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นผง (นำไปReprocess จึงไม่นำมาพิจารณาในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์) และบรรจุภัณฑ์ขวดแก้วและฉลากและจุกพลาสติกที่ชำรุดเสียหาย

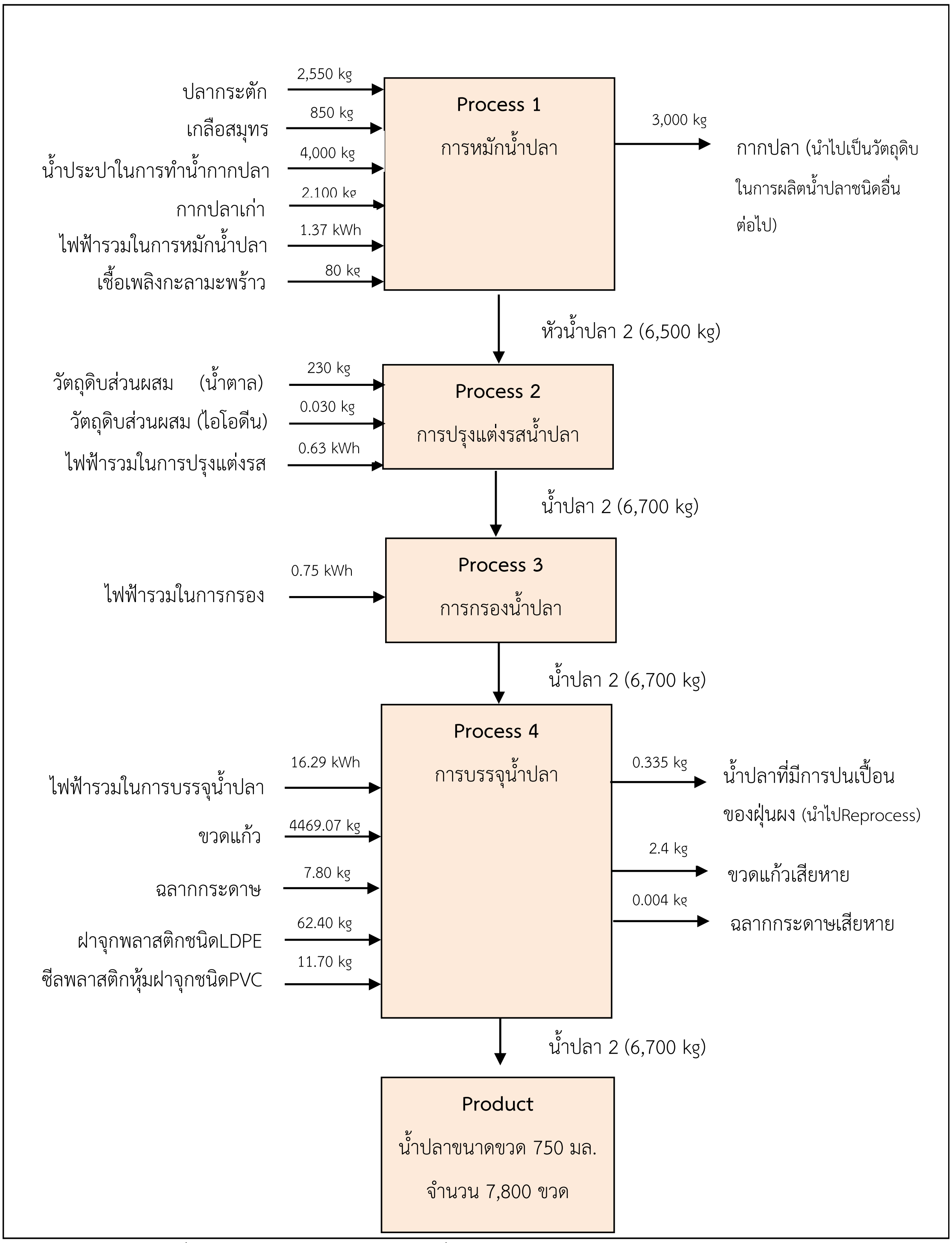
จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นสามารถนำมาจัดเป็นแผนผังแสดงบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลของสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาได้ ดังรูปที่ 7.6



รูปที่ 7. 4 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1



รูปที่ 7. 5 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า
และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 1 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2



รูปที่ 7. 6 แผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้า
และสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลาชนิดที่ได้จากหัวน้ำปลา 2 ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3

7.2.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

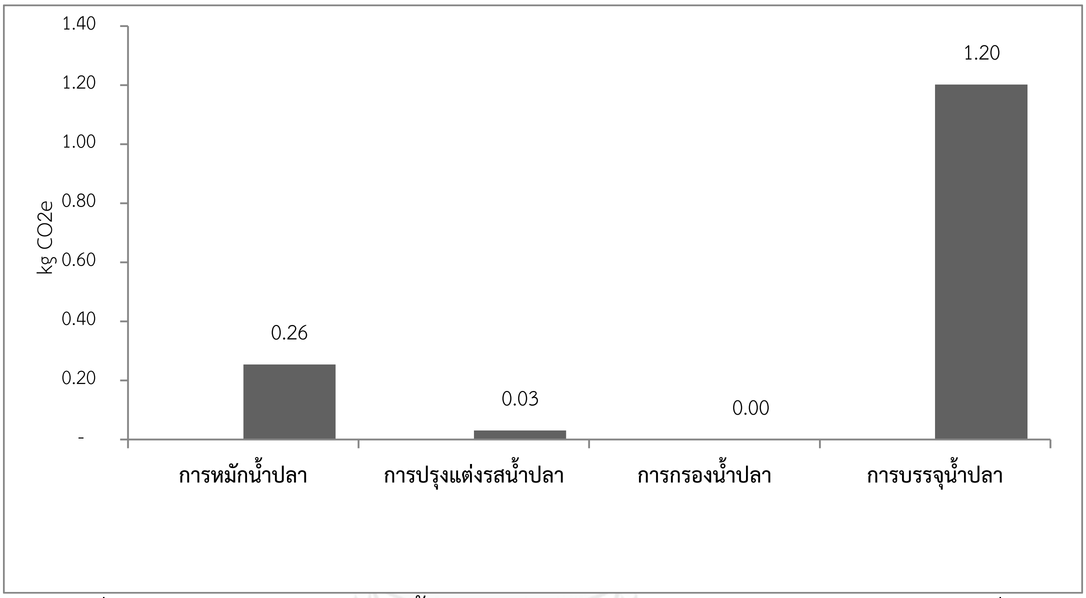
จากข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่รวบรวมได้ จะนำมาคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันเนื่องมาจากปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องกับระบบผลิตภัณฑ์ โดยใช้สมการคำนวณคือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อย เท่ากับ ปริมาณข้อมูลการผลิตและใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยหน้าที่การทำงานที่กำหนดขอบเขตไว้ x ค่าสัมประสิทธ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตและใช้ทรัพยากรนั้นๆ (CO_2Emission = Activity Data x Emission Factor) ซึ่งสามารถแสดงผลการคำนวณแยกตามขั้นตอนกระบวนการผลิต ดังตารางที่ 7.2 และข้อมูลในตารางที่จะใส่ลงไปนั้น สามารถอธิบายในแต่ละหัวข้อ (เรียงจากซ้ายไปขวา) ได้ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7. 1 คำอธิบายของข้อมูลที่จะใส่ลงไปในตารางแสดงการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์

หัวข้อ	คำอธิบาย
ชื่อกระบวนการผลิต	ระบุขั้นตอนกระบวนการผลิตต่างๆ ของการผลิตน้ำปลา
รายการ	ระบุชื่อที่ใช้สามารถบ่งชี้ถึงแหล่งข้อมูลที่ใช้ข้อมูลได้
หน่วย	ระบุหน่วยที่ใช้สอดคล้องกับค่า EF
ปริมาณ	ระบุปริมาณที่ใช้ตามแผนผังบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของปริมาณข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิตน้ำปลา
ปริมาณ/FU	ระบุปริมาณต่อหนึ่งหน่วยผลิตภัณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งในการศึกษานี้ FU หรือ Functional Unit คือ น้ำปลาขวดแก้ว 1 ขวดขนาด 750 มิลลิลิตร
ค่า EF	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
แหล่งอ้างอิง EF	ระบุแหล่งที่มาของ EF เช่น จากการรวบรวมข้อมูลและจัดทำขึ้นเอง, จากฐานข้อมูล LCI ของประเทศไทย เป็นต้น
ผลคูณ หรือ ปริมาณคาร์บอนฟุตพรินท์	แสดงผลคูณของปริมาณ/FU x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
สัดส่วน (%)	แสดงค่าสัดส่วนของรายการนั้นๆ ที่มีต่อวัฏจักรชีวิตนั้นๆ

7.2.3.1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1

ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนจะใช้สมการ : CO_2Emission = Activity Data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ตารางที่ 7.2 และสามารถแสดงอยู่ในรูปแผนภูมิแท่งแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 ดังรูปที่ 7.7 โดยวิธีการคำนวณของแต่ละรายการโดยละเอียดจะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง



รูปที่ 7. 7 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7. 2 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1

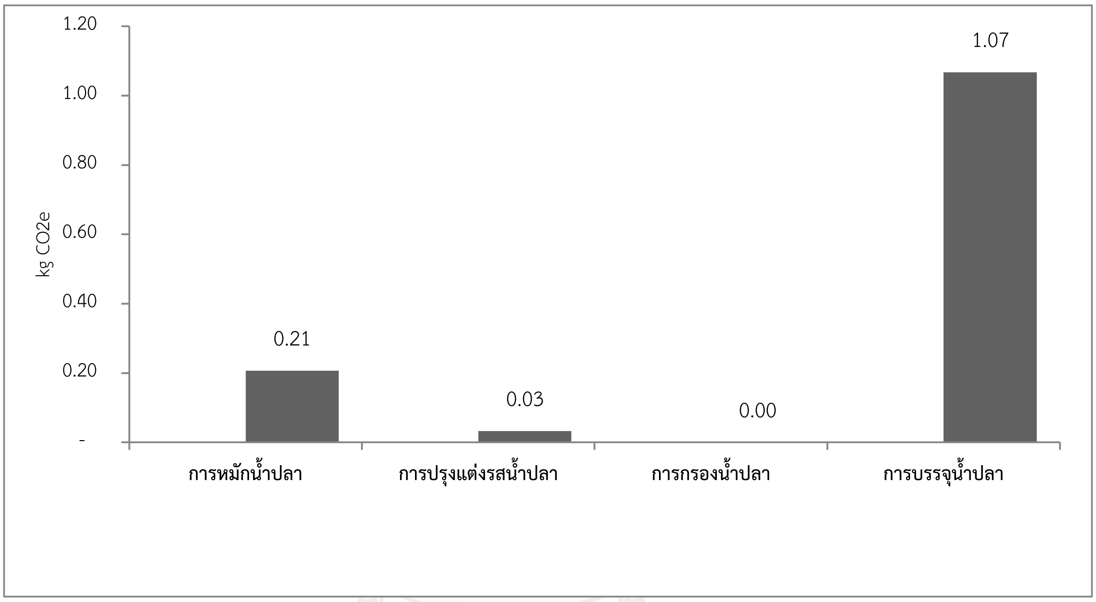
ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การหมักน้ำปลา	ปลากะตัก	kg	16699.00	0.5798	0.1493	Self Collect ด้วยการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงาน (คำนวณจากข้อมูลดิบ)	0.0866	34.00
	เกลือสมุทรในการหมัก/ทำน้ำเกลือ	kg	14933.00	0.5185	0.0056	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0029	1.14
	น้ำในการผลิตน้ำเกลือ (น้ำอ่อน)	kg	19634.40	0.6818	0.2416	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Convertd data from JEMAI Pro using Thai Electricity	0.1647	64.67
	ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา	kWh	23.68	0.0008	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0005	0.20
	กากปลา	kg	25346.40	0.8801	0.0000	ไม่คิด EF เพราะเอาไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์	0.0000	0.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการหมักน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.2547**	
การปรุงแต่งรสน้ำปลา	น้ำตาล	kg	830.00	0.0288	1.0800	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก วิทยา กันยา. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	0.0311	99.90
	ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา	kWh	1.42	0.00005	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.00003	0.10
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.0312**	
การกรองน้ำปลา	ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา	kWh	4.48	0.0002	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0001	100.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการกรองน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.0001**	

ตารางที่ 7.2 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 (ต่อ)

ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การบรรจุน้ำปลา	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง LPG	kg	20.00	0.0007	3.1100	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC	0.0022	0.18
	การได้มาของเชื้อเพลิง LPG	kg	20.00	0.0007	0.4122	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0003	0.02
	ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา	kWh	40.28	0.0014	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0009	0.07
	น้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว	kg	400.00	0.0139	0.0000	ไม่คิด EF เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำ	0.0000	0.00
	ขวดแก้ว	kg	14400.72	0.5000	0.7010	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.3505	29.16
	กระบวนการขึ้นรูปแก้ว (Stretch blow moulding)	kg	14400.72	0.5000	1.6483	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.8242	68.56
	ฉลากกระดาษ	kg	53.54	0.0019	0.7350	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.0014	0.11
	ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE	kg	197.01	0.0068	1.7257	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0118	0.98
	กระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก (Injection moulding)	kg	197.01	0.0068	1.4162	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0097	0.81
	ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC	kg	11.58	0.0004	2.4704	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0010	0.08
	กระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก (Extrusion, plastic film)	kg	11.58	0.0004	0.5751	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0002	0.02
	ขวดแก้วเสียหาย	kg	0.72	0.0000	0.0000	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 (ไม่ใช่ของเสียที่มีองค์ประกอบจากคาร์บอน)	0.0000	0.00
	ฉลากกระดาษเสียหาย	kg	0.003	0.0000	2.9300	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 vol.5 (ของเสียpaper,CFP)	0.0000	0.00
	ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE เสียหาย	kg	0.010	0.0000	2.3200	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 (ขยะอื่นๆที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ)	0.0000	0.00
	ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก PVC เสียหาย	kg	0.00034	0.0000	2.3200	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007 (ขยะอื่นๆที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ)	0.0000	0.00
	น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นฝง	kg	1.30	0.0000	0.0000	ไม่คิด EF เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำ	0.0000	0.00
					ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการบรรจุน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)		**1.2021**	
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมทั้งหมด (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**1.49**	

7.2.3.2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2

ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนจะใช้สมการ : CO_2Emission = Activity Data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ตารางที่ 7.3 และสามารถแสดงอยู่ในรูปแผนภูมิแท่งแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 ดังรูปที่ 7.8 โดยวิธีการคำนวณของแต่ละรายการโดยละเอียด จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง



รูปที่ 7. 8 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 7. 3 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2

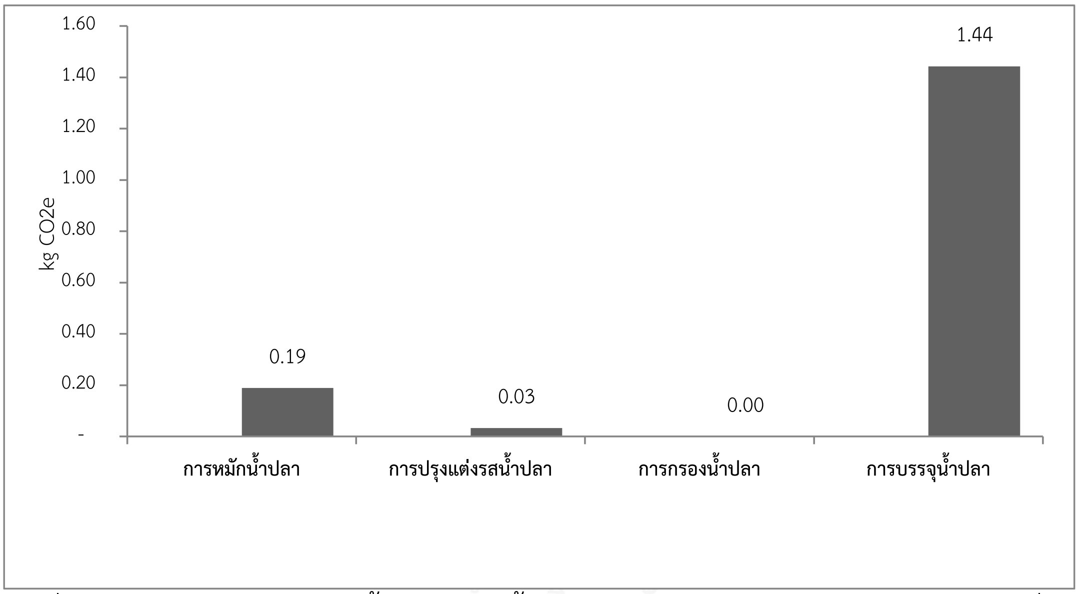
ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การหมักน้ำปลา	ปลากะตัก	kg	7280.00	1.3501	0.1493	Self Collect ด้วยการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงาน (คำนวณจากข้อมูลดิบ)	0.2016	97.41
	เกลือสมุทรในการหมัก	kg	4914.00	0.9113	0.0056	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0051	2.47
	ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา	kWh	2.24	0.0004	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0003	0.12
	กากปลา	kg	7495.00	1.3900	0.0000	ไม่คิด EF เพราะเอาไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์	0.0000	0.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการหมักน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.2069**	
การปรุงแต่งรสน้ำปลา	น้ำตาล	kg	161.77	0.0300	1.0800	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก วิทยา กันยา. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	0.0324	99.61
	ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา	kWh	1.11	0.0002	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.00013	0.39
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.0325**	
การกรองน้ำปลา	ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา	kWh	3.37	0.0001	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.00007	100.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการกรองน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**0.00007**	

ตารางที่ 7.3 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 (ต่อ)

ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การบรรจุน้ำปลา	การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง LPG	kg	15.00	0.0028	3.1100	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC	0.0087	0.81
	การได้มาของเชื้อเพลิง LPG	kg	15.00	0.0028	0.4122	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0011	0.11
	น้ำประปาในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว	kg	1617.00	0.2999	0.0000	ไม่คิด EF เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำ	0.0000	0.00
	ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา	kWh	15.87	0.0029	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0018	0.17
	ขวดแก้ว	kg	2400.47	0.4452	0.7010	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.3121	29.23
	กระบวนการขึ้นรูปแก้ว (Stretch blow moulding)	kg	2400.47	0.4452	1.6483	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.7338	68.74
	ฉลากกระดาษ	kg	8.13	0.0015	0.7350	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.0011	0.10
	ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE	kg	13.48	0.0025	1.7257	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0043	0.40
	กระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก (Injection moulding)	kg	13.48	0.0025	1.4162	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0035	0.33
	ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC	kg	2.01	0.0004	2.4704	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0009	0.09
	กระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก (Extrusion, plastic film)	kg	2.01	0.0004	0.5751	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0002	0.02
	ขวดแก้วเสียหาย	kg	1.92	0.0004	0.0000	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 (ไม่ใช่ของเสียที่มีองค์ประกอบจากคาร์บ	0.0000	0.00
	ฉลากกระดาษเสียหาย	kg	0.004	0.0000	2.9300	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 vol.5 (ของเสียpaper,CFP)	0.0000	0.00
	ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE เสียหาย	kg	0.000	0.0000	2.3200	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006	0.0000	0.00
	ซีนพลาสติกหุ้มฝาจุก PVC เสียหาย	kg	0	0.0000	2.3200	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.0000	0.00
	น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นฝง	kg	6.06	0.0011	0.0000	ไม่คิด EF เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำ	0.0000	0.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการบรรจุน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**1.0675**	
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมทั้งหมด (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**1.31**	

7.2.3.3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3

ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 โดยการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนจะใช้สมการ : CO_2Emission = Activity Data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ซึ่งสามารถแสดงผลได้ตารางที่ 7.4 และสามารถแสดงอยู่ในรูปแผนภูมิแท่งแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 ดังรูปที่ 7.9 โดยวิธีการคำนวณของแต่ละรายการโดยละเอียด จะแสดงอยู่ในภาคผนวก ง



รูปที่ 7. 9 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละขั้นตอนกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7. 4 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3

ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การหมักน้ำปลา	ปลากะตัก	kg	2550.00	0.3425	0.1493	Self Collect ด้วยการสัมภาษณ์ผู้จัดการโรงงาน (คำนวณจากข้อมูลดิบ)	0.0512	27.04
	เกลือสมุทรในการหมัก	kg	850.00	0.1142	0.0056	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0006	0.34
	กากปลาเก่า	kg	2100.00	0.2821	0.0000	ไม่คิด EF เพราะได้มาจากwasteของกระบวนการอื่น	0.0000	0.00
	น้ำประปาสำหรับผสมทำน้ำกากปลาเก่า	kg	4000.00	0.5373	0.2416	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Convertd data from JEMAI Pro using Thai Electricity Grid	0.1298	68.62
	การได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว สำหรับการต้มทำน้ำกากปลาเก่า	kg	80.00	0.0107	0.0000	ไม่คิด EF เพราะได้มาจากwasteของกระบวนการอื่น	0.0000	0.00
	การเผาไหม้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าว สำหรับการต้มทำน้ำกากปลาเก่า	kg	80.00	0.0107	0.6930	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC	0.0074	3.94
	ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา	kWh	1.37	0.0002	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0001	0.06
	กากปลา	kg	3000.00	0.4030	0.0000	ไม่คิด EF เพราะเอาไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์	0.0000	0.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการหมักน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	0.1892	
การปรุงแต่งรสน้ำปลา	น้ำตาล	kg	230.00	0.0309	1.0800	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก วิทยา กันยา. 2551. การประเมินวัฏจักรชีวิตของกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายแดง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	0.0334	99.85
	ไอโอดีน (เกลือทะเล)	kg	0.03	0.0000	0.0056	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0000	0.00
	ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา	kWh	0.63	0.0001	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0001	0.15
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	0.0334	
การกรองน้ำปลา	ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา	kWh	0.75	0.0001	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0001	100.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการกรองน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	0.0001	

ตารางที่ 7.4 ผลการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์แยกตามกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 (ต่อ)

ชื่อกระบวนการผลิต	รายการ	ข้อมูลปริมาณสารขาเข้า/สารขาออก			ค่า EF (kgCO2 eq./หน่วย)	แหล่งอ้างอิง EF	ผลคูณ	สัดส่วน (%)
		หน่วย	ปริมาณ	ปริมาณ/FU				
การบรรจุน้ำปลา	ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา	kWh	16.29	0.0022	0.6093	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0013	0.09
	ขวดแก้ว	kg	4469.07	0.6003	0.7010	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.4208	29.15
	กระบวนการขึ้นรูปแก้ว (Stretch blow moulding)	kg	4469.07	0.6003	1.6483	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.9895	68.55
	ฉลากกระดาษ	kg	7.804	0.0010	0.7350	โปรแกรม SIMAPRO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2007	0.0008	0.05
	ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE	kg	62.40	0.0084	1.7257	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0145	1.00
	กระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก (Injection moulding)	kg	62.40	0.0084	1.4162	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0119	0.82
	ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC	kg	11.70	0.0016	2.4704	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Thai national database	0.0039	0.27
	กระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก (Extrusion, plastic film)	kg	11.70	0.0016	0.5751	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก Ecoinvent 2.2, IPCC GWP 100a	0.0009	0.06
	ขวดแก้วเสียหาย	kg	2.40	0.0003	0.0000	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 (ไม่ใช่ของเสียที่มีองค์ประกอบจากคาร์บ	0.0000	0.00
	ฉลากกระดาษเสียหาย	kg	0.004	0.0000	2.9300	แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร TGO ที่อ้างอิงจาก IPCC 2006 vol.5(ของเสียpaper,CFP)	0.0000	0.00
	น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง	kg	0.34	0.0000	0.0000	ไม่คิด EF เพราะเอาไปReprocess เพื่อทำน้ำปลาคุณภาพชั้นอื่น	0.0000	0.00
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการบรรจุน้ำปลา (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	**1.4436**	
						ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมทั้งหมด (kgCO2 eq./น้ำปลาขนาด 750 มล. 1 ขวด)	1.67	

ดังนั้นจากข้อมูลการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถนำมาสรุปเป็นภาพรวมเพื่อให้เห็นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละโรงงานกรณีศึกษา ได้ดังตารางที่ 7.5 ซึ่งผลที่แสดงในตารางดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิต ของทั้ง 3 โรงงานกรณีศึกษามีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน

ตารางที่ 7. 5 ผลรวมการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละโรงงานกรณีศึกษาน้ำปลา

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO2eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 มล.)	โรงงาน 1	โรงงาน 2	โรงงาน 3
ขั้นตอนการหมักน้ำปลา			
1. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ			
1.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ปลากะตัก	0.0866	0.2016	0.0512
1.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้เกลือสมุทรในการหมัก/ทำน้ำเกลือ	0.0029	0.0051	0.0006
1.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้กากปลาเก่า	-	-	0.0000*
* คือขั้นตอนนี้ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้กากปลาเก่า เนื่องจากกากปลาเก่าที่นำมาใช้นี้เป็นกากของเสียของกระบวนการอื่น และ - คือไม่มีขั้นตอนนี้			
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ			
2.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำในการผลิตน้ำเกลือ	0.1647	-	0.1298
3. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า			
3.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการหมักน้ำปลา	0.0005	0.0003	0.0001
4. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวสำหรับการต้มทำน้ำกากปลาเก่า			
4.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว	-	-	0.0000*
* คือไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว เพราะมาจากของเสียกระบวนการอื่น และ - คือไม่มีขั้นตอนนี้			
4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าว	-	-	0.0074
4. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย			
ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสียที่เป็นกากปลา เนื่องจากมีการนำไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์	0.0000	0.0000	0.0000
ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการหมักน้ำปลา	0.26	0.21	0.19
ขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา			
1. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ			
1.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้น้ำตาล	0.0311	0.0324	0.0334
1.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ไอโอดีน (เกลือทะเล)	-	-	0.0000
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า			
2.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา	0.00003	0.00013	0.0001
ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา	0.03	0.03	0.03

ตารางที่ 7.5 ผลรวมการคำนวณปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแต่ละโรงงานกรณีศึกษาน้ำปลา (ต่อ)

ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kgCO2eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 มล.)	โรงงาน 1	โรงงาน 2	โรงงาน 3
กระบวนการกรองน้ำปลา			
1. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า			
1.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกรองน้ำปลา	0.0001	0.00007	0.0001
ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการกรองน้ำปลา	0.0001	0.00007	0.0001
กระบวนการบรรจุน้ำปลา			
1. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิง			
1.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง LPG	0.0022	0.0087	-
1.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิง LPG	0.0003	0.0011	-
2. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า			
2.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบรรจุน้ำปลา	0.0009	0.0018	0.0013
3. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ			
ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว เพราะมีการหมุนเวียนน้ำนำกลับไปใช้ซ้ำ	0.0000	0.0000	
4. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบ			
4.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ขวดแก้ว	1.1747	1.1459	1.4103
4.1.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้ว	0.3505	0.3121	0.4208
4.1.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว	0.8242	0.7338	0.9895
4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฉลากกระดาษ	0.0014	0.0011	0.0008
4.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฝาจุกพลาสติก	0.0215	0.0078	0.0249
4.3.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE	0.0118	0.0043	0.0145
4.3.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก	0.0097	0.0035	0.0119
4.4 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก	0.0012	0.0011	0.0048
4.4.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC	0.0010	0.0009	0.0039
4.4.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝา	0.0002	0.0002	0.0009
5. การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย			
5.1 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้วเสียหาย	0.0000	0.0000	0.0000
5.2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฉลากกระดาษเสียหาย	0.00000029	0.000002	0.0000
5.3 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกเสียหาย	0.00000081	-	-
5.4 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกเสียหาย	0.000000003	-	-
5.5 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง ขั้นตอนนี้ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง เนื่องจากมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำใหม่โดยการ Reprocess	0.0000	0.0000	0.0000
ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการบรรจุน้ำปลา	1.20	1.07	1.44
รวม	1.49	1.31	1.67

7.3 บทสรุปการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์

เพื่อเป็นการสร้างความเชื่อมั่นของผลการศึกษาการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา สำหรับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น จึงนำผลลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของการตัดสินใจที่ได้ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์น้ำปลาในโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา 3 แห่ง ซึ่งคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการคำนวณผลรวมปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมในกระบวนการผลิตโดยคำนวณผลรวมออกมาในรูปของค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งผลการประเมินดังกล่าวจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จากการศึกษาพบว่ากระบวนการบรรจุน้ำปลาของทั้ง 3 โรงงานที่เลือกมาเป็นกรณีศึกษาเป็นกระบวนการผลิตที่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาคือกระบวนการหมักน้ำปลา กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา และกระบวนการกรองน้ำปลา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาเฉพาะข้อมูลเชิงปริมาณของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์พบว่า ควรมีการคัดเลือกกระบวนการบรรจุน้ำปลา สำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับแรก รองลงมาคือกระบวนการหมักน้ำปลา กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา และกระบวนการกรองน้ำปลา ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของผลิตภัณฑ์น้ำปลาของโรงงานน้ำปลากรณีศึกษา 3 แห่ง มีความสอดคล้องกันอย่างชัดเจนในลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 ของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นที่แสดงในบทที่ 6 แต่มีความแตกต่างกันในลำดับที่ 3 และลำดับที่ 4 ของผลการเปรียบเทียบ เนื่องจากการคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่จะคัดเลือกกระบวนการผลิตจากลำดับปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากไปน้อย โดยยังไม่ได้คำนึงถึงแนวทางหรือความเป็นไปได้ในการปรับปรุง ซึ่งพบว่าในกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้วัตถุดิบประมาณร้อยละ 99 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลินี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 1 มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงทำให้กระบวนการนี้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการกรองน้ำปลา แต่การคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นวิธีที่ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจโดยคำนึงถึงแนวทางทางหรือความเป็นไปได้ในการปรับปรุง ดังนั้นการลดผลกระทบภาพรวมจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดย

มุ่งเน้นให้ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงในกระบวนการกรองน้ำปลาจึงมีความเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการผลิตมากกว่ากระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

นอกจากนี้การตัดสินใจด้วยวิธีประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ จะคัดเลือกกระบวนการผลิตโดยพิจารณาข้อมูลเชิงปริมาณของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากสารขาเข้าและสารขาออกที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิต ซึ่งพบว่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประเภทบรรจุภัณฑ์ที่เป็นขวดแก้วในกระบวนการบรรจุน้ำปลา เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกระบวนการนี้มีค่ามากกว่ากระบวนการผลิตอื่น เนื่องจากในการศึกษานี้เป็นการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ตั้งสมมติฐานว่า การได้มาของขวดแก้วในโรงงานกรณีศึกษาเป็นการใช้ขวดแก้วบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตใหม่ 100 % โดยไม่ได้มีการใช้ขวดแก้วบรรจุภัณฑ์ที่ได้มาจากการรีไซเคิลหรือนำกลับมาใช้ซ้ำ ในการหลอมขวดแก้วใหม่จะใช้พลังงานเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากถึง 75% ของพลังงานรวม (กระทรวงพลังงาน 2558) ซึ่งมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นด้วย แต่การรีไซเคิลแก้วหรือเศษแก้วเป็นการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ ลดความสิ้นเปลืองในการใช้วัตถุดิบและสารเคมีต่างๆ อีกทั้งเศษแก้วที่นำมาหลอมเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่จะช่วยประหยัดพลังงานในการหลอมแก้วได้ถึง 3% (บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน) 2558) และเป็นการลดการกำจัดปริมาณมูลฝอยอีกด้วย แต่ปัจจัยนี้เป็นค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขั้นตอนที่อยู่ในส่วนของการได้มาของวัตถุดิบที่เป็นการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม แต่หากพิจารณาเฉพาะค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงในกระบวนการนี้จะพบว่า การใช้ไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีปริมาณสูง ดังนั้นแนวทางในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจึงมุ่งเน้นไปที่เรื่องของการได้มาของวัตถุดิบและใช้พลังงานลดลง ซึ่งน่าจะเป็นประเด็นที่นำมาใช้ปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เหมาะสมต่อไป ในขณะที่การตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจะคัดเลือกจากข้อมูลเชิงคุณภาพที่พิจารณาจากความเป็นไปได้ถึงการหาวิธีการหรือแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อย่างไรก็ตามก็จะได้คำตอบที่สอดคล้องกัน คือกระบวนการบรรจุน้ำปลาควรได้รับการคัดเลือกเป็นอันดับแรก แม้ว่าโดยทั่วไปจะคิดว่ากระบวนการหมักน้ำปลาเป็นกระบวนการที่น่าจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซมีเทน เป็นจำนวนมาก แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบวนการดังกล่าวเป็นการใช้เกลือควบคุมจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ ควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดการเน่าเสียของปลา และป้องกันการเกิดสารฮิสทามีน ซึ่งการหมักทิ้งไว้นานๆ เนื้อปลาจะถูกย่อยได้เป็นกรดอมิโนที่ละลายอยู่ในของเหลวที่ออสโมซิสมาจากตัวปลา ทำให้น้ำปลามีสารอาหารที่เป็นประโยชน์และง่ายต่อการนำไปใช้งานของร่างกาย

บทที่ 8

การสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

จากการศึกษาการสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process : AHP) ผู้วิจัยได้ค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยศึกษาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันว่าปัจจัยที่เสนอนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงใช้แบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของปัจจัยในการตัดสินใจที่ได้กำหนดขึ้น ซึ่งให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกที่อย่างน้อย 4 ปีจำนวน 7 ท่าน ตอบแบบสอบถามดังกล่าว จากผลการศึกษาสามารถสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบ่งได้เป็น 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่ 1) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต 2) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด 3) กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน และ4) กลุ่มปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ และภายใต้ปัจจัยหลักดังกล่าวสามารถแบ่งได้อีก 10 ปัจจัยรองเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise comparison) สำหรับการประเมินหาลำดับความสำคัญตามหลักการวิเคราะห์ด้วยวิธี AHP

และจากการทดสอบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ในบทที่ 6 และผลการเปรียบเทียบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น กับการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในบทที่ 7 พบว่าข้อสรุปของผลลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกัน

ดังนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาของบทที่ 5 บทที่ 6 และบทที่ 7 มาสร้างเป็นแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 8.1

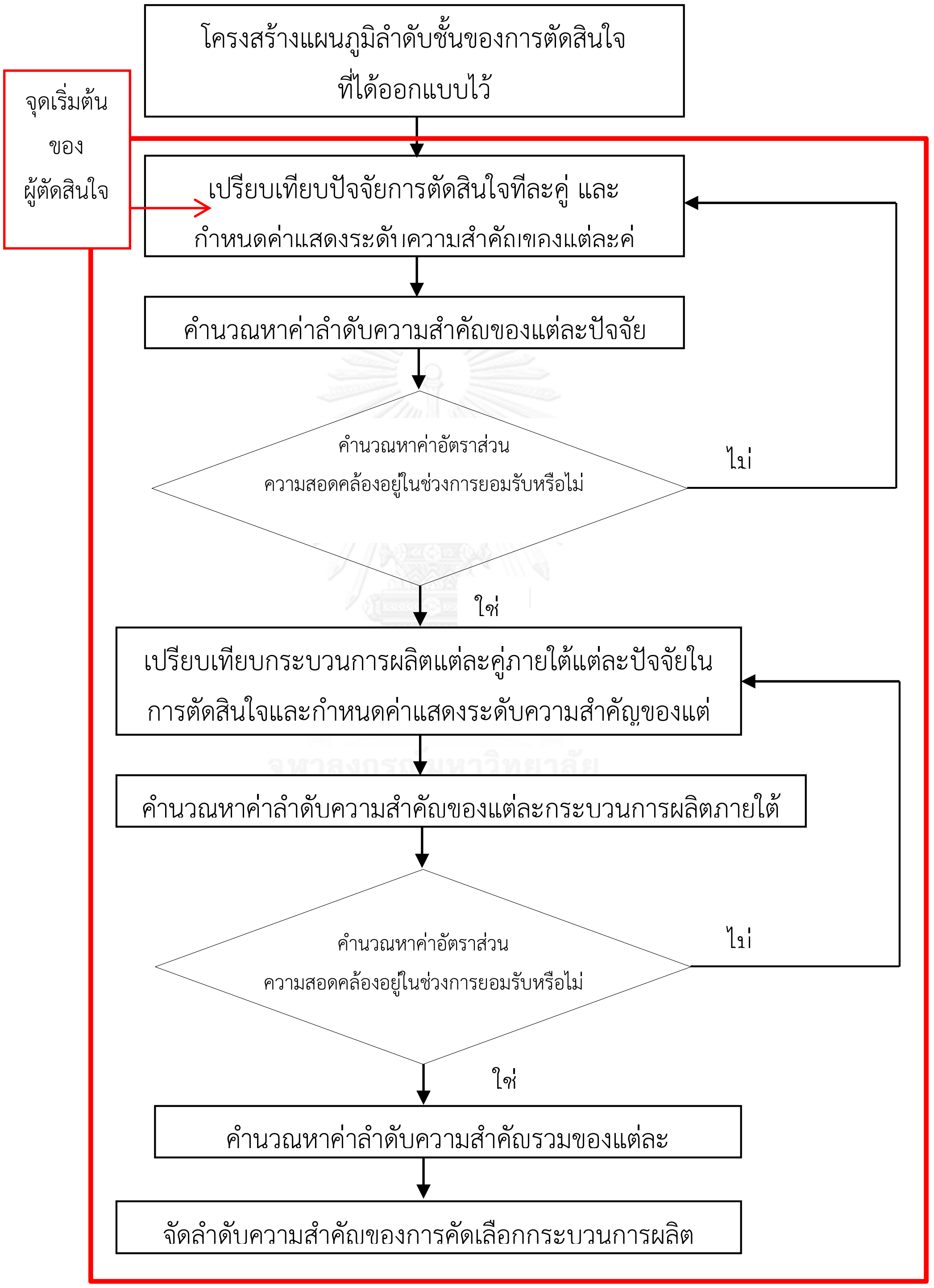
หัวข้อ	**ขั้นตอนและวิธีการ**
บทที่ 5	การค้นหาปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
	↓
บทที่ 6,7	การหาผลลัพธ์การตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน
	↓
บทที่ 8	แนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 8. 1 ขั้นตอนการดำเนินงานสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

8.1 ภาพรวมของการนำแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยวิธี AHP ไปประยุกต์ใช้

ขั้นตอนการนำแนวทางการตัดสินใจดังกล่าวที่ได้ออกแบบไว้ไปประยุกต์ใช้ สามารถแสดงดังรูปที่ 8.2

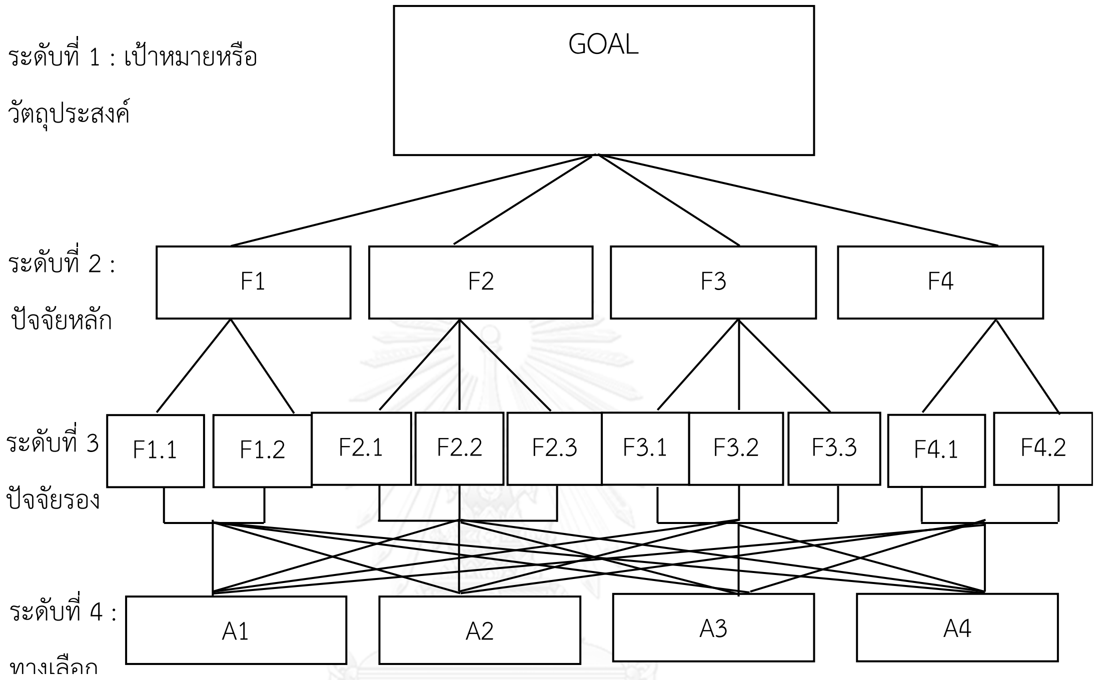


รูปที่ 8. 2 ขั้นตอนการนำแนวทางการตัดสินใจที่ได้ออกแบบไว้ไปประยุกต์ใช้

จากรูปที่ 8.2 สามารถอธิบายรายละเอียดของขั้นตอนการนำแนวทางการตัดสินใจที่ได้ออกแบบไว้ไปประยุกต์ใช้ดังนี้

1) โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจที่ได้ออกแบบไว้

จากการศึกษาโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจนี้ ได้ออกแบบไว้ดังรูปที่ 8.3



รูปที่ 8. 3 โครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 8.3 สัญลักษณ์ของระดับที่ 1 เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่จะตัดสินใจ (GOAL) คือต้องการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่วนสัญลักษณ์ของระดับที่ 2 คือปัจจัยหลัก, ระดับที่ 3 คือปัจจัยรอง และระดับที่ 4 คือทางเลือกซึ่งในการศึกษานี้คือกระบวนการผลิต จะแสดงรายละเอียดได้ในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8. 1 คำอธิบายของสัญลักษณ์ต่างๆ ที่แสดงในโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ

ระดับที่	ระดับชั้น	สัญลักษณ์	ความหมาย
2	ปัจจัยหลัก	F1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต
		F2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือ เพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
		F3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน
		F4	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
3	ปัจจัยรอง	F1.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์
		F1.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง
		F2.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือ เพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า
		F2.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือ เพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน
		F2.3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือ เพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ
		F3.1	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า
		F3.2	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน
		F3.3	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ
		F4.1	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่
		F4.2	ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/ หรือนำกลับมาใช้ใหม่
4	ทางเลือก	A1	ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา
		A2	ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา
		A3	ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา
		A4	ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) เปรียบเทียบปัจจัยในการตัดสินใจเป็นคู่ และกำหนดค่าระดับความสำคัญของแต่ละคู่เปรียบเทียบ

ขั้นตอนนี้เป็นจุดเริ่มต้นของผู้ตัดสินใจที่จะนำแนวทางนี้ไปใช้ โดยเป็นการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยเป็นคู่ และกำหนดค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบทีละคู่นั้น โดยใช้แบบสอบถามที่ได้ออกแบบไว้ดังภาคผนวก ข โดยการให้คะแนนของผู้ตัดสินใจจะต้องทำการกำหนดค่าระดับความสำคัญด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 9 ระหว่างปัจจัยที่ถูกเปรียบเทียบทั้งสองตามที่ได้อธิบายความหมายไว้ในแบบสอบถาม

3) คำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละปัจจัย

เมื่อผู้ตัดสินใจได้กำหนดคะแนนค่าระดับความสำคัญของการตัดสินใจเป็นคู่ครบทุกปัจจัยแล้วในแบบสอบถาม จากนั้นจะนำคะแนนที่ได้เปรียบเทียบเป็นคู่ดังกล่าวมาคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญและคำนวณหาค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของการตัดสินใจว่าอยู่ในช่วงการยอมรับหรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

3.1) นำคะแนนที่ได้จากการกำหนดน้ำหนักในส่วนของกลุ่มปัจจัยหลัก มาใส่ข้อมูลลงในตารางที่ได้ออกแบบไว้ดังตารางที่ 8.2 ซึ่งตารางนี้ผู้ตัดสินใจจะนำไปสร้างโดยใช้ Microsoft Excel หรือคำนวณด้วยตัวเองก็ได้

ตารางที่ 8.2 เมตริกซ์การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก

การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	1.00			
F2		1.00		
F3			1.00	
F4				1.00
ผลรวมแนวตั้ง				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 8.3 การใส่ข้อมูลคะแนนลงในเมตริกซ์การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก

การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	1.00	1/2=0.5		
F2	1/(1/2)=2	1.00	5.00	
F3	1/(F1-F3)	1/5.00	1.00	
F4	1/(F1-F4)	1/(F2-F4)	1/(F3-F4)	1.00
ผลรวมแนวตั้ง				

ถ้าเป็นการตัดสินใจรายบุคคล การใส่ข้อมูลลงในตารางที่ 8.3 จะมีลักษณะดังตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) กับปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) หากผู้ตัดสินใจเห็นว่า ปัจจัย F1 มีความสำคัญน้อยกว่า F2 ในระดับกึ่งกลางระหว่างเท่าๆกันกับปานกลาง (ความสำคัญเท่ากับ 2) จะลงตัวเลขแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 1/2 หรือ 0.5 ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F2 กับปัจจัย F1 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่าเท่ากับ 1/(F1-F2) หรือ 1/(1/2) หรือ 2.00 แต่ถ้ากรณีการเปรียบเทียบกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2) กับปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3) หากผู้ตัดสินใจเห็นว่าปัจจัย F2 มีความสำคัญมากกว่า F3 ในระดับค่อนข้างมาก (ความสำคัญเท่ากับ 5) จะลงตัวเลขแทนระดับความสำคัญเท่ากับ 5 ลงไปเลย ในขณะที่ช่องการเปรียบเทียบปัจจัย F3 กับ ปัจจัย F2 จะมีค่าเป็นส่วนกลับกัน คือมีค่าเท่ากับ 1/(F2-F3) หรือ 1/(5) หรือ 0.2 ที่แสดงตัวอย่างตามตารางที่ 8.3 และเมื่อทำการใส่ข้อมูลลงในช่องว่างทุกช่องแล้วให้ทำการรวมคะแนนแต่ละคอลัมน์ในช่องผลรวมแนวตั้ง

ถ้าเป็นการตัดสินใจรายกลุ่ม เพื่อเป็นการหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญที่เป็นตัวเลขเดียวจากการตัดสินใจของหลายบุคคล ซึ่งให้ค่าตัวเลขที่ต่างกันนั้น จะใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (G.M.) เป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจของกลุ่มบุคคลที่ทำการตอบแบบสอบถามการเปรียบเทียบคู่นี้ โดยใช้สูตรการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต คือ G.M. = $\sqrt[n]{X1X2\ldots Xn}$

เมื่อ G.M. คือค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean) และ X1,X2,...,Xn คือข้อมูลลำดับที่ 1,2,...,n เช่น มีผู้ตัดสินใจด้วยกันทั้งหมด 4 ท่าน มีการให้คะแนนเปรียบเทียบคู่ต่างกันดังตารางที่ 8.4 ดังนั้นเพื่อหาข้อสรุปของการให้น้ำหนักคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบคู่ที่จะใส่ข้อมูลลงไปในตารางที่ 8.4 จึงต้องทำการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตหรือค่า G.M. ซึ่งแสดงผลลัพธ์ดังตารางดังกล่าว

ตารางที่ 8. 4 การหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของการตัดสินใจรายกลุ่ม

การเปรียบเทียบคู่ระหว่างปัจจัยหลัก F1 กับ ปัจจัยหลัก F2				
คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**ค่า G.M.**
2.00	4.00	4.00	8.00	4.00

จากนั้นจึงจะนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (ค่า G.M.) ที่ได้ไปใส่ลงในแต่ละช่องของตารางเมตริกซ์การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก ซึ่งวิธีการใส่มีลักษณะเช่นเดียวกับการใส่ข้อมูลของการตัดสินใจรายบุคคล และมีวิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน

3.2) เมื่อใส่ข้อมูลครบทุกช่องในตารางที่ 8.5 ให้ทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ให้ผลรวมของแต่ละสดมภ์เท่ากับ 1 เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัย โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น เช่น ในตารางที่ 8.5 กลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) มีค่าผลรวมในแนวตั้งเท่ากับ 6.50 ดังนั้นจึงนำค่า 6.50 มาเป็นตัวหารค่าในแต่ละค่าของแถวในแนวตั้งนั้น กล่าวคือจะได้ค่า 1.00/6.50 = 0.15 เป็นต้น ซึ่งแสดงผล ดังตารางที่ 8.6

ตารางที่ 8.5 ตัวอย่างการใส่ค่าคะแนนที่ใส่ข้อมูลลงในตารางเมตริกซ์การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก

การกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	1.00	....	....	....
F2	2.00	1.00	....	....
F3	3.00	....	1.00	....
F4	0.50	....	....	1.00
ผลรวมแนวตั้ง	6.50	....	....	....

ตารางที่ 8.6 เมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยเพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย				
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**
F1	0.15	0.30	0.08	0.46
F2	0.30		....	....
F3	0.46	....		....
F4	0.08	....	....	
ผลรวมแนวตั้ง	1.0	1.0	1.0	1.0

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3) ทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอน มาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกลุ่มปัจจัยหลัก เช่น ค่าความสำคัญของกลุ่มปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) จะหาได้จาก [(0.15+0.30+0.08+0.46)/4] = 0.248 แสดงดังตารางที่ 8.7

ตารางที่ 8.7 ค่าเฉลี่ยของแต่ละแถวแนวนอน หรือค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยหลัก

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย						
กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**ผลรวมแนวนอน**	**ค่าลำดับความสำคัญ**
F1	0.15	0.30	0.08	0.46	0.99	0.248
F2	0.30	....	....	....	....	....
F3	0.46	....	....	....	....	....
F4	0.08	....	....	....	....	....

3.4) วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบปัจจัยหลักต่างๆเป็นคู่ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ การวิเคราะห์ความสอดคล้องวิธีการคำนวณก็คือการนำเอาผลรวมของลำดับความสำคัญ โดยรวมในแต่ละปัจจัย (ตารางที่ 8.7) มาคูณกับค่าในตารางการกำหนดน้ำหนักของกลุ่มปัจจัยหลัก (ตารางที่ 8.5) ซึ่งแสดงวิธีคิดได้ดังตารางที่ 8.8 จากนั้นหาผลรวมแนวนอนของแต่ละแถว

ตารางที่ 8.8 การหาผลคูณเพื่อหาความสอดคล้องการให้เหตุผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างปัจจัยหลัก

กลุ่มปัจจัย	**F1**	**F2**	**F3**	**F4**	**ผลรวมแนวนอน**
	0.248	....	.....	....	
F1	1.00x0.248	....	....	....	....
F2	2.00x0.248	....	....	.....	.....
F3	3.00x0.248	....	....	....	....
F4	0.5x0.248	...	....	....	....

เมื่อได้ผลรวมแนวนอนในแต่ละแถวแล้ว ก็นำผลรวมแนวนอนนั้นตั้งแล้วหารด้วยลำดับความสำคัญโดยรวมของปัจจัยในแถวแนวนอนนั้น และนำผลลัพธ์ที่ได้มาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนปัจจัยหลักทั้งหมดที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้เรียกว่าค่า λ_{max} เช่น ถ้าผลรวมแนวนอนของปัจจัย F1 เป็น A จะมีวิธีคำนวณคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

λ_{max} = [$\left(\frac{A}{0.248}\right) + \left(\frac{\dots}{\dots}\right) + \left(\frac{\dots}{\dots}\right) + \left(\frac{\dots}{\dots}\right)$] / 4

= ....

ตามทฤษฎีผลลัพธ์ λ_{max} ที่ได้จะเท่ากับจำนวนปัจจัยทั้งหมดที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (n) ซึ่งในการศึกษานี้คือควรเท่ากับ 4 จึงจะถือว่าการวินิจฉัยในปัจจัยนั้นมีความสอดคล้องกันอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้าการวินิจฉัยเริ่มไม่มีความสอดคล้องกัน ค่า λ_{max} นี้จะมีค่าสูงกว่าจำนวนปัจจัยที่นำมาเปรียบเทียบ จากนั้นจะนำค่า λ_{max} มาใช้ในการคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (C.I.) และอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) ซึ่งการคำนวณแสดงได้ตามสูตร C.I. = $\frac{\lambda max - n}{n-1}$

เมื่อ C.I. คือค่าดัชนีวัดความสอดคล้อง (Consistency Index), λ_{max} คือค่าไอเกนสูงสุด (Eigenvalue Max) ซึ่งใช้ชี้วัดระดับความสอดคล้อง, และ n คือจำนวนปัจจัยที่นำมาพิจารณา

เมื่อได้ค่า C.I. แล้ว จะนำมาหาอัตราส่วนความสอดคล้องกันของเหตุผล (C.R.) สามารถหาได้โดยการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างค่า CI ที่คำนวณจากตารางเมตริกซ์กับค่า RI ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างจากตาราง 2.4 ซึ่งการคำนวณหาค่า CR หาได้จากสูตร ดังนี้ C.R. = $\frac{C.I.}{R.I.}$

ซึ่งค่า RI ของการเปรียบเทียบจำนวนปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่นำมาพิจารณา ตรงกับค่า RI จากตารางที่ 2.4 คือ 0.9

สำหรับการวินิจฉัยที่มี 4 ปัจจัย ค่า C.R. นี้ควรมีค่า C.R. < 0.09 จึงจะอยู่ในเกณฑ์การยอมรับว่ามีความสอดคล้องสมเหตุสมผล แต่ถ้าถ้า C.R. ที่ได้ไม่อยู่ในช่วงเกณฑ์ที่กำหนด จะต้องกลับไปทำการพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยการตัดสินใจทีละคู่และกำหนดค่าระดับความสำคัญของแต่ละคู่เปรียบเทียบใหม่

ดังนั้นจากค่าลำดับความสำคัญที่ได้ทั้งหมดจากปัจจัยหลักที่ได้ในตารางที่ 8.7 จะทำให้ทราบลำดับของปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

<u>หมายเหตุ</u> การคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญ และวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) ของปัจจัยรองมีขั้นตอนเช่นเดียวกันกับการคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญ และวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) ของปัจจัยหลัก ซึ่งสามารถดูวิธีการคำนวณโดยละเอียดได้ในหัวข้อที่ 6.2.2.2 การวิเคราะห์น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองในบทที่ 6 ได้

4) นำค่าลำดับความสำคัญที่คำนวณได้จากปัจจัยหลักและปัจจัยรองมาสรุปใส่ตารางที่ออกแบบไว้ดังตารางที่ 8.9 จากนั้นนำข้อมูลในตารารางดังกล่าวนำมาหาค่าน้ำหนักเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยทั้งหมดที่ใช้ในการตัดสินใจนั้น โดยให้นำค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญของทุกๆปัจจัยรองภายใต้ปัจจัยหลักที่ได้นั้นมาคูณกับค่าน้ำหนักของปัจจัยหลัก เพื่อปรับค่าลำดับความสำคัญทั้งหมดของปัจจัยในการตัดสินใจให้รวมกันเท่ากับ 100% ซึ่งสามารถแสดงผลการคำนวณได้ดังตารางที่ 8.10 เช่นจากตารางที่ 8.9 ปัจจัยรองด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) ซึ่งมีค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.583 ที่อยู่ภายใต้ปัจจัยหลักด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1) ซึ่งมีค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.248 จากนั้นนำค่าน้ำหนักลำดับความสำคัญสองค่านี้คูณกัน คือ 0.583 คูณกับ 0.248 จะได้ค่าน้ำหนักเฉลี่ยของปัจจัยเท่ากับ 0.145 หรือร้อยละ 14.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8. 9 สรุปลำดับความสำคัญของกลุ่มปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

ปัจจัยหลัก / **ปัจจัยรอง**	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)
	0.248
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.583
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	....
	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)
	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	.....
	ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)
	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.3)	....
	ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)
	....
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	.....
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8. 10 ค่าน้ำหนักเฉลี่ยลำดับความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยรอง	กลุ่มปัจจัยหลัก ด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต (F1)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.145
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	....
	กลุ่มปัจจัยหลักด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (F2)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	.....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	.....
	กลุ่มปัจจัยหลัก ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน (F3)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	.....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.3)	.....
	กลุ่มปัจจัยหลักด้านการใช้ซ้ำ และ/หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (F4)
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์ กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	....
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำ กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	....

ดังนั้นจากค่าลำดับความสำคัญที่ได้ทั้งหมดในตารางข้างต้นนี้ จะทำให้ทราบลำดับของปัจจัยรองที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) เปรียบเทียบกระบวนการผลิตแต่ละคู่ภายใต้ปัจจัยรองทั้งหมดในการตัดสินใจ และกำหนดค่าระดับความสำคัญของแต่ละคู่เปรียบเทียบ

ขั้นตอนนี้เป็นการเปรียบเทียบความสำคัญของกระบวนการผลิตเป็นคู่ภายใต้ปัจจัย และกำหนดค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่นั้น โดยใช้แบบสอบถามที่ได้ออกแบบไว้ดังภาคผนวก ค โดยการให้คะแนนของผู้ตัดสินใจ จะต้องทำการกำหนดค่าระดับความสำคัญด้วยตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 9 ระหว่างกระบวนการผลิตที่ถูกเปรียบเทียบ ตามที่ได้อธิบายความหมายไว้ในแบบสอบถาม

6) คำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิต

เมื่อผู้ตัดสินใจได้กำหนดคะแนนค่าระดับความสำคัญของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองเป็นคู่ครบหมดแล้วในแบบสอบถาม จากนั้นจะนำคะแนนที่ได้เปรียบเทียบเป็นคู่ดังกล่าวมาคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญ ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

6.1) นำคะแนนที่ได้จากการกำหนดน้ำหนักในส่วนของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ มาใส่ข้อมูลลงในตารางที่ได้ออกแบบไว้ดังตารางที่ 8.11 ซึ่งตารางนี้ผู้ตัดสินใจจะนำไปสร้างโดยใช้ Microsoft Excel หรือคำนวณด้วยตัวเองก็ได้

ตารางที่ 8.11 ตัวอย่างเมตริกซ์การตัดสินใจของการกำหนดน้ำหนักของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรอง F1.1

การกำหนดน้ำหนักของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรอง F1.1				
ทางเลือก	**A1**	**A2**	**A3**	**A4**
A1	1.00	....	....	....
A2	....	1.00	....	....
A3	....	....	1.00	....
A4	....	....	....	1.00
ผลรวมแนวตั้ง	....	....	....	....

การใส่ข้อมูลลงในตารางที่ 8.11 ทั้งที่เป็นกรณีการตัดสินใจรายบุคคลและการตัดสินใจรายกลุ่มจะมีลักษณะการใส่ข้อมูลเช่นเดียวกันกับการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยหลักที่ได้เคยอธิบายไปแล้ว ดังนั้นการใส่ข้อมูลลงในตารางการกำหนดน้ำหนักของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองอื่นๆ จนครบทุกปัจจัยรองที่ใช้ในการตัดสินใจจะทำลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างนี้

6.2) เมื่อใส่ข้อมูลครบทุกช่องในตารางที่ 8.11 ให้ทำการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ให้ผลรวมของแต่ละสดมภ์เท่ากับ 1 และนำมาใส่ในตารางที่ 8.12 เพื่อคำนวณหาค่าลำดับความสำคัญของแต่กระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ ซึ่งการปรับค่าดังกล่าวทำได้โดยการนำเอาตัวเลขของผลรวมในแนวตั้งของแต่ละสดมภ์ ไปหารตัวเลขในแต่ละช่องของสดมภ์นั้น จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยของตัวเลขในแถวนอนแต่ละแถว โดยนำเอาผลรวมของตัวเลขทั้งหมดของแต่ละแถวในแนวนอนมาหารด้วยจำนวนข้อมูลตัวเลขในแต่ละแถวนอนนั้น เพื่อหาค่าลำดับความสำคัญของแต่ละกระบวนการผลิตเช่นเดียวกันกับตัวอย่างการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ของปัจจัยหลักดังตารางที่ 8.5 และตารางที่ 8.6

ดังนั้นการปรับค่าในตารางเมตริกซ์ของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองอื่นๆ จนครบทุกปัจจัยรองที่ใช้ในการตัดสินใจจะทำลักษณะเดียวกันกับตัวอย่างนี้ และจะนำค่าลำดับความสำคัญที่ได้ทั้งหมดของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ มาสรุปใส่ตารางที่ออกแบบไว้ ดังตารางที่ 8.13

ตารางที่ 8.12 ตัวอย่างตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ย เพื่อใช้หาค่าลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรอง F1.1

ตารางเมตริกซ์ของค่าเฉลี่ยของทางเลือกภายใต้ปัจจัยรอง F1.1						
ทางเลือก	A1	A2	A3	A4	ผลรวมแนวนอน	ค่าลำดับความสำคัญ
A1	....	....	....	....	....	....
A2	.....	....	....	....	....	....
A3	....	....	....	....	....	....
A4	....	....	....	....	....	....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.3) วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index: C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) เพื่อตรวจสอบการวิเคราะห์การให้เหตุผลของการเปรียบเทียบเป็นคู่ของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ ว่ามีความสอดคล้องกันหรือไม่ โดยการวิเคราะห์มีขั้นตอนเช่นเดียวกันกับการคำนวณหาค่าระดับความสำคัญ และวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index : C.I.) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio : C.R.) ของปัจจัยหลักและปัจจัยรอง

6.4) คำนวณหาค่าลำดับความสำคัญรวมของแต่ละกระบวนการผลิตดังแสดงในตารางที่ 8.14 ซึ่งมีขั้นตอนเริ่มจากทำการจัดกลุ่มลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ โดยใช้ตารางที่ 8.13 มาจัดให้อยู่ในแนวตั้งภายใต้ผลคูณของลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆที่ได้ในตาราง 8.10

จากนั้นนำค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยรองมาคูณกับค่าน้ำหนักของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองนั้น และสุดท้ายนำค่าน้ำหนักของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองทุกค่ามารวมกันจะได้ผลรวมแนวนอนหรือค่าน้ำหนักของกระบวนการผลิต ดังแสดงผลในตารางที่ 8.15 ซึ่งกระบวนการผลิตใดที่มีค่าผลรวมลำดับความสำคัญมากที่สุด ก็จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่นในตารางที่ 8.14 ค่าน้ำหนักของกระบวนการหมักน้ำปลา (A1) ที่มีค่าลำดับความสำคัญเท่ากับ 0.320 ภายใต้ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1) ที่มีค่าลำดับความสำคัญเฉลี่ยเท่ากับ 0.135 และเมื่อนำสองค่านี้มาคูณกันจะมีค่าเป็น 0.320 คูณกับ 0.135 ได้เท่ากับ 0.043 เป็นต้น

ตารางที่ 8. 13 สรุปผลการกำหนดน้ำหนักเฉลี่ยของกระบวนการผลิตภายใต้ปัจจัยรองต่างๆ

ทางเลือก / ปัจจัยรอง	ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ (F1.1)	0.320	0.194	0.144	0.342
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง (F1.2)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ไฟฟ้า (F2.1)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้ความร้อน (F2.2)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ หรือลดการใช้น้ำ (F2.3)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า (F3.1)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน (F3.2)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ (F3.2)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.1)	....	....	....	....
ปัจจัยด้านการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ (F4.2)	....	....	....	....

ตารางที่ 8.14 การจัดกลุ่มของลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตภายใต้ผลคูณของลำดับความสำคัญของปัจจัยรองต่างๆ

	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	F2.3	F3.1	F3.2	F3.3	F4.1	F4.2
	0.135	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	0.320	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	0.194	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	0.144	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)	0.342	....	....	....	....	....	....	....	....	....

ตารางที่ 8.15 ผลค่าลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิต ภายใต้ปัจจัยต่างๆ

	F1.1	F1.2	F2.1	F2.2	F2.3	F3.1	F3.2	F3.3	F4.1	F4.2	ผลรวมแนวนอน
ขั้นตอนกระบวนการหมักน้ำปลา (A1)	0.043	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการกรองน้ำปลา (A3)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....
ขั้นตอนกระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4)	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....

6.5) จัดลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

8.2 ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

เมื่อเปรียบเทียบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 8.16

ตารางที่ 8.16 การเปรียบเทียบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์

หัวข้อการเปรียบเทียบ	วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น	วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์
1. คุณสมบัติข้อมูล	ข้อมูลเชิงคุณภาพ	ข้อมูลเชิงปริมาณ
2. การวิเคราะห์	วิเคราะห์ผลการคัดเลือกกระบวนการผลิตจากประเด็นการให้ระดับคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ของปัจจัยและกระบวนการผลิตที่มีผลต่อการตัดสินใจในแบบสอบถามที่พิจารณาจากความเป็นไปได้หรือแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	วิเคราะห์ผลการคัดเลือกกระบวนการผลิตจากการคำนวณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปริมาณสารขาเข้าและสารขาออกในกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากโรงงาน
3. คุณภาพการวิเคราะห์	ความคลาดเคลื่อนของผลจะขึ้นกับความเชี่ยวชาญของผู้ตัดสินใจและการให้คะแนนระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียด และตรวจสอบความสอดคล้องของการให้เหตุผลในการเปรียบเทียบคู่	ความคลาดเคลื่อนของผลขึ้นกับการแสดงปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกในผลิตภัณฑ์ที่เราสนใจทำการประเมิน และการเลือกค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) ซึ่งมีวิธีแก้ไขคือการตรวจสอบที่มาของข้อมูล

ตารางที่ 8.17 การเปรียบเทียบการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นและวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ต่อ)

หัวข้อการเปรียบเทียบ	วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น	วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์
3. คุณภาพการวิเคราะห์ (ต่อ)		และเลือกใช้ค่า EF ที่เหมาะสม เนื่องจากวัตถุดิบมีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ติดตัวมาไม่เท่ากัน วัตถุดิบชนิดเดียวกันหากมาจากการผลิตที่ต่างกันก็มีค่า EF ไม่เท่ากัน และสำหรับวัตถุดิบที่ไม่สามารถหาค่า EF ได้โดยตรง ต้องมีการพิจารณาเลือกค่า EF ของสารหรือวัตถุดิบอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ค่า EF ที่ใช้กันเป็นค่ากลาง ซึ่งบางครั้งอาจไม่ใช่ค่าเฉพาะสำหรับวัตถุดิบที่เราใช้ จึงอาจทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์คลาดเคลื่อนได้
4. การอธิบายผล	เป็นการอธิบายผลโดยภาพรวมของการคัดเลือกกระบวนการผลิต ซึ่งไม่ได้ระบุถึงชนิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่สามารถบอกในรูปของคะแนนลำดับความสำคัญ	เป็นการอธิบายผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างละเอียด สามารถบอกได้ทั้งสาเหตุและปริมาณของผลกระทบแต่การจะได้มาของผลลัพธ์นั้นมีความยุ่งยาก ต้องเก็บข้อมูลอย่างละเอียดเป็นจำนวนมาก และใช้เวลานาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ซึ่งจากการวิเคราะห์ในตารางที่ 8.16 และจากผลการศึกษาการสร้างแนวทางการตัดสินใจ สามารถสรุปข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น ได้ดังตารางที่ 8.17

ตารางที่ 8.18 ข้อดี ข้อเสีย และข้อจำกัดของแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น

แนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น	
ข้อดี	1) ผลจากการคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีนี้สามารถระบุแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตรงจุดและรวดเร็ว 2) มีความสะดวก ไม่ต้องเก็บข้อมูลจำนวนมาก และเข้าใจง่าย 3) การตัดสินใจมีหลักการ ขั้นตอนการคำนวณอย่างละเอียด และสามารถทดสอบความสอดคล้องของการให้เหตุผลในการเปรียบเทียบคู่ 4) ปัจจัยที่นำมาใช้ในการตัดสินใจนี้มีความเหมาะสมกับอุตสาหกรรมน้ำปลา และสามารถนำไปใช้เป็นปัจจัยพื้นฐานสำหรับการอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ ได้อีกด้วย
ข้อเสีย	ความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์จะขึ้นกับความเชี่ยวชาญและการให้คะแนนระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการตรวจสอบข้อมูลอย่างละเอียด และทดสอบความสอดคล้องของการให้เหตุผลในการเปรียบเทียบคู่
ข้อจำกัด	ผู้ตัดสินใจควรเป็นผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและเข้าใจในกระบวนการผลิต และสามารถมองเห็นถึงความเป็นไปได้ของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตของปัจจัยต่างๆ ได้

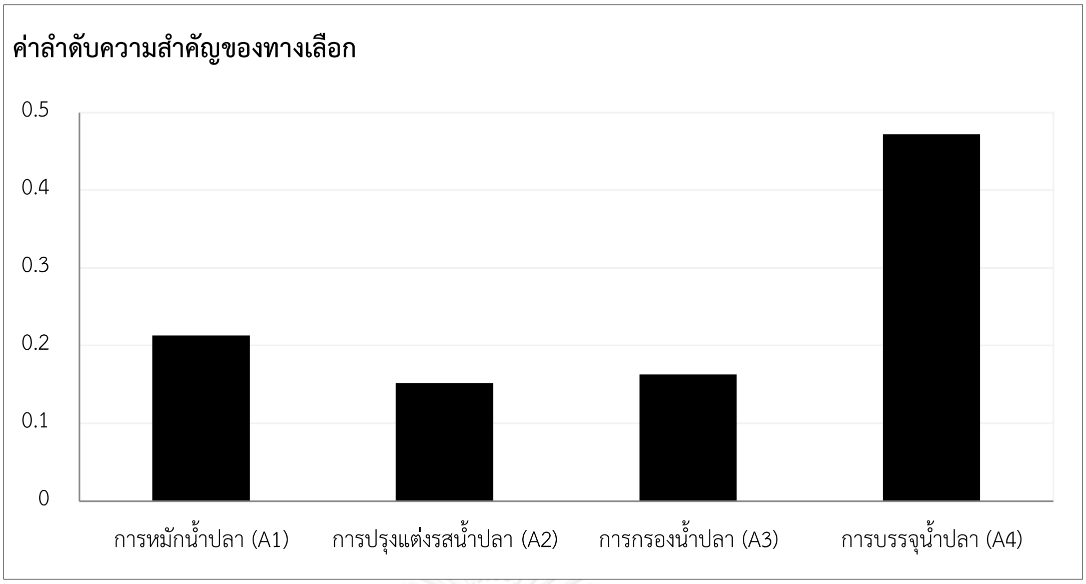
จากข้อมูลในตารางที่ 8.17 จะเหมาะสำหรับการตัดสินใจในกรณีที่นำไปใช้กับโรงงานหรืออุตสาหกรรมที่ไม่พร้อมหรือสะดวกในการจัดเก็บข้อมูลของปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรในกระบวนการผลิตเพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนั้นการตัดสินใจด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นจึงถือเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยคัดเลือกกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตรงจุด และรวดเร็ว อีกทั้งช่วยลดความยุ่งยากในการเก็บข้อมูลอีกด้วย นอกจากนี้ในการศึกษาได้นำเสนอปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจมาเบื้องต้นแล้ว หากผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้สามารถพิจารณาปัจจัยเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมมากขึ้น และทำการเปรียบเทียบเป็นคู่และวิเคราะห์ผลเพื่อหาลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

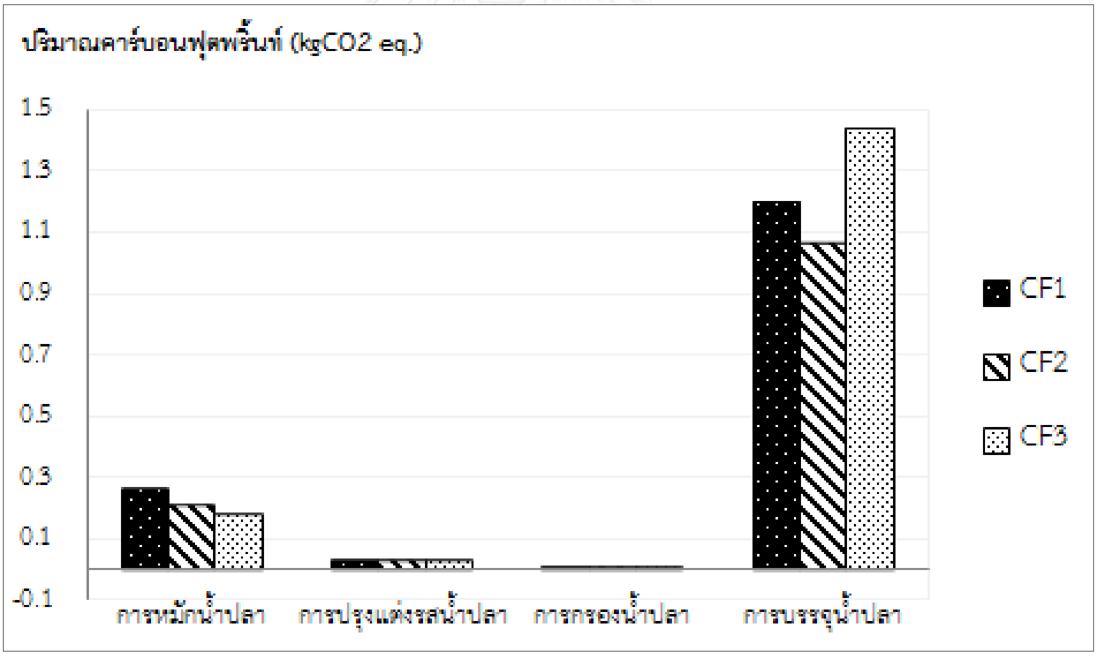
บทที่ 9
สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

9.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการสร้างแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process : AHP) ขั้นตอนการสร้างเริ่มจากการค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยศึกษารวบรวมข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ หนังสือ เอกสารทางวิชาการ บทความ และงานวิจัยทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และใช้แบบสอบถามวัดระดับความคิดเห็นของปัจจัยที่ได้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นการตรวจสอบและยืนยันว่าปัจจัยที่เสนอนั้นมีความเหมาะสมสำหรับการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งแบบสอบถามนี้ได้ให้ผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินการจัดการก๊าซเรือนกระจกจำนวน 7 ท่าน ตอบแบบสอบถามดังกล่าว จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาสร้างเป็นโครงสร้างลำดับชั้นของการตัดสินใจ และทดสอบการวิเคราะห์ผลการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) ซึ่งขั้นตอนนี้ได้เพิ่มจำนวนผู้เชี่ยวชาญอีก 3 ท่านที่มาจากส่วนโรงงานน้ำปลากรณีศึกษามาให้ความคิดเห็นผ่านแบบสอบถามการเปรียบเทียบเป็นคู่และทำการประมวลผลตามวิธี AHP อีกทั้งได้นำผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธี AHP มาเปรียบเทียบกับวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint : CF) ซึ่งผลการศึกษาสามารถแสดงเป็นแผนภูมิแท่งแสดงค่าลำดับความสำคัญของทางเลือกตามวิธี AHP ในบทที่ 6 ได้ดังรูปที่ 9.1 และแสดงปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก) ตามวิธี CF ในบทที่ 7 ของแต่ละกระบวนการผลิต ได้ดังรูปที่ 9.2



รูปที่ 9. 1 ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา
เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)



รูปที่ 9. 2 ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา
เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (CF)

จากรูปที่ 9.1 แสดงให้เห็นว่าผลของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) สามารถเรียงลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตตามค่าลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้ดังนี้คือ กระบวนการบรรจุน้ำปลา (A4) กระบวนการหมักน้ำปลา (A1) กระบวนการกรองน้ำปลา (A3) และกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา (A2) ตามลำดับ และจากรูปที่ 9.2 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 3 โรงงานกรณีศึกษาสามารถเรียงลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิตตามปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ กระบวนการบรรจุน้ำปลา กระบวนการหมักน้ำปลา กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา และกระบวนการกรองน้ำปลา ตามลำดับ ดังนั้นเมื่อนำผลจากวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นมาเปรียบเทียบกับวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ พบว่าให้ผลการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตที่มีความสอดคล้องกันอย่างชัดเจนในลำดับที่ 1 และ 2 แต่แตกต่างกันในลำดับที่ 3 และ 4 เนื่องจากการคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะคัดเลือกจากลำดับปริมาณของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมากไปน้อยโดยยังไม่ได้คำนึงถึงแนวทางหรือความเป็นไปได้ในการปรับปรุง ซึ่งพบว่าในกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกการใช้วัตถุดิบประมาณร้อยละ 99 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกระบวนการผลิตนี้ ส่วนที่เหลือร้อยละ 1 มาจากการใช้พลังงานไฟฟ้า จึงทำให้กระบวนการนี้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการกรองน้ำปลา แต่การคัดเลือกกระบวนการผลิตด้วยวิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นเป็นวิธีที่ผู้เชี่ยวชาญตัดสินใจโดยคำนึงถึงแนวทางทางหรือความเป็นไปได้ในการปรับปรุง ดังนั้นการลดผลกระทบภาพรวมจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยมุ่งเน้นให้ใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงในกระบวนการกรองน้ำปลาจึงมีความเหมาะสมในการปรับปรุงกระบวนการผลิตมากกว่ากระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

สำหรับการนำแนวทางการตัดสินใจนี้ไปประยุกต์ใช้ มีขั้นตอนดังนี้คือ 1) ทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละปัจจัยก่อนแล้วจึงตามด้วยการเปรียบเทียบเป็นคู่ระหว่างแต่ละกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาในการตัดสินใจ โดยในการเปรียบเทียบดังกล่าวจะต้องทำการใส่คะแนนค่าระดับความสำคัญของการเปรียบเทียบเป็นคู่ 2) วิเคราะห์ผลคะแนนเพื่อหาลำดับความสำคัญของกระบวนการผลิตและ 3) จัดลำดับการคัดเลือกกระบวนการผลิต ซึ่งแนวทางการตัดสินใจนี้จะช่วยลดความยุ่งยากและเวลาในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิต นอกจากนี้ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารอื่นๆ สามารถใช้เป็นแนวทางของการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิต และหน่วยงานราชการสามารถนำไปใช้ในการกำหนดแนวทางสำหรับการประเมินการเลือกจุดปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอีกด้วย

9.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

- งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการศึกษาการจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานเท่านั้น ดังนั้นเป็นการกำหนดปัจจัยที่ยังไม่ได้รวมถึงการขนส่งและการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจมีผลต่อปริมาณรวมของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- ปัจจัยในการตัดสินใจที่กำหนดขึ้นมานี้ เป็นการพิสูจน์แนวคิดใช้กับโรงงานน้ำปลากรณีศึกษาในจังหวัดระยองเท่านั้น หากจะนำไปประยุกต์ใช้ในจังหวัดอื่นๆ ควรจะมีการคำนวณค่าลำดับความสำคัญของปัจจัยและทางเลือกการตัดสินใจใหม่ เพื่อให้ผลสอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น
- เนื่องจากข้อมูลบางส่วนของโรงงานกรณีศึกษานั้นถือเป็นความลับ ซึ่งมีผลต่อการแข่งขันในเชิงธุรกิจซึ่งไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้ทั้งหมด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะกล่าวเฉพาะข้อมูลโดยรวมที่สามารถเปิดเผยได้เท่านั้น

9.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัยต่อไป

- ในส่วนของแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ถ้าจะนำไปประยุกต์ใช้ในโรงงานน้ำปลาอื่นๆ อาจมีการพิจารณาเพิ่มเติมพัฒนาจากปัจจัยเดิมที่มีอยู่แล้วและอาจมีการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญใหม่ เพื่อช่วยให้การคัดเลือกกระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมกับความต้องการมากยิ่งขึ้น
- ระดับโครงสร้างของปัจจัยในการเปรียบเทียบตามกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นไม่ควรมีมากเกินไป เพราะอาจส่งผลให้เกิดความสับสนในการพิจารณาค่าความสำคัญในแต่ละปัจจัย และจากตัวอย่างแบบสอบถามตามภาคผนวกสามารถนำไปประยุกต์ในการพิจารณาเปรียบเทียบสำหรับงานที่มีลักษณะการปรับปรุงที่คล้ายกันได้ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมอาหารประเภทอื่นๆได้ โดยอาจมีการพิจารณาเพิ่มเติมพัฒนาจากปัจจัยเดิมที่มีอยู่แล้ว เช่น อาจเพิ่มปัจจัยที่เกี่ยวกับกระบวนการหล่อเย็นเป็นต้น และควรมีการกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับอุตสาหกรรมนั้นๆ
- งานวิจัยนี้ไม่ได้ระบุแน่ชัดว่าจะต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างไร แต่เป็นแค่การชี้นำแนวทางของการปรับปรุง ซึ่งจะต้องนำไปหาข้อมูลการปรับปรุงโดยละเอียดมากขึ้นตามวิธีการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Coyle G. (2004). The Analytic Hierarchy Process (AHP) Practical Strategy. Open Access Material. Pearson Education Limited.

Franek J. and Kresta A. (2014). Judgment scales and consistency measure in AHP. ECE Trans. Procedia Economics and Finance 12 (**March)**: 164-173.

IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Cambridge University Press, New York.

Likert R. (1932). A technique for the Measurement of Attitudes. [n.p.] : Archives of Psycology.

Peniwati, K. (2007). Criteria for evaluating group decision-making methods. Mathematical and Computer Modelling 46(2007): 935-947.

Saaty T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill International, New York, NY, U.S.A.

Saaty T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences 1(1): 83-98.

Saaty T.L. and Vargas L.G. (2012). Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2nd ed. Springer New York Heideberg Dordrecht London, : 6.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Wiedmann T. and Minx J. (2008). A definition of 'Carbon Footprint', ISAUK Research Report 07-01. [Online]. Available: http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf [1 May 2014]

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2553). แนวปฏิบัติในการจัดทำฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ออบิทกราฟฟิค จำกัด.

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2558). ความรู้อุตุนิยมวิทยา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86 [10 กรกฎาคม 2558]

กระทรวงพลังงาน. (2554). แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554-2573). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/ccep/download/NEEP2030_FINAL.pdf [30 สิงหาคม 2556]

กระทรวงพลังงาน. (2558). เอกสารเผยแพร่ โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอตสาหกรรมอโลหะ. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib11138.pdf [13 กรกฎาคม 2558]

กระทรวงพาณิชย์. (2558). สถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย. โครงสร้างสินค้าส่งออกกระทรวงพาณิชย์ ตลาดส่งออก 15 อันดับแรกของไทยรายประเทศ น้ำปลา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ops3.moc.go.th/infor/MenuComTH/stru1_export/export_topn_re/report.asp [7 มีนาคม 2558]

กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ กรมโรงงานอุตสาหกรรม. เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thaieei.com/eip-content/new/thai/project/greencamp/download/seminar/110805/CTarticle.pdf [20 พฤษภาคม 2558]

กัณฑรีย์ บุญประกอบ. (2558). ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/files/English%20version%20test/CC.pdf [14 กรกฎาคม 2558]

กุสุมา จิรวงศ์สวัสดิ์. (2550). การประยุกต์ใช้ FMEA และ AHP เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตฟริต กรณีศึกษาโรงงานผลิตสารเคลือบเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ขวัญชนก เสียงจันทร์. (2554). การประเมินการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ. ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

คณะกรรมการเทคนิคด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (2554). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).

ฐานันดร์ อุสัยนี, et al. (2554). The Wilcoxon Test. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://file.siam2web.com/natcha/531/2011926_67308.pdf [12 กรกฎาคม 2558]

ดาว ใจบุญ. (2554). การวัดค่ากลางของข้อมูล: 17-28. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.mwit.ac.th/~math/E_Learning/MATH30203/sources/Statistics_04.pdf [19 พฤษภาคม 2558]

ตวงทอง เวศนารัตน์. (2546). การวิเคราะห์โครงสร้างการตัดสินใจของปัญหาการเลือกซื้อรถยนต์นั่งขนาดกลางของลูกค้าในกรุงเทพมหานคร โดยการประยุกต์เทคนิคกระบวนการข่ายงานเชิงวิเคราะห์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนวิน นันทาพานิช. (2555). การออกแบบระบบการคัดเลือกผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการในงานบริการ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนันยศ ทองนพคุณ. (2555). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของแผนกผลิต กรณีศึกษาชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2555). การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS. นนทบุรี : เอส. อาร์.พริ้นท์ติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

ธำรงรัตน์ มุ่งเจริญ. (2554). วิศวกรรมการป้องกันมลพิษในประเทศไทย. วิศวกรรมสาร มก. ปีที่ 24 ฉบับที่ 75 (มกราคม-มีนาคม): 13-24.

นเรศ ใหญ่วงศ์. (2554). การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร. ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิตยา บุญทิน. (2547). น้ำปลา (Fish Sauce). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/nl/2003/06/04.php [9 มีนาคม 2557]

บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน) (2558). การรีไซเคิล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.bangkokglass.co.th/index.php?page=content&id=5&sId=29 [12 กรกฎาคม 2557]

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 203) (2543). น้ำปลา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://iodinethailand.fda.moph.go.th/food_54/law/data/announ_moph/P203.pdf [10 กรกฎาคม 2557]

พรพิมล บุญคุ้ม. (2553). คาร์บอนฟุตพริ้นท์ใครว่าไกลตัว. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tpa.or.th/publisher/pdfFileDownloadS/TN213A_p91-94.pdf [27 มกราคม 2557]

พรศิริ สุพัฒน์. (2553). การเลือกทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในโรงงานปิโตรเคมี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

มณฑิรา นิยม. (2553). การประเมินและคัดเลือกบริษัทรับขนส่งสินค้าโดยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น กรณีศึกษาบริษัทขนส่งหลายรูปแบบ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัชระ เจนวาริน. (2555). การศึกษาระดับความรุนแรงและปัจจัยที่ส่งผลต่อการตกจากที่สูงในโครงการก่อสร้างอาคารสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิฑูรย์ ตันศิริมงคล. (2542). AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก. กรุงเทพมหานคร: กราฟฟิคแอนด์ปริ้น.

ศุกลักษณ์ ใจสูง. (2555). การคัดเลือกผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของบริษัท ฮานา ไมโครอิเล็คโทรนิคส จำกัด (มหาชน) โดยใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP). วารสารบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีที่ 35 ฉบับที่ 134 (เมษายน-มิถุนายน): 65-89.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2553). หนังสือประเด็นท้าทาย ข้อเสนอเชิงนโยบายและการเจรจาของไทยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก. กรุงเทพมหานคร: บริษัทวิกิ จำกัด.

สุชาดา บวรกิติวงศ์. (2556). สถิติที่ไม่ใช้พารามิเตอร์. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://rlc.nrct.go.th/ewtadmin/ewt/nrct_museum/ewt_dl.php?nid=1119 [11 กรกฎาคม 2558]

สุธรรม อรุณ. (2549). การตัดสินใจโดยใช้กระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ Process Management. 64_1. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://202.183.190.2/FTPiWebAdmin/knw_pworld/image_content/64/process1.pdf [11 สิงหาคม 2556]

แสนชัย ธุวสถิตย์. (2551). การวิเคราะห์ลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ใช้พิจารณาปรับปรุงอาคารตามพระราชบัญญัติการตรวจสอบอาคาร พ.ศ. 2548 โดยกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมและบริหารการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2555). ก๊าซเรือนกระจกคืออะไร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=46:what-is-ghg&catid=35:greenhouse-effect&Itemid=55 [11 สิงหาคม 2556]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิต
เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม

เรื่อง ปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตที่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำปลา

ทั้งนี้เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ประกอบการวิจัยทางการศึกษา และยังสามารถเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาแนวทางในการดำเนินงานสำหรับการจัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอื่นๆต่อไป

ดังนั้น จึงขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบให้ตรงตามความเป็นจริง โดยข้อมูลของท่านจะเป็นความลับและจะไม่ส่งผลกระทบใดๆต่อท่าน เนื่องจากข้อมูลที่นำเสนอในผลงานวิจัยจะนำเสนอในภาพรวมมิได้นำเสนอเป็นรายบุคคล และใช้เพื่อประโยชน์ในการทำวิจัยเท่านั้น

แบบสอบถามมีทั้งหมด 2 ตอน 7 หน้า

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 แบบสอบถามประเมินความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

หมายเหตุ : หน้าสุดท้ายของเอกสารแบบสอบถามนี้ เป็นผังขั้นตอนการผลิตน้ำปลาสำหรับอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อใช้สำหรับการประกอบการตัดสินใจในการประเมินของผู้ตอบแบบสอบถาม

ดิฉันขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

นางสาวอัจนา ใจสุวรรณ นิสิตปริญญาโท
ศึกษาวิทยานิพนธ์ เรื่องแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ-นามสกุล ....
2. อาชีพ...ตำแหน่ง...
3. ประสบการณ์การทำงานที่มีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านการจัดการก๊าซเรือนกระจก......ปี

ตอนที่ 2 : แบบสอบถามประเมินความสำคัญของปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจคัดเลือกกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ถ้าอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลา จำเป็นจะต้องทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งหากว่าท่านเป็นบุคคลหนึ่งที่มีส่วนในการตัดสินใจเลือก ท่านจะตัดสินใจอย่างไร

<u>คำชี้แจง</u> "ท่านเห็นด้วยหรือไม่กับการปรับปรุงปัจจัยในกระบวนการผลิตที่จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมน้ำปลา"

ถ้า**<u>เห็นด้วย</u>** "ปัจจัยที่ท่านเห็นด้วยนี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลาในระดับใด" โดยระดับความคิดเห็นมีความหมาย ดังนี้

มาก หมายถึง ปัจจัยนี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับมาก
ปานกลาง หมายถึง ปัจจัยนี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง
น้อย หมายถึง ปัจจัยนี้จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับน้อย

ถ้า**<u>ไม่แน่ใจ</u>** โปรดข้ามไปพิจารณาข้อต่อไป

ถ้า**<u>ไม่เห็นด้วย</u>** โปรดให้ข้อเสนอแนะ

แล้วทำเครื่องหมาย (√) ลงในช่องคำตอบที่ตรงกับระดับความคิดเห็นและความเป็นจริงของท่านเพียงคำตอบเดียว

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้จะเน้นการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในโรงงานเท่านั้น ไม่รวมถึงภาคการขนส่งและการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ ก.1 แบบสอบถามการประเมินความคิดเห็นของปัจจัยที่มีต่อกาลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลา

ปัจจัยที่พิจารณา	อุตสาหกรรมอาหาร						อุตสาหกรรมน้ำปลา					
	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ	ระดับความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น				ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น			
			มาก	ปานกลาง	น้อย				มาก	ปานกลาง	น้อย	
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต												
- การปรับเปลี่ยนประเภท ของบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก												
- การปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก												
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด												
-การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้า												
-การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ความร้อน												

ตารางที่ ก.1 แบบสอบถามการประเมินความคิดเห็นของปัจจัยที่มีต่อกาลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลา (ต่อ)

ปัจจัยที่พิจารณา	อุตสาหกรรมอาหาร						อุตสาหกรรมน้ำปลา					
	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น				ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น			
			มาก	ปานกลาง	น้อย				มาก	ปานกลาง	น้อย	
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด (ต่อ)												
-การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้น้ำ												
ปัจจัยด้านการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน												
-การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้า												
-การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้ความร้อน												
-การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อลดการใช้น้ำ												

ตารางที่ ก.1 แบบสอบถามการประเมินความคิดเห็นของปัจจัยที่มีต่อกาลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลา (ต่อ)

ปัจจัยที่พิจารณา	อุตสาหกรรมอาหาร						อุตสาหกรรมน้ำปลา					
	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น				ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น			
			มาก	ปานกลาง	น้อย				มาก	ปานกลาง	น้อย	
ปัจจัยด้านการใช้ซ้ำ (Reuse) และ/หรือ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle)												
- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ บรรจุภัณฑ์ กลับมาใช้ซ้ำ และ /หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย												
- การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำ น้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ /หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย												

ตารางที่ ก. 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม (ถ้ามี) โปรดระบุปัจจัยที่ท่านคิดว่าควรเพิ่มเติมสำหรับการตัดสินใจเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีความเหมาะสมต่อการวิจัยมากขึ้น

ปัจจัยที่พิจารณา	อุตสาหกรรมอาหาร						อุตสาหกรรมน้ำปลา					
	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ	ความคิดเห็น					ข้อเสนอแนะ
	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น				ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย ระดับความคิดเห็น			
			มาก	ปานกลาง	น้อย				มาก	ปานกลาง	น้อย	
ปัจจัยอื่นๆ												

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับ
การคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม

เรื่อง การเปรียบเทียบปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

<u>**วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม**</u>

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาน้ำหนักของปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้ความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้วิจัยในการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ซึ่งแบบสอบถามประกอบไปด้วย 3 ส่วน 12 หน้า ดังนี้

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก ภายใต้เป้าหมาย การคัดเลือกขั้นตอนกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ส่วนที่ 2 การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยรอง ภายใต้เป้าหมาย 4 ปัจจัยหลัก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้จะเน้นการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในโรงงานเท่านั้น ไม่รวมถึงภาคการขนส่งและการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แนบผลสรุปแบบสอบถามรอบที่ 1 และผังขั้นตอนการผลิตน้ำปลาสำหรับอุตสาหกรรมน้ำปลาไว้ด้านหลังของเอกสารนี้ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดิฉันขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี

นางสาวอัจนา ใจสุวรรณ นิสิตปริญญาโท
ศึกษาวิทยานิพนธ์ เรื่องแนวทางการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 : แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ-นามสกุล........... ....

2. อาชีพ...............................ตำแหน่ง...

3. ประสบการณ์การทำงานที่มีความเกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านการจัดการก๊าซเรือนกระจก ....ปี

ตอนที่ 2 : แบบสอบถามการเปรียบเทียบปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

วิธีตอบแบบสอบถาม

ให้ท่านเปรียบเทียบความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจทีละคู่ โดยเขียนเครื่องหมาย x ลงในช่องตัวเลขระดับคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบ ซึ่งตัวเลขระดับคะแนนความสำคัญจะมีความหมายดังตารางนี้คือ

ตารางที่ ข.1 ค่าระดับความสำคัญต่างๆ ของการเปรียบเทียบเป็นคู่

ระดับคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบแบบทีละคู่ (Pairwise Comparison)	
ระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	ทั้งสองปัจจัยที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญเท่าๆกัน
3	ปัจจัยที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	ปัจจัยที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งค่อนข้างมาก
7	ปัจจัยที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมาก
9	ปัจจัยที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกปัจจัยหนึ่งมากที่สุด
2,4,6,8	ปัจจัยที่พิจารณามีความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตัวเลข

ซึ่งการให้คะแนนความสำคัญแบบคู่ของปัจจัยในการตัดสินใจ โดยพิจารณาเกณฑ์ปัจจัยด้านซ้ายกับปัจจัยด้านขวา ว่าปัจจัยด้านซ้ายมีความสำคัญมากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับ ปัจจัยด้านขวา เลือกเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้ามีความสำคัญเท่ากันให้กากบาทที่หมายเลข 1 ในกรณีที่ปัจจัยด้านซ้ายกับปัจจัยด้านขวามีความสำคัญไม่เท่ากัน ถ้าปัจจัยด้านซ้ายมีความสำคัญมากกว่าให้กา x ตัวเลขคะแนนด้านมากกว่า และถ้าปัจจัยด้านซ้ายมีความสำคัญน้อยกว่าให้กา x ตัวเลขคะแนนด้านน้อยกว่า

ตารางที่ ข.2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบเป็นคู่ เช่น การเลือกบริษัทที่จะเข้าทำงาน ภายใต้เกณฑ์ ชื่อเสียง

ปัจจัย	ชื่อเสียง																	ปัจจัย
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
บริษัท A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	บริษัท B

การเลือกบริษัทที่จะเข้าทำงาน ภายใต้เกณฑ์ชื่อเสียงโดยเปรียบเทียบกันระหว่างบริษัท A กับบริษัท B ความหมายจากตัวอย่าง คือ กากบาทหมายเลข 7 ทางปัจจัยด้านซ้ายมือ แสดงว่าผู้ประเมินให้บริษัท A มีความสำคัญมากกว่าบริษัท B ในระดับความสำคัญ 7 (บริษัท A มีความสำคัญมากกว่าบริษัท B ในระดับ<u>มาก</u>)

ตารางที่ ข.2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบเป็นคู่ เช่น การเลือกบริษัทที่จะเข้าทำงาน ภายใต้เกณฑ์ ชื่อเสียง (ต่อ)

ปัจจัย	ชื่อเสียง																	ปัจจัย
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
บริษัท A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	บริษัท B

การเลือกบริษัทที่จะเข้าทำงาน ภายใต้เกณฑ์ชื่อเสียงโดยเปรียบเทียบกันระหว่างบริษัท A กับบริษัท B
ความหมายจากตัวอย่าง คือ กากบาทหมายเลข 2 ทางปัจจัยด้านขวามือ แสดงว่าผู้ประเมินให้บริษัท A มีความสำคัญน้อยกว่าบริษัท B ในระดับความสำคัญ 2 (บริษัท A มีความสำคัญน้อยกว่าบริษัท B ในระดับ<u>ที่อยู่ช่วงระหว่างเท่าๆกันและปานกลาง</u>)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ข.3 ส่วนที่ 1 ของแบบสอบถาม : การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก ภายใต้เป้าหมาย การคัดเลือกขั้นตอนกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

คำชี้แจง ตามความคิดของท่าน ท่านคิดว่าปัจจัยหลัก(ซ้ายมือ) และปัจจัยหลัก(ขวามือ)ในตารางข้างล่างนี้ปัจจัยหลักใดสำคัญกว่ากัน และสำคัญกว่าในระดับคะแนนความสำคัญเท่าใด โดยการเปรียบเทียบทีละคู่

ปัจจัยหลัก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยหลัก (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด
การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน
การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิต	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้ซ้ำ และ /หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน

ตารางที่ ข.3 ส่วนที่ 1 : การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างปัจจัยหลัก ภายใต้เป้าหมาย การคัดเลือกขั้นตอนกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ปัจจัยหลัก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยหลัก (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า**ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า**ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้ซ้ำ และ /หรือการนำกลับมาใช้ใหม่
การปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงาน	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การใช้ซ้ำ และ /หรือการนำกลับมาใช้ใหม่

ตารางที่ ข.4 ส่วนที่ 2 ของแบบสอบถาม : การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างเกณฑ์รอง ภายใต้เป้าหมาย 4 ปัจจัยหลัก

ปัจจัยหลักที่ 1 การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบในการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ปัจจัยรอง (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยรอง (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนประเภทของ <u>วัสดุบรรจุภัณฑ์</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนประเภทของ<u>เชื้อเพลิง</u>

ตารางที่ ข.5 การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างเกณฑ์รองภายใต้**ปัจจัยหลักที่2การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิด**

ปัจจัยรอง (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยรอง (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>ไฟฟ้า</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>ความร้อน</u>
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>ไฟฟ้า</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>น้ำ</u>
การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>ความร้อน</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี /ปรับปรุงเครื่องจักร และ /หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>น้ำ</u>

ตารางที่ ข.6 การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างเกณฑ์รอง ภายใต้ปัจจัยหลักที่ 3 การ**ปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงาน**

ปัจจัยรอง (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยรอง (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า**ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า**ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>ไฟฟ้า</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>ความร้อน</u>
การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>ไฟฟ้า</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>น้ำ</u>
การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>ความร้อน</u>	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การปรับเปลี่ยนวิธีปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้<u>น้ำ</u>

ตารางที่ ข.7 การเปรียบเทียบความสำคัญระหว่างเกณฑ์รอง ภายใต้ปัจจัยหลักที่ 4 การ**ใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่**

ปัจจัยรอง (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ปัจจัยรอง (ขวามือ)
	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ปัจจัยทางซ้ายมือสำคัญ**น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง		เท่ากัน		ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์ กลับมาใช้ซ้ำ และ / หรือนำกลับมาใช้ใหม่	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ /หรือนำกลับมาใช้ใหม่

ส่วนที่ 3 : ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

....

....

....

....

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเพื่อการวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบทางเลือกภายใต้ปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถาม

เรื่อง การเปรียบเทียบทางเลือกภายใต้ปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบบสอบถามนี้จะต้องเปรียบเทียบทางเลือกภายใต้ปัจจัยต่างๆในการตัดสินใจครั้งนี้10 หัวข้อ 8หน้าทั้งนี้ความคิดเห็นของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อผู้วิจัยในการวิเคราะห์หาลำดับความสำคัญของทางเลือกในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยในงานวิจัยนี้มีทางเลือกสำหรับการตัดสินใจ 4 ทางเลือก ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 : การหมักน้ำปลาคือขั้นตอนการนำปลาไปคลุกเคล้ากับเกลือตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องเคล้าปลาเป็นตัวช่วยคลุกเคล้าให้เกลือกับปลาเข้ากัน แล้วจึงนำไปใส่บ่อหมัก ซึ่งในขั้นตอนการหมักจะใช้เวลานาน 12 เดือนขึ้นไป ก็จะได้น้ำปลาชั้นคุณภาพที่1 หลังจากนั้น ก็จะใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อหมักไปยังบ่อพักที่เตรียมไว้โดยการกรองผ่านชั้นกากปลาและเกลือ ซึ่งจะได้น้ำปลาใสมาเก็บไว้ที่บ่อพัก เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตต่อไป (ส่วนในการหมักน้ำปลาของชั้นคุณภาพที่ 2 ขึ้นไป จะมีการเติมน้ำเกลือลงไปในบ่อหมักที่สูบน้ำปลาก่อนหน้าจนแห้งแล้วเติมจนกระทั่งให้ท่วมตัวกากปลาและทำการสูบเวียนทุกวันใช้ระยะเวลาในการสูบเวียน 15 วันขึ้นไป

ทางเลือกที่ 2 : การปรุงแต่งรสน้ำปลาคือขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อพักมาใส่บ่อผสม เพื่อทำการผสมปรุงแต่งรสชาติของน้ำปลากับส่วนผสมที่เป็นวัตถุดิบเช่น น้ำตาลหรือส่วนผสมอื่นๆ ตามสัดส่วนที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่องกวนเป็นตัวกวนน้ำปลากับวัตถุดิบให้เข้ากัน

ทางเลือกที่ 3 : การกรองน้ำปลา คือ ขั้นตอนการใช้ปั๊มสูบน้ำปลาจากบ่อผสมหรือจากบ่อพักเข้าถังบรรจุ โดยผ่านขั้นตอนการกรองด้วยชุดกรองประกอบด้วยถุงกรองและไส้กรอง

ทางเลือกที่ 4 : การบรรจุน้ำปลาคือ ขั้นตอนที่พนักงานใส่ขวดลบนงสายพานลำเลียงและขวดจะเดินตามสายพานในขณะที่ขวดเดินบนสายพาน ก็จะมีการตรวจสอบสภาพขวดแก้วทุกใบด้วยสายตาโดยมีการ คัดขวดบิ่น, ร้าว, ไม่สะอาดออกหลังจากนั้นก็จะเข้าไปเครื่องฉีดล้างขวดด้วยน้ำร้อน ที่ใช้เชื้อเพลิงและน้ำเป็นวัตถุดิบในการต้มน้ำสำหรับการให้ความร้อนเพื่อนำมาในการRinseขวดแก้ว เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ และขจัดฝุ่นผง ที่อาจเจือปนมา ออกจากขวด (กรณีบางโรงงานจะมีการล้างขวดมาตั้งแต่ก่อนเข้าสู่โรงงานขั้นตอนนี้จึงไม่มีการใช้พลังงานความร้อนและน้ำในการRinseขวด) จากนั้นขวดก็จะผ่านสายพานลำเลียงเข้าสู่เครื่องบรรจุน้ำปลา เครื่องปิดฝาจุก จุดส่องไฟเพื่อตรวจสิ่งแปลกปลอม ซึ่งถ้าพบสิ่งแปลกปลอมในขวดน้ำปลาที่บรรจุแล้ว ให้คัดแยกออก จากนั้นขวดน้ำปลาที่บรรจุแล้วก็จะถูกลำเลียงเข้าเครื่องปิดฉลากอัตโนมัติ หลังจากนั้นก็จะวิ่งผ่านเครื่องสวมแคปซีลจุก

หมายเหตุ : ในงานวิจัยนี้จะเน้นการคัดเลือกปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นในโรงงานเท่านั้น ไม่รวมถึงภาคการขนส่งและการบำบัดน้ำเสียนอกจากนี้ผู้วิจัยได้แนบผังขั้นตอนการผลิตน้ำปลาสำหรับอุตสาหกรรมน้ำปลาไว้ด้านหลังของเอกสารนี้ด้วย

แบบสอบถามการเปรียบเทียบทางเลือกภายใต้ปัจจัยในการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมน้ำปลา เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

<u>วิธีตอบแบบสอบถาม</u>

ให้ท่านเปรียบเทียบความสำคัญของทางเลือกภายใต้ปัจจัยการตัดสินใจทีละคู่ โดยเขียนเครื่องหมาย x ลงในช่องตัวเลขระดับคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบ ซึ่งตัวเลขระดับคะแนนความสำคัญจะมีความหมายดังตารางนี้

ตารางที่ ค.1 ค่าระดับความสำคัญต่างๆ ของการเปรียบเทียบเป็นคู่

ระดับคะแนนความสำคัญของการเปรียบเทียบแบบทีละคู่ (Pairwise Comparison)	
ระดับความสำคัญ	ความหมาย
1	ทั้งสองทางเลือกที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญ<u>เท่าๆกัน</u>
3	ทางเลือกที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกทางเลือกหนึ่ง<u>ปานกลาง</u>
5	ทางเลือกที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกทางเลือกหนึ่ง<u>ค่อนข้างมาก</u>
7	ทางเลือกที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกทางเลือกหนึ่ง<u>มาก</u>
9	ทางเลือกที่พิจารณาเมื่อเปรียบเทียบแล้วมีความสำคัญมากกว่าอีกทางเลือกหนึ่ง<u>มากที่สุด</u>
2,4,6,8	ทางเลือกที่พิจารณามีความสำคัญก้ำกึ่งระหว่างความสำคัญแต่ละระดับตัวเลข

ยกตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนประเภทของวัสดุบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานวัตถุดิบ”

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที ค.2 ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบสอบถาม คำตอบกรณีที่ 1หากท่านคิดว่า Process 1มีความสำคัญหรือมีความเป็นไปได้<u>มากกว่า</u> Process 2 ในระดับความสำคัญ 7 ให้กากบาทตรงกับหมายเลข 7 ทางซ้ายมือ **หรือ**

ทางเลือก	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
Process 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Process 2

ตารางที่ ค. 3 ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบสอบถาม คำตอบกรณีที่ 2หากท่านคิดว่า Process 1 มีความสำคัญหรือมีความเป็นไปได้<u>น้อยกว่า</u> Process 2 ในระดับความสำคัญ 2ให้กากบาทตรงกับหมายเลข 2 ทางขวามือ

ทางเลือก	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
Process 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	~~2~~	3	4	5	6	7	8	9	Process 2

ตารางที่ ค. 4 ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบสอบถาม คำตอบกรณีที่ **3** หากท่านคิดว่า Process 1 มีความสำคัญหรือมีความเป็นไปได้<u>เท่ากัน</u>หรือไม่มีความเป็นไปได้ทั้งคู่กับ Process 2 ให้กากบาทตรงกับหมายเลข 1

ทางเลือก	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก
	มากกว่า								เท่ากัน	น้อยกว่า								
Process 1	9	8	7	6	5	4	3	2	~~1~~	2	3	4	5	6	7	8	9	Process 2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ชื่อ-นามสกุลผู้ตอบแบบสอบถาม..

<u>คำชี้แจง</u> ตามความคิดของท่าน ท่านคิดว่าทางเลือกซ้ายมือและทางเลือกขวามือในตารางด้านล่างนี้ ทางเลือกใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน และในระดับคะแนนความสำคัญเท่าใด โดยการเปรียบเทียบทีละคู่

ตารางที่ ค.5 แบบสอบถามข้อที่ 1 : การเปรียบเทียบว่า“กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากันในการปรับเปลี่ยนประเภทของ<u>วัสดุบรรจุภัณฑ์</u> เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานวัตถุดิบ”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค.6 แบบสอบถามข้อที่ 2 : การเปรียบเทียบว่า "กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนประเภทของเชื้อเพลิง เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้งานวัตถุดิบ"

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

ตารางที่ ค.7 แบบสอบถามข้อที่ 3 : การเปรียบเทียบว่า "กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักรและ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้ไฟฟ้าในการผลิต"

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค.8 แบบสอบถามข้อที่ 4 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>ความร้อน</u>ในการผลิต”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

ตารางที่ ค.9 แบบสอบถามข้อที่ 5 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี/ปรับปรุงเครื่องจักร และ/หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการใช้<u>น้ำ</u>ในการผลิต ”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค.10 แบบสอบถามข้อที่ 6 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อช่วยลดการใช้ไฟฟ้า”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

ตารางที่ ค.11 แบบสอบถามข้อที่ 7 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากันในการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ความร้อน”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	**2**	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ ค.12 แบบสอบถามข้อที่ 8 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อช่วยลดการใช้น้ำ”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

ตารางที่ ค.13 แบบสอบถามข้อที่ 9 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ ค.14 แบบสอบถามข้อที่ 10 : การเปรียบเทียบว่า “กระบวนการผลิตใดมีความสำคัญหรือความเป็นไปได้มากกว่ากัน ในการหาวิธีการหรือเทคโนโลยีในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำและ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่”

ทางเลือก (ซ้ายมือ)	ระดับคะแนนความสำคัญ																	ทางเลือก (ขวามือ)
	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **มากกว่า** ทางขวามือ								เท่ากัน	ทางเลือกทางซ้ายมือสำคัญ **น้อยกว่า** ทางขวามือ								
	มากที่สุด		มาก		ค่อนข้างมาก		ปานกลาง				ปานกลาง		ค่อนข้างมาก		มาก		มากที่สุด	
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การผสมน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การหมักน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การกรองน้ำปลา
การผสมน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา
การกรองน้ำปลา	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	การบรรจุน้ำปลา

ข้อเสนอแนะ และความคิดเห็นเพิ่มเติม

....

....

....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงานกรณีศึกษาที่ 1

จากข้อมูลในช่องปริมาณตามตารางที่ 7.2 สามารถแสดงที่มาของตัวเลขแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังนี้

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

ปริมาณปลากะตัก 16,699 kg มาจากการคิด

ในการหมักน้ำปลาชุดนี้ เริ่มต้นใช้ปลา 79,898 kg และเกลือ 34,242 kg

จากข้อมูลโรงงานที่ได้ น้ำ 1 + น้ำ 2 + น้ำ 3 + น้ำ 4 = (30,900 + 21,600 + 26,700 + 24,300) L

น้ำ 2 ที่ 21,600 L มีความเข้มข้น 1.2 kg/L ดังนั้นคิดเป็น 21,600 x 1.2 = 25,920 kg

ซึ่งการคิดของน้ำ 1, น้ำ 3 และน้ำ 4 ในหน่วย kg คิดแบบนี้เช่นเดียวกัน

ดังนั้นจากข้อมูลโรงงานที่ได้ น้ำ 1 + น้ำ 2 + น้ำ 3 + น้ำ = (37,080 + 25,920 + 32,040 + 29,160) kg

= 124,200 kg

การปันส่วนการใช้วัตถุดิบของน้ำ 2 = 25,920/124,200= 0.209

ดังนั้นคิดเป็นการใช้ปลา = 0.209x79,898 kg

= 16,699 kg

ปริมาณเกลือสมุทรในการหมัก/ทำน้ำเกลือ 14,933 kg มาจากการคิด

1) จากข้อมูลข้างต้น ดังนั้นใช้เกลือสมุทรในการหมัก = 0.209 x 34,242 kg

= 7,157 kg

2) เกลือที่ใช้ผสมน้ำเกลือทำน้ำ 2 คิดจาก

ข้อมูลจากโรงงานที่ให้มา ในการหมักน้ำ 2 ใช้น้ำเกลือ 24,300 L

ในน้ำเกลือ 1 L ในการผสมใช้เกลือ = 320 g

ดังนั้นน้ำเกลือ 24,300 L จะใช้เกลือผสม = (320/1000) kg x 24,300 L

= 7,776 kg

ปริมาณน้ำในการผลิตน้ำเกลือ 19,634.40 kg มาจากการคิด

จากสมการ ปริมาตรน้ำ = ปริมาตรน้ำเกลือ – ปริมาตรเกลือ

หาปริมาตรเกลือ คิดจาก ปริมาตรเกลือ = ปริมาตรน้ำเกลือ - ปริมาตรน้ำ

ข้อมูลจากโรงงานบอกไว้ว่า ถ้าใช้เกลือ 1 kg จะทำให้ ปริมาตรเกลือ = 1.6 L - 1 L

= 0.6 L

แสดงว่าถ้าใช้เกลือ 1 kg จะมีปริมาตรเกลือเป็น 0.6 L

ดังนั้น เกลือ 7,776 kg จะมีปริมาตรเกลือ = 7,776 x 0.6 = 4665.6 L

ดังนั้นปริมาตรน้ำ = 24,300 L - 4665.6 L =19,634.4 L หรือ 19,634.4 kg (น้ำ 1 kg มีปริมาตร 1 L)

ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา 23.68 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องเค้าปลาในการหมัก 25 แรงม้า ใช้เวลา 1 ชม.(h) = 25 x (746/1000) kW x 1 h

= 18.65 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มสูบน้ำในการผลิตน้ำเกลือ 1 แรงม้า ใช้เวลา 1 ชม. = (746/1000) kW x 1 h

= 0.746 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำเกลือทำน้ำ 2 มาจากการคิด

มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) สูบน้ำเกลือ 8,000 L ใช้เวลา 1 h

ซึ่งจากข้อมูลในส่วนน้ำ 2 จะต้องสูบน้ำเกลือ 24,300 L ใช้เวลา = (24,300/8,000) h

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = (746/1,000) kW x (24,300/8,000)h

= 2.27 kWh

ไฟฟ้าในการสูบน้ำปลาผ่านชั้นกรองของน้ำ 2 มาจากการคิด

มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) สูบน้ำปลาได้ 8,000 L ใช้เวลา 1 ชม.

ซึ่งจากข้อมูลน้ำปลาที่ได้ในส่วนน้ำ 2 เป็น 21,600 L ใช้เวลา = (21,600/8,000) h

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = (746/1,000) kW x (21,600/8,000)h

= 2.01 kWh

กากปลา 25,346.4 kg มาจากการคิดโดยประมาณตามสมดุลมวล

กากปลา = ปลากะตักสด + เกลือ + น้ำในการผลิตทำน้ำเกลือ – ผลิตภัณฑ์น้ำ 2 (น้ำปลา)

= 16,699 kg + 14,933 kg + 19,634.40 kg – 25,920 kg

= 25,346.4

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = ปลา+เกลือ-น้ำ-กากปลา = 25,920 kg

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาล) 830 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา 1.42 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องกวนในการผสมน้ำปลา มอเตอร์ 1.5 แรงม้า ใช้เวลา 20 นาที

= 1.5 x (746/1000)kWh x (20/60)h

= 0.373 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อพักไปบ่อผสม มาจากการคิด

มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) สูบน้ำปลา 15,000 kg ใช้เวลา 1 h

ซึ่งจากข้อมูลในส่วนน้ำ 2 ได้น้ำปลา 25,920 kg ใช้เวลา = (25,920/15,000) h

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = (746/1,000)kW x (25,920/15,000)h

= 1.04 kWh

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 25,920 kg + น้ำตาล = 26,750 kg

<u>**กระบวนการกรองน้ำปลา**</u>

ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา 4.48 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของปั๊มในการสูบน้ำปลาจากบ่อผสมไปการบรรจุโดยผ่านไส้กรอง

มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) สูบน้ำปลาจากบ่อผสมไปการบรรจุโดยผ่านไส้กรองใช้เวลา 6 h

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = (746/1,000) kW x 6 h

= 4.48 kWh

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 26,750 kg

<u>**กระบวนการบรรจุน้ำปลา**</u>

เชื้อเพลิง LPG ในการต้มเพื่อ Rinse ขวดแก้ว 20 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา 40.28 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องบรรจุ 2 แรงม้า สายพาน 1 แรงม้า เครื่องปิดฉลาก 2 แรงม้า เครื่องล้างขวด 1 แรงม้า และเครื่อง ปิดฝา 2 แรงม้า เครื่องซีล 2 แรงม้า รวมทั้งสิ้น 9 แรงม้า ขั้นตอนนี้จากข้อมูลโรงงานใช้เวลา 6 ชม.

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = 9x (746/1,000) kW x 6 h

= 40.28 kWh

น้ำในการต้มเพื่อ Rinse ขวดแก้ว 400 kg มาจากข้อมูลโรงงาน 400 L (น้ำ 1L เท่ากับน้ำ 1 kg)

ขวดแก้ว 14,400.72 kg มาจากการคิด ปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณน้ำปลาทีได้จากน้ำ 2 คือ 21,600 L ที่ความหนาแน่นน้ำปลา 1.2 kg/L ดังนั้นน้ำปลาหนัก 25,920 kg น้ำปลา 21,600 L บรรจุใส่ขวด 750 ml ได้เท่ากับ 21,600/(750/1000) = 28,800 ขวด

ขวดแก้ว 1 ใบหนัก 0.5 kg

ดังนั้นปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ = 28,800 ขวด คิดเป็นขวดแก้วหนัก = 28,800 x 0.5

= 14,400 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.005x14,400)/100

= 0.72 kg

ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้ = (0.005x14,400)/100

= 0.72 kg

ฉลากกระดาษ 53.54 kg มาจากการคิด ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉลาก 1 ใบ หนัก = 1.86 g

ดังนั้นฉลาก 28,800 ใบ หนัก = (1.86/1000) kg x 28,800 = 53.54 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.005x53.54)/100

= 0.0027 kg

ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.005x53.54)/100

= 0.0027 kg

ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE 197.01 kg มาจากการคิดปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณฝาขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

ฝา 146 จุก หนัก = 1 kg

ดังนั้นฝา 28,800 จุก หนัก = 28,800/146

=197 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณจุกบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.005x197)/100

= 0.01 kg

ปริมาณจุกบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.005% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.005x197)/100

= 0.00099 หรือ 0.01 kg

ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC 11.58 kg มาจากการคิด

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

แคปซีลหุ้มฝา 1 ชิ้น หนัก = 0.402 g

ดังนั้นแคปซีลหุ้มฝา28,800 ชิ้น หนัก = 28,800 x (0.402/1000)

= 11.58 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณแคปซีลหุ้มฝาที่เสีย = 0.003% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.003x11.58)/100

= 0.00034 kg

ปริมาณแคปซีลหุ้มฝาที่เสีย = 0.003% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.003x11.58)/100

= 0.00034 kg

น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง 1.30 kg มาจากข้อมูลโรงงานคิดเป็น 0.005% ของน้ำปลาที่ได้จริง
= (0.005x25,920) /100 = 1.30 kg

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 1

จากตารางที่ 7.2 สามารถอธิบายรายละเอียดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยใช้สมการ : CO_2Emission = Activity data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ดังนี้คือ

หมายเหตุ ในตารางที่ 7.2 ปริมาณ/FU = (ปริมาณ/25,920) x 0.9 kg

เนื่องจากน้ำปลาขนาด 750 ml 1 ขวด มีความหนาแน่นของน้ำปลาเป็น 1.2 kg/l ดังนั้นมีน้ำปลา 0.9 kg

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ปลากะตัก

= 0.5798 kg x 0.1493 kgCO2 eq./kg

= 0.0866 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้เกลือสมุทรในการหมัก/ทำน้ำเกลือ

= 0.5185 kg x 0.0056 kgCO2 eq./kg

= 0.0029 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำในการผลิตน้ำเกลือ

= 0.6818 kg x 0.2416 kgCO2 eq./kg

= 0.1647 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหมักน้ำปลา

= 0.0008 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0005 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสียที่เป็นกากปลา เพราะมีการนำไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกากปลา = 0 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการหมักน้ำปลา = 0.26 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้น้ำตาล

= 0.0288 kg x 1.0800 kgCO2 eq./kg

= 0.0311 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

= 0.00005 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.00003 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา l = 0.0312 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการกรองน้ำปลา

= 0.0002 kWh x 0.6093 kgCO2 eq. /kWh

= 0.0001 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการกรองน้ำปลา = 0.0001 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง LPG

= 0.0007 kg x 3.1100 kgCO2 eq.

= 0.0022 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิง LPG

= 0.0007 kg x 0.4122 kgCO2 eq.

= 0.0003 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการบรรจุน้ำปลา

= 0.0014 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0009 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ

ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว เพราะมีการหมุนเวียนน้ำนำกลับไปใช้ซ้ำ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว = 0 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ขวดแก้ว

4.1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้ว

= 0.5000 kg x 0.7010 kgCO2 eq./kg

= 0.3505 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว

= 0.5000 kg x 1.6483kgCO2 eq./kg

= 0.8242 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฉลากกระดาษ

= 0.0019 kg x 0.7350 kgCO2 eq./kg

= 0.0014 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฝาจุกพลาสติก

4.3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกพลาสติกขนิด LDPE

= 0.0068 kg x 1.7257 kgCO2 eq./kg

= 0.0118 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.3.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก

= 0.0068 kg x 1.4162 kgCO2 eq./kg

= 0.0097 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.4) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก

4.4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0004 kg x 2.4704 kgCO2 eq./kg

= 0.0010 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.4.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0004 kg x 0.5751 kgCO2 eq./kg

= 0.0002 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

5.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้วเสียหาย

= 0.0000 kg x 0.0000 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฉลากกระดาษเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.9300 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.3200 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.4) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.3200 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.5) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง

ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำใหม่โดยการ Reprocess ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง = 0 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการบรรจุน้ำปลา = 1.20 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของผลิตภัณฑ์น้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษาที่ 1 มีค่า = (0.26+0.03+0.0001+1.20) kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml = 1.49 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โรงงานกรณีศึกษาที่ 2

จากข้อมูลในช่องปริมาณตามตารางที่ 7.3 สามารถแสดงที่มาของตัวเลขแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังนี้

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

ปริมาณปลากะตัก 7,280 kg (จากข้อมูลโรงงาน)

ปริมาณเกลือสมุทรในการหมัก 4,914 kg (จากข้อมูลโรงงาน)

ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา 2.24 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องเค้าปลาในการหมัก 2 แรงม้า ใช้เวลา 1 ชม. = 2 x (746/1000) kW x 1h

= 1.492 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มในการสูบน้ำปลาไปบ่อพัก 1 แรงม้า ใช้เวลา 1 ชม. = 1 x (746/1000) kW x 1h

= 0.746 kWh

กากปลา 7,495 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = ปลา+เกลือ-กากปลา = 4,853 kg

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาล) 161.77 kg มาจากการคิด

บ่อผสม 1 บ่อ ในน้ำปลา 3,750 L หรือ (3,750x1.2=4,500 kg) จะใช้น้ำตาล 3 ท่อน (ท่อนละ 50 kg)

ดังนั้นน้ำปลา 4,853 kg จะใช้น้ำตาล = (4,850x150)/4,500

= 161.77 kg

ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา 1.11 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องกวนในการผสมน้ำปลา มอเตอร์ 1 แรงม้า ใช้เวลา 5 นาที

= 1x (746/1000) kW x (5/60)h

= 0.062 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำปลาจากบ่อพักไปบ่อผสม คิดจาก

มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) สูบน้ำปลา 240 kg ใช้เวลา 5 นาที

ดังนั้นสูบน้ำปลา 4,853 kg ใช้เวลา = (4,853x5)/240)

= 101 นาที หรือ 1.41 ชม.

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = (746/1,000) kW x 1.41h = 1.052 kWh

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 4,853 kg + น้ำตาล = 5,014.7 kg

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา 3.37 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำปลาจากบ่อผสมไปการบรรจุโดยผ่านไส้กรอง คิดจาก

มอเตอร์ 1.5 แรงม้า (746 W) กรองน้ำปลา 2,400 ขวด ใช้เวลา = 1 ชม. (h)

ดังนั้นกรองน้ำปลา 5,390 ขวด ใช้เวลา = (5,390/2,400) h

ดังนั้นคิดเป็นใช้ไฟฟ้า = 1.5 x(746/1000) kW x (5,390/2,400) h

= 3.37 kWh

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 5,014.7 kg

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

เชื้อเพลิง LPG ในการต้มเพื่อ Rinse ขวดแก้ว 15 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา 15.87 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องล้างขวด 1 แรงม้า เครื่องบรรจุ 1 แรงม้า เครื่องปิดฝา 1 แรงม้า เครื่องปิดฉลาก 1 แรงม้า หลอดไฟ 80 W เครื่องซีล 4 kW รวมทั้งสิ้น 7.064 kW

ขั้นตอนนี้จากข้อมูลโรงงาน บรรจุ 2,400 ขวด ใช้เวลา = 1 ชม.

ดังนั้นถ้าบรรจุ 5,390 ขวด ใช้เวลา = (5,390/2,400) = 2.246 ชม. (h)

คิดเป็นใช้ไฟฟ้า = 7.064 kW x 2.246 h

= 15.87 kWh

น้ำในการต้มเพื่อ Rinse ขวดแก้ว 1,617 kg คิดจาก

ขวดแก้ว 1 ขวด ใช้น้ำ = 300 ml หรือ 300 g

ดังนั้นขวดแก้ว 5,390 ขวด ใช้น้ำ = 5,390 x (300/1000)

= 1,617 kg

ขวดแก้ว 2,400.17 kg มาจากการคิด ปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

ขวดแก้ว 1 ขวด หนัก = 0.445 kg

ดังนั้นขวดแก้ว 5,390 ขวด หนัก = 5,390 x 0.445

= 2,398.55 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.08% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.08x2,398.55)/100

= 1.92 kg

ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.08% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.08x2,398.55)/100

= 1.92 kg

ฉลากกระดาษ 8.13 kg มาจากการคิด ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

ฉลาก 1 ใบ หนัก = 1.51 g

ดังนั้นฉลาก 5,390 ใบ หนัก = (1.51/1000 kg) x 5,390

= 8.13 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณฉลากที่เสีย = 0.05% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.05x8.13)/100

= 0.004 kg

ปริมาณฉลากที่เสีย คิดมาจาก0.05% ของขวดแก้วที่ใช้ = (0.05x8.13)/100

= 0.004 kg

ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE 13.48 kg มาจากการคิด

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

ฝา 1 จุก หนัก = 0.0025 kg

ดังนั้นฝา 5,390 จุก หนัก = 5,390x0.0025

=13.48 kg

ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC 2.01 kg มาจากการคิด

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจาก

แคปซีลหุ้มฝา 1 ชิ้น หนัก = 0.3733 g

ดังนั้นแคปซีลหุ้มฝา 5,390 ชิ้น หนัก = 5,390x(0.3733/1000)

=2.01 kg

น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง 6.06 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

น้ำปลาที่ได้ 400 โหล เสีย = 6 ขวด

ดังนั้น 5,390 ขวด เสีย = (5,390x6)/(12x400)

= 6.7375 ขวด

ดังนั้นคิดเป็นน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผงหนัก = 6.7375 x 0.9 kg

= 6.06 kg

น้ำปลา 4,853 kg บรรจุได้ 5,390 ขวด คิดจาก

น้ำปลา 1 ขวดขนาด 750 ml. มีความหนาแน่น 1.2 kg/L คิดเป็นน้ำปลา = (4,853 x (750/1000)x1.2

= 4,044 L

เมื่อนำมาบรรจุใส่ขวด 750 ml. จะได้จำนวน = 4,044/(750/1000)

= 5,390 ขวด

น้ำปลา 750 ml มีความหนาแน่น 1.2 kg/L คิดเป็นน้ำปลาหนัก = 1.2x(750/1000) = 0.9 kg/ขวด

ดังนั้น 1 ขวด มีน้ำปลา 0.9 kg

ถ้า 5,390 ขวดจะ มีน้ำปลา 0.9x5,390 = 4,853 kg

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 2

จากตารางที่ 7.3 สามารถอธิบายรายละเอียดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยใช้สมการ : CO_2Emission = Activity data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ดังนี้คือ

หมายเหตุ ในตารางที่ 7.2 ปริมาณ/FU = (ปริมาณ/4,853) x 0.9 kg

เนื่องจากน้ำปลาขนาด 750 ml 1 ขวด มีความหนาแน่นของน้ำปลาเป็น 1.2 kg/l ดังนั้นมีน้ำปลา 0.9 kg

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ปลากะตัก

= 1.3501 kg x 0.1493 kgCO2 eq./kg

= 0.2016 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้เกลือสมุทรในการหมัก

= 0.9113 kg x 0.0056 kgCO2 eq./kg

= 0.0051 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการหมักน้ำปลา

= 0.0004 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0003 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสียที่เป็นกากปลา เพราะมีการนำไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกากปลา = 0 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการหมักน้ำปลา = 0.21 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้น้ำตาล

= 0.0300 kg x 1.0800 kgCO2 eq./kg

= 0.0324 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

= 0.0002 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.00013 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา l = 0.0325 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการกรองน้ำปลา

= 0.0001 kWh x 0.6093 kgCO2 eq. /kWh

= 0.00007 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการกรองน้ำปลา = 0.00007 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง LPG

= 0.0028 kg x 3.1100 kgCO2 eq.

= 0.0087 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิง LPG

= 0.0028 kg x 0.4122 kgCO2 eq.

= 0.0011 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในการบรรจุน้ำปลา

= 0.0029 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0018 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ

ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของน้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว เพราะมีการหมุนเวียนน้ำนำกลับไปใช้ซ้ำ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำในการต้มเพื่อรินซ์ขวดแก้ว = 0 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ขวดแก้ว

4.1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้ว

= 0.4452 kg x 0.7010 kgCO2 eq./kg

= 0.3121 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว

= 0.4452 kg x 1.6483kgCO2 eq./kg

= 0.7338 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฉลากกระดาษ

= 0.0015 kg x 0.7350 kgCO2 eq./kg

= 0.0011 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฝาจุกพลาสติก

4.3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE

= 0.0025 kg x 1.7257 kgCO2 eq./kg

= 0.0043 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.3.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก

= 0.0025 kg x 1.4162 kgCO2 eq./kg

= 0.0035 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.4) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก

4.4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0004 kg x 2.4704 kgCO2 eq./kg

= 0.0009 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4.4.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0004 kg x 0.5751 kgCO2 eq./kg

= 0.0002 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

5.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้วเสียหาย

= 0.0004 kg x 0.0000 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฉลากกระดาษเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.9300 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.3200 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.4) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.3200 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5.5) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง

ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำใหม่โดยการ Reprocess ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง = 0 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในกระบวนการบรรจุน้ำปลา = 1.07 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของผลิตภัณฑ์น้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษาที่ 2 มีค่า = (0.21+0.03+0.00007+1.07) kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml = 1.31 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โรงงานกรณีศึกษาที่ 3

จากข้อมูลในช่องปริมาณตามตารางที่ 7.4 สามารถแสดงที่มาของตัวเลขแต่ละกระบวนการผลิตได้ดังนี้

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

ปริมาณปลากะตัก 2,550 kg มาจากการคิด

ในการศึกษานี้ใช้วัตถุดิบในการหมักคือใช้ปลา 7,200 kg รวมกับเกลือ 2,400 kg รวมเป็น 9,600 kg

เมื่อหมักแล้วได้น้ำปลาคุณภาพชั้นที่ 1 = 3200 kg และกากปลาที่เกิดจากการหมักครั้งที่ 1 ประมาณ = 6,400 kg

จากนั้นนำกากปลาส่วนที่เกิดจากการหมักครั้งที่ 1 = 6,400 kg ไปหมักครั้งที่ 2 ต่อ จะได้กากปลาที่เกิดจากการหมักครั้งที่ 2 = 3,000 kg

ดังนั้นส่วนของการใช้กากปลาเป็นวัตถุดิบในการหมักครั้งที่ 2 จึงเหลือ = (6,400-3,000) kg

= 3,400 kg

และเมื่อปันส่วนของการใช้วัตถุดิบปลากะตัก ซึ่งคิดเป็น 75% ของการใช้กากปลาที่เป็นวัตถุดิบในการหมักครั้งที่ 2 จึง = (75/100) x 3,400 kg

= 2,550 kg (โดยประมาณ)

ปริมาณเกลือสมุทรในการหมัก 850 kg มาจากการคิด

จากข้อมูลข้างต้นส่วนของการใช้กากปลาเป็นวัตถุดิบในการหมักครั้งที่ 2 = 3,400 kg

ดังนั้นส่วนของการใช้วัตถุดิบเกลือ ซึ่งคิดเป็น 25% ของการใช้กากปลาที่เป็นวัตถุดิบในการหมักครั้งที่ 2 จึง = (25/100) x 3,400 kg

= 850 kg (โดยประมาณ)

ปริมาณน้ำในการทำน้ำกากปลาเก่า 4,000 kg มาจากการคิด

เนื่องจากน้ำปลาคุณภาพชั้นที่ 2 (น้ำ 2) ใช้น้ำ 2 หม้อในการต้มทำน้ำกากปลาเก่า

ซึ่งน้ำ 1 หม้อต้ม มีปริมาตรน้ำ = 2,000 L หรือ 2,000 kg

ดังนั้นน้ำ 2 หม้อต้ม จึงมีปริมาตรน้ำ = (2x2,000)/1 kg

= 4,000 kg

ปริมาณกากปลาเก่าที่เอามาใช้ต้มทำน้ำกากปลาเก่าเพื่อเอาไปผสมสำหรับใช้ในการหมักครั้งที่2 ที่ **2,100 kg**

มาจากการคิด

น้ำ 1 หม้อต้ม ใช้กากปลา = 30 เข่ง

ดังนั้นน้ำ 2 หม้อต้ม ใช้กากปลา = 60 เข่ง

ซึ่งกากปลา 1 เข่ง = 35 kg

ดังนั้นน้ำ 1 หม้อต้ม ใช้กากปลา = 60x35 kg

= 2,100 kg

ไฟฟ้ารวมในการหมักน้ำปลา 1.37 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องปั๊มน้ำมาหล่อเลี้ยงหม้อต้ม 1 แรงม้า (746 W) ใช้เวลา 30 นาที

= (746/1000) kW x (30/60) h

= 0.373 kWh

ไฟฟ้าของเครื่องปั๊มสูบน้ำในการผสมทำน้ำกากปลาเก่า 2 แรงม้า ใช้เวลา 20 นาที

= (746/1000) kW x (20/60) h

= 0.249 kWh

ไฟฟ้าของเครื่องกวนทำน้ำกากปลาเก่า 2 แรงม้า ใช้เวลา 1 ชม.

= (746/1000) kW x 1 h

= 0.746 kWh

เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวสำหรับการต้มน้ำ 80 kg มาจากการคิด

เนื่องจากน้ำ 2 ใช้น้ำในการต้ม 2 หม้อ

ซึ่งการต้มน้ำ 1 หม้อ ใช้เชื้อเพลิง = 40 kg

ดังนั้นการต้มน้ำ 2 หม้อ จึงใช้เชื้อเพลิง = (2x40) kg

= 80 kg

กากปลา 3,000 kg มาจากข้อมูลโรงงานที่ได้อธิบายว่าการหมักครั้งนี้ทำให้เกิดส่วนกากปลาของการหมักครั้งที่ 2 ปริมาณ 3,000 kg

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = ปลา+เกลือ+น้ำ+กากปลาเก่า-กากปลา= 6,500 kg

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

วัตถุดิบส่วนผสม (น้ำตาล) 230 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

วัตถุดิบส่วนผสม (ไอโอดีน) 30 g หรือ 0.03 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

ไฟฟ้ารวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา 0.63 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องกวนในการผสมน้ำปลา มอเตอร์ 500 Watt ใช้เวลา 20 นาที

= (500/1000) kW x (20/60)h

= 0.167 kWh

ไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำปลาจากบ่อพักไปบ่อผสม 1 แรงม้า

ซึ่งการใช้ปั๊มในการดูน้ำปลาจากบ่อพักไปบ่อผสม 1 แรงม้า ที่น้ำปลา 9,000 L จะใช้เวลา = 1 ชม.(h)

ดังนั้นน้ำปลาที่ได้จากการหมักน้ำ 2 ปริมาณ 6,700 kg หรือ (6,700/1.2 = 5,580 L) จะใช้เวลา

= 5,580/9,000 h

= 0.62 h

ดังนั้นไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำปลาจากบ่อพักไปบ่อผสม 1 แรงม้า ที่เวลา 0.62 h

= (746/1000)kW x 0.62h

= 0.462 kWh

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 6,500 kg + น้ำตาล+เกลือไอโอดีน = 6,730 kg

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

ไฟฟ้ารวมในการกรองน้ำปลา 0.746 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของปั๊มในการดูดน้ำปลาจากบ่อผสมไปการบรรจุโดยผ่านไส้กรอง 1 h x (746/1,000) = 0.746 kWh

(มอเตอร์ 1 แรงม้า (746 W) จากข้อมูลโรงงานใช้เวลา 1 ชม. ที่การกรองน้ำปลาปริมาณ 7,800 ขวด)

ผลิตภัณฑ์ระหว่างทาง (หัวน้ำปลาหรือน้ำปลา) = 6,730 kg หรือประมาณ 6,700 kg

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

ไฟฟ้ารวมในการบรรจุน้ำปลา 16.29 kWh มาจากการคิด

ไฟฟ้าของเครื่องปั๊มลม 5 แรงม้า เครื่องบรรจุ 2.4 แรงม้า กล่องไฟตรวจขยะ 36 Watt เครื่องพ่นหมึก code 75 Watt เครื่องปิดฉลาก 2 แรงม้า สายพานลำเลียง 1แรงม้า จานหมุนขวด 1 แรงม้า รวมทั้งสิ้นประมาณ 9 kWh (โดยที่ 1 แรงม้า คิดเป็น 746 Watt)

ซึ่งขั้นตอนนี้จากข้อมูลโรงงานในการบรรจุขวด 1 นาที บรรจุได้ = 72 ขวด

ดังนั้นใน 1 ชม. หรือ 60 นาที บรรจุได้= 72x60 = 4,320 ขวด

หรือบรรจุ 4,320 ขวด ใช้เวลา = 1 ชม.(h)

ดังนั้นถ้าต้องบรรจุทั้งหมด 7,800 ขวด จะใช้เวลา = 7,800/4,320 h

= 1.81 h

ดังนั้นในการบรรจุน้ำปลาใช้ไฟฟ้าคิดเป็น = 9 kWh x 1.81 h

= 16.29 kWh

ขวดแก้ว 4,469.07 kg มาจากการคิด ปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณขวดน้ำปลาที่ได้ คิดมาจาก

ขวดแก้ว 1 ใบหนัก 0.6 kg

ปริมาณน้ำปลาทีได้จากน้ำ 2 คือ 6,700 kg ที่ความหนาแน่นน้ำปลา 1.2 kg/L บรรจุใส่ขวด 750 มล. แสดงว่าขวด 1 ใบหนัก 0.6 kgมีน้ำปลาหนัก = (750/1000) x 1.2 = 0.9 kg

หรือน้ำปลาหนัก 0.9 kg คิดเป็นขวดแก้วหนัก = 0.6 kg

ดังนั้นน้ำปลาหนัก 6,700 kg คิดเป็นขวดแก้วหนัก = (6,700x 0.6)/0.9 kg

= 4466.67 kg

และจากข้อมูลโรงงานปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย คิดมาจากในการบรรจุ 6,000 ขวด มีขวดเสีย = 3 ขวด

ดังนั้นถ้าบรรจุ 7,800 ขวด คิดเป็นขวดเสีย = (7,800 x3)/6,000

= ประมาณ 4 ขวด

หรือคิดเป็น = 4x0.6 = 2.4 kg

ปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย 2.4 kg คิดมาจาก

จากข้อมูลโรงงานปริมาณขวดน้ำปลาที่เสีย คิดมาจากในการบรรจุ 6,000 ขวด มีขวดเสีย = 3 ขวด

ดังนั้นถ้าบรรจุ 7,800 ขวด คิดเป็นขวดเสีย = (7,800 x3)/6,000

= ประมาณ 4 ขวด

หรือคิดเป็น = 4x0.6 = 2.4 kg

ฉลากกระดาษ 7.80 kg มาจากการคิด ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ + ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย

ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจากฉลาก 1,000 ใบ หนัก = 1 kg

ดังนั้นฉลาก 7,800 ใบ หนัก = (7,800/1000) = 7.8 kg

จากข้อมูลโรงงานปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.05% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.05x7.8)/100 = 0.0039 kg

ปริมาณฉลากบนขวดน้ำปลาที่เสีย = 0.05% ของขวดแก้วที่ใช้

= (0.05x7.8)/100 = 0.0039 kg

ฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE 62.40 kg มาจากการคิด

ปริมาณฝาบนขวดน้ำปลาที่ได้ คิดจากฝา 125 จุก หนัก = 1 kg

ดังนั้นฝา 7,800 จุก หนัก = 7,800/125 kg

= 62.4 kg

ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC 11.70 kg มาจากการคิด

แคปซีลหุ้มฝา 1 ชิ้น หนัก = 1.5 g

ดังนั้นแคปซีลหุ้มฝา 7,800 ชิ้น หนัก = (7,800x1.5)/1000) kg

=11.70 kg

น้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง 0.335 kg มาจากข้อมูลโรงงาน

คิดเป็น 0.005% ของน้ำปลาที่ได้จริง = (0.005x6,700)/100

= 0.335 kg

น้ำปลา 6,700 kg น้ำปลา 1 ขวดขนาด 750 ml จำนวน 7,800 ขวด

จากข้อมูลโรงงานน้ำปลาขนาดขวดปริมาตร 750 ml มีน้ำปลาอยู่ = 0.9 kg

หรือน้ำปลาในขวด 0.9 kg เท่ากับขวดปริมาตร 750 ml = 1 ขวด

ดังนั้น น้ำปลา 6,700 kg เท่ากับขวดปริมาตร 750 ml = (6,700/0.9) ประมาณ 7,800 ขวด

การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงงานกรณีศึกษาที่ 3

จากตารางที่ 7.4 สามารถอธิบายรายละเอียดการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในแต่ละกระบวนการผลิต โดยใช้สมการ : CO_2Emission = Activity data หรือปริมาณ/FU x Emission Factor (EF) ดังนี้คือ

หมายเหตุ ในตารางที่ 7.4 ปริมาณ/FU = (ปริมาณ/6,700) x 0.9 kg

เนื่องจากน้ำปลาขนาด 750 ml 1 ขวด มีความหนาแน่นของน้ำปลาเป็น 1.2 kg/l ดังนั้นมีน้ำปลา 0.9 kg

<u>กระบวนการหมักน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ปลากะตัก

= 0.3425 kg x 0.1493 kgCO2 eq./kg

= 0.0512 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้เกลือสมุทรในการหมัก

= 0.1142 kg x 0.0056 kgCO2 eq./kg

= 0.0006 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้การปลาเก่า

ไม่คิดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้การปลาเก่า เนื่องจากกากปลานี้ได้มาจากกากปลาเก่าที่เป็นกากของเสียของกระบวนการผลิตอื่น ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ = 0

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำ

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำประปาสำหรับผสมทำน้ำกากปลาเก่า

= 0.5375 kg x 0.2416 kgCO2 eq./kg

= 0.1298 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าวสำหรับการต้มทำน้ำกากปลาเก่า

3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว

ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว เพราะมาจากของเสียกระบวนการอื่น ดังนั้นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการได้มาของเชื้อเพลิงกะลามะพร้าว = 0

3.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการเผาไหม้เชื้อเพลิงกะลามะพร้าว

= 0.0107 kg x 0.6930 kgCO2 eq./kg

= 0.0074 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

4) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการหมักน้ำปลา

= 0.0002 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0001 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

5) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

ขั้นตอนนี้ไม่คิดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสียที่เป็นกากปลา เพราะมีการนำไปทำปุ๋ยและให้อาหารสัตว์ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกากปลา = 0 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในการหมักน้ำปลา = 0.19 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการปรุงแต่งรสน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้น้ำตาล

= 0.0309 kg x 1.0800 kgCO2 eq./kg

= 0.0334 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ไอโอดีน (เกลือทะเล)

= 0.0000 kg x 0.0056 kgCO2 eq./kg

= 0.00000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการปรุงแต่งรสน้ำปลา

= 0.0001 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0001 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในการปรุงแต่งรสน้ำปลา l = 0.0334 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการกรองน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการกรองน้ำปลา

= 0.0001 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0001 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในการกรองน้ำปลา = 0.0001 kgCO2 eq.

<u>กระบวนการบรรจุน้ำปลา</u>

1) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ไฟฟ้า

1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไฟฟ้าที่ใช้ในขั้นตอนการบรรจุน้ำปลา

= 0.0022 kWh x 0.6093 kgCO2 eq./kWh

= 0.0013 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้วัตถุดิบประกอบด้วย

2.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ขวดแก้ว

2.1.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้ว

= 0.6003 kg x 0.7010 kgCO2 eq./kg

= 0.4208 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.1.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว

= 0.6003 kg x 1.6483kgCO2 eq./kg

= 0.9895 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฉลากกระดาษ

= 0.0010 kg x 0.7350 kgCO2 eq./kg

= 0.0008 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ฝาจุกพลาสติก

2.3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฝาจุกพลาสติกชนิด LDPE

= 0.0084 kg x 1.7257 kgCO2 eq./kg

= 0.0145 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.3.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปฝาจุกพลาสติก

= 0.0084 kg x 1.4162 kgCO2 eq./kg

= 0.0119 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.4) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการใช้ซีลพลาสติกหุ้มฝาจุก

2.4.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0016 kg x 2.4704 kgCO2 eq./kg

= 0.0039 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

2.4.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกระบวนการขึ้นรูปซีลพลาสติกหุ้มฝาจุกชนิด PVC

= 0.0016 kg x 0.5751 kgCO2 eq./kg

= 0.0009 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3) การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกากของเสีย

3.1) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขวดแก้วเสียหาย

= 0.0003 kg x 0.0000 kgCO2 eq./kg

= 0.0000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3.2) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของฉลากกระดาษเสียหาย

= 0.0000 kg x 2.9300 kgCO2 eq./kg

= 0.00000 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

3.3) ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง

ไม่คิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง เพราะมีการหมุนเวียนนำกลับไปใช้ซ้ำใหม่โดยการ Reprocess ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของน้ำปลาที่มีการปนเปื้อนฝุ่นผง = 0 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมในการบรรจุน้ำปลา = 1.44 kgCO2 eq.

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวมของผลิตภัณฑ์น้ำปลาในโรงงานกรณีศึกษาที่ 3 มีค่า = (0.19+0.03+0.0001+1.44) kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml = 1.67 kgCO2 eq. ต่อน้ำปลาหนึ่งขวดขนาด 750 ml

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ

การรวบรวมข้อมูลแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์	1. มีการใช้กระป๋องรีไซเคิลแทนกระป๋องใหม่ในกิจกรรมการผลิตกระป๋อง เพื่อลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์หรือลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [ฑ] 2. มีการใช้กระดาษลักษณะที่เป็นรังผึ้ง (beehive) แทนการใช้กระดาษแข็งแบบลักษณะเป็นรูปคลื่น (triple waved cardboard) เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมของการใช้วัตถุดิบกระดาษแข็งและยังเป็นการลดการกำจัดของเสียของวัตถุดิบอีกด้วย [ณ] 3. มีการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็น PP แทนการใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็น HDPE เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [ณ] 4. มีการใช้พลาสติก PE แทนที่พลาสติก PP และพยายามให้มีการใช้อะลูมิเนียมและเหล็กรีไซเคิลแทนที่อะลูมิเนียมและเหล็กใหม่ให้ได้มากที่สุด เพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม [ด] 5. การรีไซเคิลแก้วสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าการผลิตแก้วใหม่ [ข] 6. การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ในการผลิตเป็นซองกระดาษแทนการบรรจุขวด เช่น เครื่องดื่มผงชงดื่มชาเขียวบรรจุซองชา ใช้ชงดื่มแทนการบรรจุขวดพร้อมดื่มเพื่อลดจำนวนบรรจุภัณฑ์ใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายได้ง่าย หรือ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น กระดาษ วัสดุจากธรรมชาติรวมทั้งยกเลิกหีบห่อที่ไม่จำเป็น [ค]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิง	1. การใช้ก๊าซชีวภาพและชีวมวลแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าหรือความร้อนสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [ก] 2. มีการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งในรูปแบบต่างๆ เพื่อทดแทนการผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานไฟฟ้าหรือทดแทนการผลิตน้ำร้อนโดยการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเตาหรือน้ำมันดีเซลซึ่งส่งผลให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า [ซ] 3. มีการใช้ชีวมวลทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ประกอบกับเทคโนโลยีการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงเพื่อเพิ่มเสถียรภาพด้านเชื้อเพลิงให้กับโรงงานอุตสาหกรรม [ซ] 4. การใช้พลังงานไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ พลังงานนิวเคลียร์ และพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานจากลม น้ำ ชีวมวล และแสงอาทิตย์ เป็นต้น ทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากถ่านหิน จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ [ก] 5. มาตรการเปลี่ยนไปใช้พลังงานหมุนเวียน หรือพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นหนึ่งในมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกแบบสมัครใจในประเทศไทย [ธ] 6. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากการผลิตพลังงานทดแทน เช่น ชีวมวล (Biomass) วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร (Agricultural residues) และขยะมูลฝอย (Municipal solid waste หรือ MSW) เป็นต้น นอกจากทำให้ลดการสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศแล้ว ยังทำ ให้การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง [จ] 7. นำเชื้อเพลิงชีวมวล เช่น ไบโอแก๊สจากน้ำเสีย มาใช้ในการผลิตแทนการใช้ไฟฟ้า เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาชีวมวลจะถูกหมุนเวียนกลับไปใช้โดยพืชเพื่อสังเคราะห์แสง จึงไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก [ฝ] 8. การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพที่ได้จากการหมักแบบไร้อากาศ [ฎ]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี, ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า	1. มีการใช้เทคโนโลยีสะอาดด้วยการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม Combine Heat Power (CHP) ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทำให้สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ [ก], [ฉ], [ธ] 2. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ [บ] 3. การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรและเทคโนโลยีมีผลต่อศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า [ฒ],[น] 4. มีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์ การ Balance Load การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ซึ่งทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง [ป] 5. การปรับปรุงเครื่องจักรให้มีสภาพที่ดีเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เช่น การควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่างๆ การเปลี่ยนอุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำมาใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และการทำความสะอาดเครื่องจักรและปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานให้ถูกต้อง เป็นต้น อีกทั้งการเพิ่มส่วนประกอบเข้าไปในระบบหรืออุปกรณ์เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เช่น การติดตั้ง Timer ควบคุมอุปกรณ์ เป็นต้นจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ [ผ],[ฑ] 6. การปรับปรุงประสิทธิภาพคอมเพรสเซอร์ ด้วยการใช้ระบบควบคุมการทำงานแบบ Inverter จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ [ด] 7. ในโรงงานผลิตอาหารทะเลกระป๋อง สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าด้วยการปรับปรุงสายพานลำเลียงให้มีประสิทธิภาพการป้อนวัตถุดิบสูงขึ้น ควรมีการบำรุงรักษาเครื่องจักรอยู่เสมอ ควรใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือมีการปรับลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าของโรงงานด้วยการติดตั้ง voltage regulator [ญ]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี, ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อลดการใช้<u>ไฟฟ้า</u> (ต่อ)	8. ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องมีการใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า ด้วยการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง เช่น เพื่อหยุดสายพานขณะไม่มีวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ผ่าน [ฑ] 9.ปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหารให้การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะเครื่องจักรที่ต้องใช้พลังงานสูงเช่น เครื่องระเหย (evaporator) เครื่องอบแห้ง (drier) หม้อฆ่าเชื้อ (retort) เครื่องแช่เยือกแข็ง (freezer) เครื่องทอดโดยการใช้ระบบอัตโนมัติ หรือ ใช้ อุปกรณ์ ควบคุม อุณหภูมิ ความดัน เพื่อตัดการทำงานเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ มีการติดตั้งมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เครื่องผสมเพื่อลดการสิ้นเปลืองพลังงาน [ค] 10. การเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้า สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ [ก]
ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี, ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อลดการใช้<u>ความร้อน</u>	1. ในโรงงานอาหารทะเลกระป๋องสามารถลดการใช้และการสูญเสียพลังงานจากการนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยเทคโนโลยีการนำน้ำทิ้งที่มีความร้อนสูงกลับมาใช้ใหม่ และควรมีการหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนของอุปกรณ์ [ญ] 2. หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ เป็นหลักการลดการใช้ความร้อนโดยใช้น้ำมันเตาในอุตสาหกรรมรายสาขากระป๋อง [ฑ] 2. การหุ้มฉนวนท่อไอน้ำ การลดการรั่วไหลของไอน้ำ และการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง [ป] 3. การนึ่งปลา ควรติดแผ่นกันไอน้ำไหลออกจากรางนึ่งปลาบริเวณทางเข้าและหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำและตรวจสอบประสิทธิภาพเสมอ [ง]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี,ปรับปรุงเครื่องจักร หรือเพิ่มเติมอุปกรณ์บางชนิดเพื่อลดการใช้น้ำ	1. ลดการใช้น้ำโดยติดตั้งหัวฉีดแรงดันสูงที่ปลายสายยาง [ฑ] 2. ในการผลิตปลากระป๋อง สามารถลดการใช้น้ำในการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบและภาชนะ ด้วยการปรับขนาดรูสเปรย์น้ำและปรับความเร็วของสายพานลำเลียงวัตถุดิบ และติดตั้งหัวฉีดแรงดันสูงที่ปลายสายยาง อีกทั้งติดตั้งวาล์วในแต่ละช่วงของท่อ เพื่อลดการรั่วไหลของน้ำ [ญ] 3. ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง มีการใช้เทคโนโลยีสะอาดด้วยการติดตั้งเครื่องฉีดน้ำแรงดันสูง เพื่อใช้ในการทำความสะอาด เพื่อลดการใช้น้ำ [ฌ] 4. ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องมีการใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดการใช้น้ำ โดยติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำ และล้างกระป๋องเป่าแบบสวนกระแส [ฑ] 5. บริษัท เอส ซี โชคูฮิน จำกัด ผู้ผลิตอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง เปลี่ยนมาใช้หัวฉีดสายยางแบบปรับระดับความแรงได้ พร้อมทั้งสามารถปิดเปิดน้ำได้จากหัวฉีด, การล้างวัตถุดิบด้วยน้ำเย็น (การทิ้งน้ำแข็งรวมกับน้ำล้างถือเป็นความสูญเสีย), ลดอุณหภูมิน้ำเข้าโดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำทิ้งที่ยังเย็นอยู่ก่อนนำมาทำน้ำเย็น, ติดตั้งมิเตอร์น้ำที่ใช้ในแต่ละแผนก เพื่อสะดวกต่อการตรวจสอบการใช้น้ำและการสูญเสีย [ฎ] 6. อุตสาหกรรมอาหารแปรรูป บริษัทหาดใหญ่แคนนิ่ง จำกัด มีการติดตั้งวาล์วในแต่ละช่วงของท่อ เพื่อลดการรั่วไหลของน้ำ [ง]
ปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ไฟฟ้า	1. การปรับ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ หรือระบบท่อไอน้ำ เข้าสู่เครื่องจักรและอุปกรณ์แปรรูปอาหาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและลดการสูญเสีย [ค] 2. ในการเติมซอสมะเขือเทศ เรียงกระป๋องให้ชิดเต็มสายพานหรือปรับปรุงสายพานไม่ให้กระป๋องขาดช่วง [ง] 3. ควบคุมการบริหารกำลังไฟฟ้า [ฑ]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้ความร้อน	1. นำไอน้ำที่เกินความจำเป็นจากการนึ่งปลาไปใช้ในการให้ความร้อนส่วนอื่น [ง] 2. การนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการย่างกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบ สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในการทำขนมขบเคี้ยวทำจากปลา [ถ] 3. การนำความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการเผากลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการอบไล่ความชื้น สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ในการผลิตกระเบื้องเซรามิกปูพื้น [ท]
ปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้น้ำ	1. ในการผลิตปลากระป๋อง สามารถลดการใช้น้ำในการละลายน้ำแข็งจากวัตถุดิบได้ โดยเลือกใช้ภาชนะบรรจุที่มีขนาดเหมาะสมกับปริมาณวัตถุดิบ หรือควรปล่อยน้ำเข้าแบบต่อเนื่องและหมุนเวียนน้ำที่จุดระบายออกกลับมาใช้ซ้ำ หรือควรแยกน้ำแข็งออกจากวัตถุดิบก่อนเพื่อให้สามารถนำน้ำแข็งกลับมาใช้ซ้ำได้ ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการป้องกันและลดมลพิษ สำหรับในกรณีที่ใช้วิธีการเติมน้ำทดแทนการใช้น้ำในการละลายน้ำแข็ง ควรระมัดระวังการไหลล้นของน้ำออกจากถังแช่วัตถุดิบอยู่เสมอ, ตรวจรอยรั่วหรือการชำรุดของท่อน้ำและถังน้ำอยู่เสมอ ควรปิดวาล์วน้ำหรือก๊อกน้ำให้สนิททุกครั้งหลังจากการใช้งาน รวบรวมภาชนะและอุปกรณ์เพื่อล้างปริมาณมากแต่น้อยครั้ง, เพิ่มปริมาณวัตถุดิบในการล้างด้วยน้ำปริมาณเดิม เป็นต้น [ญ] 2. ในอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระป๋อง สามารถลดการใช้น้ำในการล้างกระป๋องด้วยวิธีการล้างแบบสวนกระแสแทนการล้างแบบตามกระแส [ญ],[ฑ] 3. ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง มีการใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดการสูญเสียน้ำหรือการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการปรับปรุงวิธีการทำงานเพื่อให้เกิดการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่และลดการสูญเสียน้ำโดยไม่จำเป็น [ฌ]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
ปรับเปลี่ยนวิธีการปฏิบัติงานเพื่อลดการใช้น้ำ (ต่อ)	4. ปรับขนาดของรุสเปรย์ให้เล็กลงในขั้นตอนการล้างกระป๋อง และมีการติดตังหัวฉีดแรงดันสูงที่ปลายสายยาง [ง] 5. บริษัท เอส ซี โชคูฮิน จำกัด ผู้ผลิตอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งได้มีการเปลี่ยนจากการใช้น้ำครั้งเดียวแล้วทิ้งมาเป็นการล้างแบบสวนกระแส และปรับเปลี่ยนลดขั้นตอนการล้างเพื่อลดการใช้น้ำมีการปรับปรุงการรับวัตถุดิบที่มีความสะอาดสูงขึ้น หรือมีเทคโนโลยีการล้างที่ประสิทธิภาพดีขึ้น, กำหนดปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างวัตถุดิบหรืออุปกรณ์ให้เหมาะสม อ่างบรรจุน้ำเพื่อล้างภาชนะควรเติมน้ำไม่เกิน 80-90% เผื่อปริมาตรเพื่อใส่วัตถุดิบอุปกรณ์หรือน้ำแข็งจะป้องกันการล้นของน้ำ และหากอ่างน้ำมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็นควรลดขนาดลงหรือลดระดับน้ำที่ใช้ลงอีก, การใช้น้ำแข็งเพื่อทำน้ำเย็น ควรใช้น้ำแข็งก้อนใหญ่ซึ่งละลายช้ากว่าน้ำแข็งบดหรือเกล็ดเล็ก, เพิ่มปริมาณวัตถุดิบในการล้างแต่ละน้ำ, การล้างหลายขั้นตอนควรสะเด็ดน้ำที่ติดมากับวัตถุดิบให้มากที่สุดก่อนย้ายวัตถุดิบที่จะล้างลงในน้ำในขั้นตอนต่อไป, การเติมน้ำลงในถังควรปิดวาล์วน้ำก่อนที่น้ำจะล้นถัง ควรปิดน้ำทุกครั้งเมื่อไม่ใช้แม้เป็นระยะเวลาไม่นาน กำจัดเศษขยะและคราบติดแน่นก่อนล้างด้วยน้ำ ควรลดความถี่ในการล้างโดยล้างครั้งละมากๆ [ฎ] 5. การปรับปรุงการดำเนินการผลิต เพื่อลดปริมาณ น้ำล้าง น้ำทิ้ง เช่น ในอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง อาจหาวิธีการประหยัดน้ำเพื่อการละลายปลาทูน่า ก่อนเข้ากระบวนการผลิต การหาการนำประโยชน์จากน้ำทิ้งจากการนึ่งปลา เป็นต้น [ค]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
การนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดการเกิดของเสีย	1. การลดของเสียจากการผลิต เป็นปัจจัยหนึ่งในมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [ป] 2. การลดของเสียจากการผลิตด้วยการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ให้ได้มากที่สุด จะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในการกำจัดของเสียนั้นๆ [ด] 3. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เป็นชนิดเติม(Refill) ชนิดกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) หรือชนิดสามารถแปลงเพื่อนำมาใช้ใหม่ (Recycle) เป็นกรรมวิธีที่สามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้จากการลดของเสียจากกระบวนการผลิต [ต] 4. การรีไซเคิลแก้วสามารถลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมได้มากกว่าการผลิตแก้วใหม่ [ต] 5. ในการผลิตปลากระป๋อง สามารถลดการสูญเสียในการปิดฉลากและบรรจุกล่องที่เกิดจากเครื่องจักรด้วยการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรเป็นประจำทุกสัปดาห์ [ญ] 6. การปิดฉลากและบรรจุกล่อง เช่น ควบคุมชนิดและปริมาณกาวที่ใช้ในการยึดแต่ละกระป๋อง การนำฉลากที่ยังมีสภาพดีมาใช้ใหม่ ตรวจสอบสายพานของเครื่องจักรอยู่เสมอ [ง]
การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ และ/หรือนำกลับมาใช้ใหม่เพื่อลดการเกิดของเสีย	1. ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องลดการใช้น้ำ ด้วยการนำน้ำล้นหรือนำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ หรือนำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำกลับไปใช้ในระบบหม้อไอน้ำ [ฑ] 2. ในการผลิตปลากระป๋อง สามารถนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำโดยการหมุนเวียนน้ำที่จุดระบายออกกลับมาใช้ซ้ำ หรือควรแยกน้ำแข็งออกจากวัตถุดิบก่อนเพื่อให้สามารถนำน้ำแข็งกลับมาใช้ซ้ำได้ ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติที่ดีสำหรับการป้องกันและลดมลพิษ [ญ] 3. มีการติดตั้งอุปกรณ์ดักเศษวัตถุดิบที่ไม่ต้องการจากนั้นรองรับน้ำเสียด้วยภาชนะที่ไม่เป็นช่อง เพื่อนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ และให้มีการรวบรวมน้ำล้างในการล้างกระป๋องกลับมาใช้ใหม่ นอกจากนี้การปิดผนึกสามารถนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ในการล้างส่วนอื่น และนำน้ำ condensate มาใช้ล้างกระป๋อง ,การลดอุณหภูมิกระป๋องนำน้ำทิ้งที่ไหลล้นจากการหล่อเย็นมาใช้ใหม่หรือใช้ในการล้างอื่นๆ [ค]

ตารางที่ จ.1 ตัวอย่างแนวทางของการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ประเภทของแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิต เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ที่มาของปัจจัย
การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็น	1. ติดตั้งอุปกรณ์เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากอุปกรณ์ต่างๆ ในขณะทำการซ่อมบำรุง [ฐ]
การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดขยะมูลฝอย	1. ลดการฝังกลบขยะอินทรีย์ [ฏ] 2. การหมักทำปุ๋ยช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์ที่จะถูกนำไปฝังกลบ อีกทั้งการเผาขยะมูลฝอยช่วยลดการเกิดก๊าซมีเทนแทนการฝังกลบ นอกจากนี้ยังสามารถผลิตไฟฟ้าจากการเผาขยะได้อีกด้วย [ฏ]
ปรับเปลี่ยนวิธีการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	1. ใช้ก๊าซธรรมชาติแทนน้ำมันดีเซล [ฏ] 2. การจัดการขนส่งสินค้าให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด[ฐ] 3. เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของยานยนต์และการเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางและขนส่ง จะมีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว [ก] 4. ใช้อุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุ (conveyor) ที่เหมาะสมในการผลิตอาหารเพื่อลดพลังงานในการขนส่ง ขนถ่ายอาหาร [ค]
ปรับเปลี่ยนวิธีการในการลดก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตหรือใช้สารเคมี	1. ลดการใช้ปุ๋ยเคมี ใช้ปุ๋ยหมักทดแทน [ฏ]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

[ก] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2554). รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ.2554 พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: บริษัทวิกิ จำกัด.

[ข] บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด (มหาชน). (2558). การรีไซเคิล. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.bangkokglass.co.th/index.php?page=content&id=5&sId=29 [12 กรกฎาคม 2557]

[ค] ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2555). อุตสาหกรรมอาหารกับเทคโนโลยีสะอาด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0201/%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%95%E0%B8%AA%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A1%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%AB%E0%B8%B2%E0%B8%A3-%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A-%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%84%E0%B9%82%E0%B8%99%E0%B9%82%E0%B8%A5%E0%B8%A2%E0%B8%B5%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%94 [15 พฤษภาคม 2556]

[ง] บริษัทหาดใหญ่แคนนิ่ง จำกัด. (2555). เทคโนโลยีสะอาดกับอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tei.or.th/songkhlalake/activity/activity_table/phase1/training_hatyai.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[จ] เพชรดา เวณุนันท์, วารุณี ลิขิตสุภิณ และปมทอง มาลากุล ณ อยุธยา. การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะมูลฝอยชุมชน. วารสารสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 15 เล่มที่ 3 :26-34.

[ฉ] บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร (จำกัด). (2552). รายงานประจำปี 2551 บริษัทเจริญโภคภัณฑ์อาหาร (จำกัด).

[ช] สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์. (2553). โครงการส่งเสริมระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับอาคารของรัฐ (ปีที่ 2). [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/307 [15 พฤษภาคม 2556]

[ซ] สำนักวิจัยค้นคว้าพลังงาน. (2551). โครงการส่งเสริมการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนร่วมจากชีวมวลในภาคอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://webkc.dede.go.th/testmax/node/307 [15 พฤษภาคม 2556]

[ฌ] สุกัญญา บรรเภสัช. (2547). เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดต่อการลดต้นทุนในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง. วารสารสิ่งแวดล้อม. ฉบับที่ 2 (มีนาคม-มิถุนายน) :5-10.

[ญ] หนังสือแนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป : ประเภทปลา
กรมควบคุมมลพิษ เล่มที่ 4/8 มกราคา 2548

[ฎ] เทคโนโลยีสะอาด อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง บริษัท เอส ซี โชคูฮิน จำกัด. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tei.or.th/songkhlalake/activity/activity_table/phase1/training_sc.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[ฏ] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การหมาชน). (2556). คู่มือการใช้โปรแกรมคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะมูลฝอยโดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://pub.iges.or.jp/modules/envirolib/upload/5078/attach/Thai-GHG_calculation-manual.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[ฐ] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การหมาชน). แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/filedownload/1386869761-46.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[ฑ] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา : พืช ผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับประรดกระป๋อง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://oaep.diw.go.th/ctu/pdf/codeofpractice_cannedfood_th.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[ฒ] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2555) โครงการศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของอุตสาหกรรมเคมี อาหาร สิ่งทอ แก้ว และเซรามิค [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tgo.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=525:carbon-intensity-chemical-industry-food-texttiles-ceramic-glass&catid=62:tgo-research&Itemid=29 [15 พฤษภาคม 2556]

[ณ] J. Zufa and L. Arana. (2008). Life cycle assessment to eco-design food products : industrial cooked dish case study Journal of cleaner production 16(2008):1915-1921

[ด] สุรศักดิ์ วิทย์ศลาพงษ์. (2548). การประเมินวัฏจักรชีวิตของตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[ต] อรรถพล เรืองกฤษ. (2554) ปัจจัยปรับปรุงบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมน้ำตาล ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิค AHP วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการด้านโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[ถ] ธรรมนูญ อินทร์มะณี, และคณะ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขนมขบเคี้ยวทำจากเนื้อปลา และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้

[ท] นวพล ลีวัฒนา, และคณะ. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์กระเบื้องเซรามิกปูพื้น และการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่สำหรับการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

[ธ] พรศิริ สุพัฒน์. (2553). การเลือกทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นในโรงงานปิโตรเคมี วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[น] พงศ์ปิติ เดชะศิริ, อัจฉริยา สุริยะวงศ์ และวีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์. (2556). ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน): 18-33

[บ] นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. (2554). เทคโนโลยีพลังงานทางเลือกเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.sti.or.th/th/images/stories/stipolicyforum2012/ppt/1_STI%20Policy%20Forum_21102554.pdf [15 พฤษภาคม 2556]

[ป] ขวัญชนก เสียงจันทร์. (2554). การประเมินการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนจากกระบวนการผลิตอาหารสัตว์น้ำ. ปริญญาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[ผ] โครงการสนับสนุนการให้คำปรึกษาเพื่อลดต้นทุนพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: www.dede-sme.com/concept.html [15 พฤษภาคม 2556]

[ฝ] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. สศค.ชี้นม–โยเกิร์ต ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากสุด แนะผู้ผลิตใช้พลังงานชีวมวล เลี้ยงโคแบบออร์แกนิก ลดก๊าซเรือนกระจก [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.dailynews.co.th/economic/196290 [15 พฤษภาคม 2556]

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัจนา ใจสุวรรณ เกิดวันที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2532 ที่จังหวัดระยอง สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2554 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2555

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University