การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง

Efficiency Improvement of Water Use in Tuna Canning Industry

พัชรินทร์ สรรเพชร

Patcharin Sanpetch

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Master of Engineering in Industrial and Systems Engineering

Prince of Songkla University

2553

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง
ผู้เขียน นางสาวพัชรินทร์ สรรเพชร
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

……..
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์)

……
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

คณะกรรมการสอบ

…….....……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อุดมผล พืชน์ไพบูลย์)

……กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กลางเดือน โพชนา)

……...…….กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเมธ ไชยประพัทธ์)

……...…….กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.องุ่น สังขพงศ์)

……...…….กรรมการ
(ดร.อรรณพ นพรัตน์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและระบบ

……..
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง
ผู้เขียน นางสาว พัชรินทร์ สรรเพชร
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการและระบบ
ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ความรู้ด้านเทคโนโลยีสะอาด สำหรับลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง ซึ่งขอบเขตของงานวิจัยครอบคลุม 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการละลายปลา และกระบวนการผ่าท้องปลา ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย (1) การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้น้ำของโรงงาน (2) วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นและเลือกกระบวนการผลิตเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงที่สามารถปฏิบัติได้ทันทีและแนวทางที่ต้องศึกษาอย่างละเอียด (3) ศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางที่ต้องศึกษาอย่างละเอียดโดยการทดลอง (4) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลของแนวทาง ก่อน-หลังปรับปรุง (5) สรุปผล ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับการหาแนวทางการปรับปรุงมาตรฐานการดำเนินงานและการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ผลการศึกษา สามารถสรุปแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ได้แก่ (1) กระบวนการละลายปลา มีแนวโน้มการปรับปรุงโดยการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมให้บุคลากรในโรงงานตระหนักถึงความสำคัญของใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งทำให้ลดการใช้น้ำร้อยละ 0.5 และการศึกษาแนวทางการติดตั้งสัญญาณเตือน ซึ่งทำให้ลดการใช้น้ำร้อยละ 0.54 (2) กระบวนการผ่าท้องปลา มีแนวโน้มการปรับปรุงโดยการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น ซึ่งทำให้ลดการใช้น้ำร้อยละ 3.24 และการจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ ซึ่งทำให้ลดการใช้น้ำร้อยละ 0.72 ตามลำดับ

ส่วนแนวทางที่ต้องศึกษาอย่างละเอียด พบว่า การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำในกระบวนการละลายปลาก่อให้เกิดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า สามารถลดปริมาณการใช้น้ำต่อวันได้ถึงร้อยละ 66 เมื่อพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากต้นทุนการปรับปรุงพื้นที่และอุปกรณ์สำหรับระบบการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำประมาณ 1,501,514 บาท โดยมีระยะคืนทุนเป็นเวลา 2 ปี 5 เดือน ซึ่งงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำได้

Thesis Title	Efficiency Improvement of Water Use in Tuna Canning Industry
Author	Ms. Patcharin Sanpetch
Major Program	Industrial and Systems Engineering
Academic Year	2009

ABSTRACT

The main purpose of this research is to apply clean technology for reducing water use in the canned tuna production process. The scope of this study covers 2 main processes i.e. Thawing and Butchering. The research methodology are (1) Study of water usage in the canned tuna production process (2) Process analysis and selection (3) Propose of alternative approaches (4) Economical analysis of alternative approaches (5) Comparison of alternative approaches and existing methods and conclusions.

In the study, the simple approaches to reduce water use in canned tuna production include (1) Thawing i.e. promote the campaign to stimulate personnel in recognizing the importance of water resources optimization; it is likely to reduce 0.5% of water use and install the equipment of warning sign; it is likely to reduce 0.54% of water use (2) Butchering i.e. the use of NaOH for floor cleaning can decrease 3.24%. Moreover, an installation of spray nozzle in the cleaning area of butchering process can decrease 0.72% of water use.

Furthermore, with the detail investigation, it is found that the water used for thawing process can be efficiently reused in the same process with no effect to quality of tuna product. This finding results in 66% decrease of water use in thawing process. In economical point of view, the cost of modification workplace and equipment for water recycling system is approximately 1,501,514 bath and payback period for 2 years 5 months.

สารบัญ

หน้า

สารบัญ .....(6)
รายการตาราง.....(8)
รายการภาพประกอบ .....(9)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ.....(12)
บทที่
1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....38
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....38
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 38
2 วิธีการวิจัย.....39
2.1 การสำรวจและการตรวจประเมินเบื้องต้นของโรงงาน 39
2.2 การศึกษาการเลือกกระบวนการผลิตเพื่อค้นหากระบวนการที่ควรปรับปรุง 41
2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางการลดการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลาต้นทุนสูงอย่างละเอียด 44
2.4 วัสดุและอุปกรณ์ 48
3 การศึกษาข้อมูลการลดการใช้น้ำในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง.....50
3.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานตัวอย่างและการตรวจประเมินเบื้องต้น.....50
3.2 การเลือกกระบวนการผลิตเพื่อค้นหาประเด็นปัญหา 61
4 แนวทางลดการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลาต้นทุนสูงอย่างละเอียด.....111
4.1 การศึกษาการความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้.....111

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 143

5.1 สรุปผลการวิจัย 143

5.2 ข้อเสนอแนะ 145

บรรณานุกรม 146

ภาคผนวก 154

ภาคผนวก ก 155

ภาคผนวก ข 158

ภาคผนวก ค 165

ภาคผนวก ง 167

ภาคผนวก จ 178

ประวัติผู้เขียน 208

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1-1	การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการละลายน้ำแข็งแบบต่างๆ	12
3-1	ปริมาณน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ	58
3-2	คุณภาพน้ำเสียของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง.	59
3-3	การเลือกหน่วยผลิตเพื่อการประเมินโดยละเอียด	64
3-4	การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา	72
3-5	สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนการละลายปลา	76
3-6	การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ของกระบวนการละลายปลา	79
3-7	การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก ของกระบวนการละลายปลา	82
3-8	สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง	92
3-9	การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง	94
3-10	สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนผ่าท้องปลา	103
3-11	การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ของกระบวนผ่าท้องปลา	106
4-1	รายละเอียดแบบการปรับปรุงรางละลายปลา	137
4-2	รายละเอียดแบบการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	139

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1-1	กราฟการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละแผนกของโรงงาน	2
1-2	กราฟปริมาณการใช้น้ำในส่วนการผลิตทูน่ากระป๋องของโรงงาน	3
1-3	การออกแบบอุปกรณ์ละลายด้วยน้ำเย็น	6
1-4	การติดตั้งการละลายด้วยน้ำเย็นสำหรับการทดลอง	6
1-5	รูปแบบการละลายของน้ำเข้าและน้ำออก	7
1-6	รูปแบบการละลายโดยการหมุนเวียนน้ำแบบ Distorted vortex current system	7
1-7	วิธีการละลายโดยการสเปรย์จากด้านล่าง	8
1-8	การเปลี่ยนแปลงสารฮีสติดีน (Histidine) ได้ ฮีสตามีน (Histamine)ในปลาทะเล	16
1-9	ขั้นตอนการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	20
1-10	วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	21
1-11	การใช้แผนภูมิพาเรโตในการจำแนกประเภทข้อมูล	25
1-12	ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต	26
1-13	แผนภูมิก้างปลา	27
1-14	ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิก้างปลา	28
1-15	จุดสำคัญในการทำ ตาราง ทำไม-ทำไม	30
3-1	แผนภูมิกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง	52
3-2	ปริมาณการใช้น้ำของแต่ละกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง ปีพ.ศ.2548-2549	54
3-3	ภาพรวมของสมดุลการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง	55
3-4	ผังกระบวนการไหลของมวลน้ำของการผลิตทูน่ากระป๋องในระยะเวลา 1 วัน	56
3-5	กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนอัตราการใช้น้ำใหม่ของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง เดือนพฤษภาคม 2549	62
3-6	แผนภาพพาเรโตการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง	63
3-7	ผังกระบวนการละลายปลา	66
3-8	แผนภาพก้างปลาของกระบวนการละลายปลา	68
3-9	แนวทางการการติดตั้งสัญญาณเตือน	85
3-10	ผังกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง	86

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

3-11 แผนภาพก้างปลาของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง....89

3-12 สายยางฉีดล้างชั้นวางถาดก่อนปรับปรุง....96

3-13 สายยางฉีดล้างชั้นวางถาดหลังปรับปรุง....97

3-14 ผังกระบวนการผ่าท้องปลา....98

3-15 แผนภาพก้างปลาของกระบวนการผ่าท้องปลา....101

3-16 อุปกรณ์รองรับน้ำสำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนก่อนปรับปรุง....109

3-17 อุปกรณ์สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระหลังปรับปรุง....109

4-1 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack, Yellow fin และปลา Tonggol ขนาดกลาง กับเวลา…….....112

4-2 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack ขนาดเล็ก, กลางและใหญ่ กับเวลา....115

4-3 การละลายปลาที่ใช้ในการทดลอง....118

4-4 การเตรียมความพร้อมก่อนละลาย....120

4-5 กราฟเปรียบเทียบฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลาและนึ่งปลาด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง……..……...123

4-6 กราฟค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลาย ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง....124

4-7 กราฟค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังนึ่ง ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง....124

4-8 กราฟเปรียบเทียบ TPC ของน้ำละลายปลา ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง....126

4-9 ความผันแปรของ BBT ของปลาขนาดกลาง ด้วยการใช้น้ำละลายซ้ำ 1 ครั้งกับเวลา....127

4-10 กราฟเปรียบเทียบฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลาและนึ่งปลาด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง……....129

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ หน้า

4-11 กราฟความผันแปรฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลาย ด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง……...……....130

4-12 กราฟความผันแปรฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังนึ่ง ด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง……..……..130

4-13 กราฟเปรียบเทียบ TPC ในน้ำละลายปลาจากการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2ครั้ง.131

4-14 ความผันแปรของ BBT ปลาขนาดใหญ่ ด้วยการนำน้ำละลายกลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้งกับเวลา…... 133

4-15 การปรับปรุงถังละลายปลา 134

4-16 การปรับปรุงรางละลายปลา.....136

4-17 การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน……..138

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

$^{\circ}C$	=	degree Celsius
BBT	=	Back Bone Temperature
BOD	=	Biochemical Oxygen Demand
CFU/g	=	Colony Forming Unit per gram
CFU/ml	=	Colony Forming Unit per milliliter
CIP	=	Cleaning In Place
CT	=	Cleaner Technology
h_{fg}	=	Specific enthalpy of evaporation
kJ/h	=	kilo Joule per hour
kJ/kg	=	kilo Joule per kilogram
kJ/s	=	kilo Joule per second
KOH	=	Potassium hydroxide
kW	=	kilo Watt
LSL	=	Lower Sigma Level
m^3/day	=	cubic meter per day
m^3/ton	=	cubic meter per ton of raw material
NaOH	=	sodium hydroxide
O&G	=	Oil and Grease
pH	=	Potential of Hydrogen ion
ppm	=	part per million
$\dot{Q}$	=	Quantity of heat energy (kW or kJ/s)
TPC	=	Total Plate Count
USL	=	Upper Sigma Level

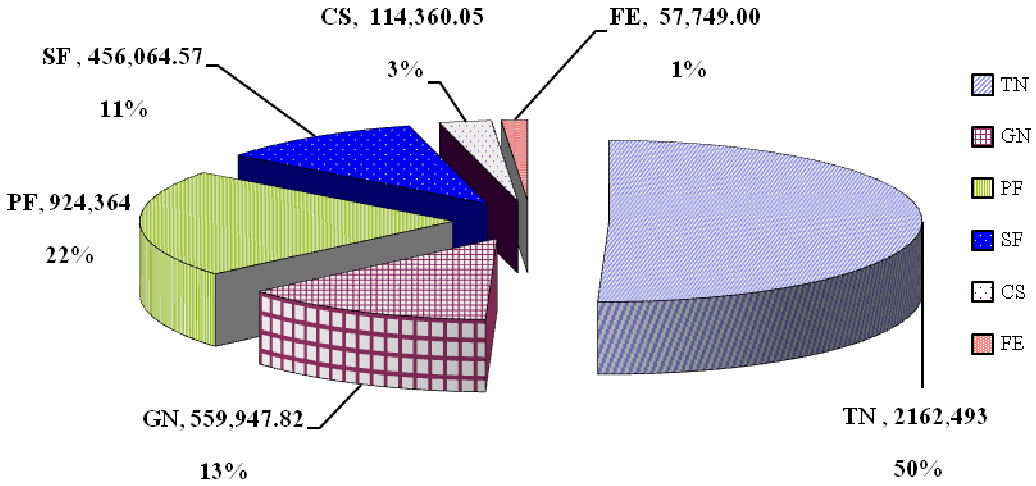
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามการเพิ่มขึ้นของราคาและความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งสินค้าประเภทอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูป ซึ่งจัดเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ อันดับที่ 14 ของประทศไทยในระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2551 (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, 2551) และเป็นอันดับหนึ่งของประเภทสินค้าอุตสาหกรรมการเกษตร โดยเฉพาะทูน่ากระป๋องมีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งของโลก โดยมีมูลค่า 44,881.12 ล้านบาท คิดเป็นส่วนแบ่งประมาณ 47.6% ในตลาดโลก (กรมส่งเสริมสถิติ, 2551) และมีปริมาณการส่งออกคิดเป็นสัดส่วนสูงถึง 96% ของการค้าทั้งหมด และช่วยนำรายได้เข้าประเทศเป็นมูลค่าสูง ในช่วง 4 เดือนแรกของปี 2550 สามารถส่งออกสินค้าทูน่ากระป๋องได้เป็นมูลค่า 13,266.7 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 6.17% เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน (ฝ่ายวิจัยธนาคารนครหลวงไทย, 2551) แม้ว่าการส่งออกทูน่ากระป๋องของไทยจัดเป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่ส่วนแบ่งการค้าในตลาดโลกค่อนข้างคงที่ และมีอัตราการขยายตัวลดลง จึงต้องมีการผลักดันสร้างคุณภาพและประสิทธิภาพ เพื่อสามารถรักษาส่วนแบ่งตลาดเดิมและขยายตลาดใหม่ให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดแผนกลยุทธ์สำหรับการปรับแผนโครงสร้างอุตสาหกรรม โดยมุ่งเน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพในส่วนของกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันกับประเทศคู่แข่งทางการค้าพร้อมทั้งขจัดอุปสรรคต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับกลุ่มอุตสาหกรรมเหล่านี้ อันเป็นผลจากการขาดแคลนวัตถุดิบ ราคาวัตถุดิบตลาดโลกที่ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นจากเดิม 60% นั่นคือ จาก 900 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน เป็น 1,450 ดอลลาร์สหรัฐต่อตัน (กรุงเทพธุรกิจ, 2550) การชะลอตัวทางเศรษฐกิจของอเมริกา และการขาดแคลนเทคโนโลยีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่า รวมถึงมาตรการการกีดกันด้านการค้า ทั้งภาษีการนำเข้าที่สูงในกลุ่มประเทศคู่ค้า ไม่ว่าจะเป็นญี่ปุ่น (0-15%), สหภาพยุโรป (0-26%), อินเดีย (30%), ไต้หวัน (0-90%) โดยเฉพาะในกลุ่มทูน่า ซึ่งยังมีเรื่องมาตรการที่ไม่ใช่ภาษี (Non-tariff Barrier : NTB) เช่น มาตรการสุขอนามัยและสุขอนามัยพืช (Sanitary and Phytosanitary Measures:SPS) มาตรฐานสิ่งแวดล้อม มาตรฐานเทคนิคเป็นต้น (พีรภัทร, 2549) ซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นอุปสรรคที่สำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารทะเลกระป๋องและแปรรูป และปัญหาที่สำคัญอีกอย่างนั่นก็คือ การดูแลรักษาสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรม ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงจากสถานการณ์ด้านมลพิษ

มีแนวโน้มรุนแรงขึ้น ทั้งจากค่าใช้จ่ายด้านการบำบัด การรักษาคุณภาพน้ำก่อนและหลังการนำไปใช้ ซึ่งปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดปัญหาการร้องเรียนจากการไม่รักษาคุณภาพน้ำก่อนปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งส่งผลถึงการกีดกันทางการค้าได้ ดังนั้นผู้ประกอบการจึงเห็นถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการพัฒนาประสิทธิภาพขององค์กร เพื่อยกระดับอุตสาหกรรมนี้อย่างยั่งยืน

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงนำไปสู่การศึกษาในรายละเอียดของโรงงานทูน่ากระป๋องตัวอย่าง ในส่วนของการผลิตทูน่ากระป๋อง ซึ่งกำลังประสบกับปัญหาปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการผลิตซึ่งมีจำนวนมากถึง 50% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ในส่วนอื่นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังภาพประกอบที่ 1-1



หมายเหตุ TN คือ ฝ่ายผลิต TUNA

PF คือ ฝ่ายผลิต PETFOOD

SF คือ ฝ่ายผลิต SELLFISH

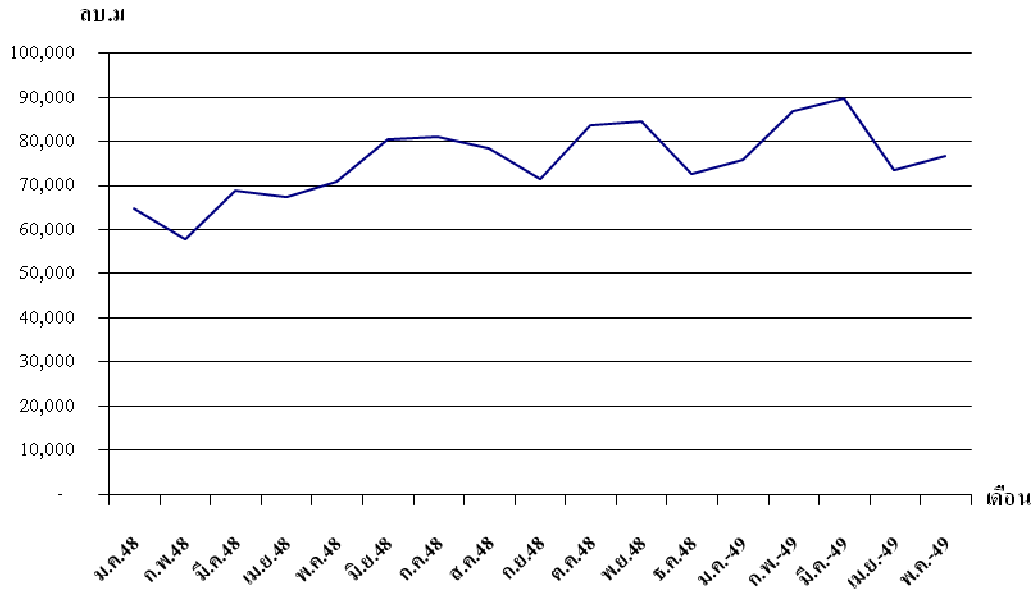
CS คือ ฝ่ายห้องเย็น

FE คือ ฝ่ายผลิต FISH EXTRACT

GN คือ การใช้ทั่วๆ ไป

ภาพประกอบที่ 1-1 กราฟการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละแผนกของโรงงาน (ลบ.ม.)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในแต่ละกระบวนการนั้น สอดคล้องกับปริมาณการใช้น้ำที่เพิ่มขึ้นของการทูน่ากระป๋อง และสัดส่วนการใช้น้ำในแต่ละส่วนการผลิต ระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึงกลาง ปี พ.ศ. 2549 ดังภาพประกอบที่ 1-2



ภาพประกอบที่ 1-2 กราฟปริมาณการใช้น้ำในส่วนการผลิตทูน่ากระป๋องของโรงงาน

จากการวัดประสิทธิภาพการใช้น้ำ (ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ) ของโรงงานตัวอย่างในกระบวนการผลิต ระหว่างปี พ.ศ. 2546 ถึงกลางปี พ.ศ. 2547 (ซึ่งเป็นช่วงที่ทางโรงงานได้เข้าร่วมโครงการการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต อุตสาหกรรมรายสาขาปลากระป๋องโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเน้นการประยุกต์ใช้หลักการเทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง) มีปริมาณการใช้น้ำ 15.98 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ และในระหว่างปี พ.ศ. 2548-2549 มีปริมาณการใช้น้ำ 18.39 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ จากข้อมูลพบว่ามีปริมาณการใช้สูงขึ้น 15.08% และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำของโรงงานผลิตทูน่ากระป๋อง (A) 15.09 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ พบว่าการใช้น้ำของโรงงานตัวอย่างมีปริมาณสูงกว่าถึง 21.88% (อรัญ และคณะ, 2547) ซึ่งโรงงานได้รับผลกระทบจากต้นทุนการใช้น้ำในส่วนการผลิตที่สูงเพิ่มขึ้นจากเดิมเป็นจำนวนเงิน 51.21 บาท/ตันวัตถุดิบ และ 2,452,054.50 บาท/ปี

ปริมาณการใช้น้ำของโรงงานตัวอย่างยังส่งผลต่อการแข่งขันของต้นทุนการใช้น้ำสำหรับผลิตเมื่อเปรียบเทียบกับโรงงาน (A) เนื่องจากต้นทุนการใช้น้ำสูงกว่า 70.13 บาท/ตันวัตถุดิบ และ 3,357,585.00 บาท/ปี (อรัญ และคณะ, 2547) และนอกจากนี้ยังส่งผลต่อปริมาณน้ำเสียที่เพิ่ม

สูงขึ้น รวมถึงความสามารถในการแข่งขันลดลง ทำให้ต้องให้ความสำคัญในส่วนของการปรับปรุงและแก้ไขกระบวนการใช้น้ำในกระบวนการผลิตต่างๆ ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงกระบวนการใช้น้ำในส่วนต่างๆให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยในงานนี้ ผู้วิจัยได้นำความรู้ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ มาผนวกกับแนวความคิดด้านเทคโนโลยีสะอาดมาปรับประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาน้ำใช้และน้ำเสียที่มีปริมาณสูงให้กับโรงงานอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องข้างต้น ซึ่งกำลังประสบปัญหาทางด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม ปัญหาทางด้านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นจากการที่ราคาน้ำซื้อ และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น ซึ่งในการนำแนวคิดเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ จะคำนึงถึงแนวคิดในการปรับปรุงงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดในการบริหารจัดการโรงงานอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องและเป็นแนวทางในการปรับปรุงงานสำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆ ต่อไปด้วย

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการประสบปัญหาดังกล่าวของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง จำเป็นอย่างยิ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน โดยเน้นที่การป้องกันสาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งควรทำการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมพร้อมทั้งช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมด้วย ผ่านทางเทคโนโลยีสะอาดผนวกกับความรู้ด้านวิศวกรรมอุตสาหการและการรวบรวมงานวิจัยที่ผ่านมา

1.2.1 อุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หมายเลข 142(2530) ให้ความหมายของ “ปลาทูน่ากระป๋อง” หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากปลาทูน่ากับสารที่ใช้บรรจุ อาจมีส่วนประกอบอื่นๆ ผสมอยู่ด้วย โดยบรรจุในกระป๋องปิดสนิทกันอากาศเข้าออก และผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนอย่างพอเพียงที่จะป้องกันไม่ให้เสียหรือเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค โดยมีส่วนประกอบคุณลักษณะที่ต้องการ ข้อกำหนดระบุรายละเอียดของลักษณะดังต่อไปนี้ (1) ลักษณะทั่วไป (2) สี (3) กลิ่นรส (4) ลักษณะเนื้อ (5) ข้อบกพร่อง (6) ปริมาณฮิสตามีน (Histamine) ต้องไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ด้วยการทดสอบปฏิบัติตาม AOAC (1984) ข้อ 18.067 ถึงข้อ 18.071 อีกทั้งสุขลักษณะในการทำปลาทูนากระป๋อง ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งกำหนด

สุขลักษณะของอาหาร มาตรฐานเลขที่ มอก.34 โดยต้องตรวจไม่พบจุลินทรีย์ เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ในระหว่างการเก็บภายใต้ภาวะปกติ การวิเคราะห์ให้ปฏิบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ปลาแมกเคอเรลกระป๋อง มาตรฐานเลขที่ มอก.645 (ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร, 2530)

ซึ่งของเสียโดยส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเป็นน้ำเสียจากกระบวนการ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงให้ความสำคัญกับกระบวนการที่นำน้ำมาใช้มากและมีโอกาสในการปรับปรุงสูงนั้นคือ กระบวนการละลายปลา โดยจำเป็นต้องรวบรวมความรู้และวิธีการละลายปลาอย่างละเอียด

1.2.2 การละลายอาหารทะเล (Thawing seafood)

การละลายน้ำแข็ง (Thawing) คือ กระบวนการในการเปลี่ยนสถานะของผลิตภัณฑ์จากการแช่แข็งเปลี่ยนไปเป็นสภาพก่อนแช่แข็ง ซึ่งเกี่ยวข้องกับความร้อนที่จะถูกถ่ายเทเพื่อละลายผลิตภัณฑ์แช่แข็ง จุดที่เกล็ดน้ำแข็งจะกลายเป็นน้ำ เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เมื่ออุณหภูมิทั่วทั้งอาหารทะเล มีค่าเป็น -1ºC เวลาที่ใช้ในการละลาย เกล็ดน้ำแข็งทั้งหมด เรียกว่า Thawing time (Robinsoni and Wellington, 2000)

1.2.2.1 การละลายในอุตสาหกรรมอาหารทะเลมีหลากหลายวิธี ดังนี้

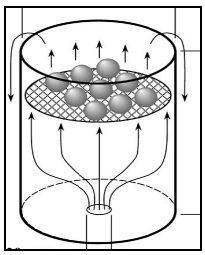
(1) การละลายด้วยน้ำ (Water thawing)

การละลายด้วยน้ำเป็นวิธีการละลายที่นิยมใช้กับอุตสาหกรรมอาหารทะเล สามารถใช้ละลายกับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น หัวและเครื่องใน ตัวปลาและปลาหมึก แต่ไม่เหมาะกับปลาตัวบาง ๆ เพราะว่าความบางจะชุ่มไปด้วยน้ำ และเกิดการสูญเสียรสชาติบางส่วน ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ ดังนี้

➢ แบบที่ 1 การละลายน้ำแข็งโดยการจุ่มน้ำ (Immersion thawing unit)

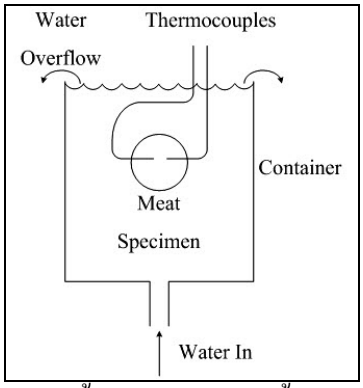
การละลายน้ำแข็งโดยการจุ่มน้ำในถัง โดยมีระบบจ่ายน้ำจะส่งน้ำเข้าระบบ นิยมเปิดน้ำจากด้านบน ปล่อยน้ำลงสู่ด้านล่าง แล้วจึงทำการระบายน้ำเสียออกจากระบบ ซึ่งลักษณะการไหลของของไหลสำหรับการละลายด้วยน้ำเย็น ส่งผลกระทบต่อการแบ่งชั้นความร้อน(Thermal stratification effect) ของน้ำ ไม่สามารถควบคุมระบบหรืออุณหภูมิได้ ทำให้ใช้เวลาในการละลายสูง และสิ้นเปลืองน้ำ ดังนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการละลายโดยการกำจัดการแบ่งชั้น โดยใช้รูปแบบ

ของการละลายให้ทางน้ำเข้าอยู่ด้านล่าง ซึ่งระหว่างดำเนินการ อาหารแช่แข็งจะอยู่ในน้ำโดยน้ำท่วมพ้นในระดับที่เท่ากัน ดังการศึกษาเรื่อง Fluid dynamics and heat transfer in cold water thawing (Leung et al., 2005) ภาพประกอบที่ 1-3 พบว่าช่วยลดการแบ่งชั้นความร้อน จากรูปแบบการถ่ายเทความร้อนโดยการพา มีความสำคัญน้อยกว่ารูปแบบการถ่ายเทความร้อน การนำความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งกลายเป็น “คอขวด” ของการถ่ายเทความร้อนของกระบวนการละลายโดยทั่วไป

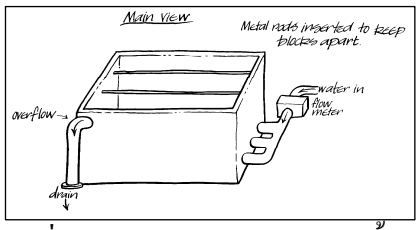


ภาพประกอบที่ 1-3 การออกแบบอุปกรณ์ละลายด้วยน้ำเย็น
ที่มา : Leung et al., 2005

นอกจากนี้ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนกระจายไม่ทั่วถึงมีผลอย่างนัยสำคัญต่อประสิทธิการละลาย ด้านสิ่งแวดล้อมเศรษฐศาสตร์และการใช้น้ำ เช่นเดียวกับการศึกษาของเรื่อง Theoretical study of heat transfer with moving phase-change interface in thawing of frozen food (Leung et al., 2006) ดังภาพประกอบที่ 1-4 ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการของ Nikki Slade-Robinson, Wellington (Robinsoni and Wellington, 2000) ถึงจุดสำคัญอีกจุดหนึ่งของการละลายคือการปล่อยน้ำเข้าจากด้านล่างแล้วจึงปล่อยให้น้ำล้นออกจากด้านบนดังภาพประกอบที่ 1-5



ภาพประกอบที่ 1-4 การติดตั้งการละลายด้วยน้ำเย็นสำหรับการทดลอง
ที่มา : Leung et al., 2006



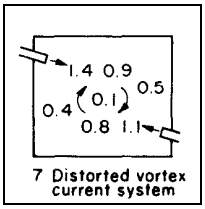
ภาพประกอบที่ 1-5 รูปแบบการละลายของน้ำเข้าและน้ำออก

ที่มา : Robinsoni and Wellington, 2000

สำหรับระบบการละลายแบบจุ่มแช่ที่ซับซ้อนประกอบด้วย อุปกรณ์เพิ่มอุณหภูมิน้ำ ตัวกรอง และปั๊มที่ทำให้น้ำไหลวนได้ วิธีการนี้ทำให้ทราบอุณหภูมิของน้ำและผลิตภัณฑ์ และควบคุมอัตราการไหลได้

➢ แบบที่ 2 การละลายด้วยการใช้ระบบน้ำไหล (Thawing in running water)

การละลายด้วยการใช้ระบบน้ำไหลละลายอาหารแช่แข็งอย่างรวดเร็ว อาศัยอุปกรณ์การควบคุมการละลายคงที่และรวดเร็ว จึงได้มีการศึกษาถึงการไหลของน้ำจากการคำนวณจากขนาดชิ้นปลา ความสด ความเร็ว วัฏจักรของการแช่เย็นปลาต้องสัมพันธ์กับการละลายปลา ดังการศึกษาเรื่อง A Study on the thawing process of frozen fish blocks in water (Ohmori et al, 1981) ซึ่งเสนอรูปแบบของถังน้ำที่ใช้ในการละลายใช้ระบบการเคลื่อนที่โดยการหมุนเวียนน้ำแบบ Distorted vortex current system โดยให้ศูนย์กลางอัตราการไหลของน้ำเป็น 0 ทำให้บล็อกปลาแช่แข็งอยู่กับที่ และหากเปลี่ยนอัตราการไหลไม่เป็น 0 บล็อกปลาแช่แข็งจะไม่ชนกัน เกิดการลอยที่ไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษา ดังภาพประกอบที่ 1-6

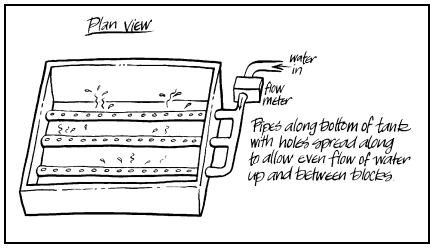


ภาพประกอบที่ 1-6 รูปแบบการละลายโดยการหมุนเวียนน้ำแบบ Distorted vortex current system

ที่มา : Ohmori et al., 1981

➢ แบบที่ 3 การละลายด้วยการสเปรย์น้ำ (Thawing by water spray)

การละลายด้วยการสเปรย์น้ำ เป็นวิธีการใช้น้ำจากหัวฉีดไปยังอาหารทะเลแช่แข็งโดยตรง ดังการศึกษาเรื่อง A Study on the thawing process of frozen fish blocks in water (Ohmori et al., 1981) พบว่าเวลาการละลายด้วยการใช้สเปรย์สั้นกว่าการละลายด้วยการแช่น้ำ และเพื่อให้ได้การละลายรวดเร็วและคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดี ด้วยการวางบล็อกปลาแช่แข็ง 2 แบบ คือ แบบขนาน ซึ่งเป็นการสเปรย์โดยให้การไหลของน้ำขนานไปกับพื้นที่ผิวมากที่สุด และแบบมุมขวา บล็อกปลาแช่แข็งอยู่ด้านบนสุดของพื้นที่ที่อยู่ด้านบนสุด พบว่าเวลาการละลายแบบขนานใช้เวลาน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญ และขนาดมีผลต่อระยะเวลาการละลาย เพื่อให้การละลายของบล็อกปลาแช่แข็งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ขึ้นอยู่กับช่องว่างระหว่างตัวปลา สอดคล้องกับวิธีการของ Nikki Slade-Robinson and Wellington ถึงจุดสำคัญของการละลายปลาคือการสเปรย์น้ำเข้าจากด้านล่าง แล้วจึงปล่อยให้น้ำล้นออกจากด้านบน ดังภาพประกอบที่ 1-7



ภาพประกอบที่ 1-7 วิธีการละลายโดยการสเปรย์จากด้านล่าง

ที่มา : Robinsoni and Wellington, 2000

➢ แบบที่ 4 การละลายแบบแช่น้ำอย่างง่าย (Thawing in ad-hoc systems)

การละลายแบบแช่น้ำอย่างง่าย หรือแบบสเปรย์ฉีดน้ำจากหัวฉีดไปยังอาหารทะเลแช่แข็งโดยตรง ระบบนี้อาจปล่อยทิ้งไว้ตลอดคืนโดยไม่ต้องควบคุม

➢ แบบที่ 5การละลายโดยการใช้เครื่องละลายแบบต่อเนื่องหรือเครื่องสเปรย์แบบแบช (Thawing by Mechanical continuous or Batch spray thawer)

การละลายโดยการใช้เครื่องละลายแบบต่อเนื่องหรือเครื่องสเปรย์แบบแบช วิธีการละลายแบบนี้มีใช้อยู่บ้าง อย่างไรก็ตามวิธีนี้ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ทั่วไป เนื่องจากกระบวนการควบคุมยากและสิ้นเปลืองน้ำ แต่สามารถดัดแปลงกระบวนการละลาย โดยให้มีการวนน้ำกลับมาใช้อาศัยการกรองเพื่อเป็นการประหยัดน้ำและเวลาละลายด้วยน้ำ ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของอาหารทะเล ขนาดของผลิตภัณฑ์หรือขนาดอาหารทะเลแช่แข็ง อุณหภูมิของน้ำ และอัตราการ

ไหล ประสิทธิภาพของเครื่องมือและอุณหภูมิของอาหารทะเลเมื่อนำเข้าไปในระบบ (Archer et al., 2008)

(2) การละลายด้วยอากาศ (Air thawing)

การละลายด้วยอากาศ เป็นการละลายด้วยการวางไว้ที่ซึ่งมีอุณหภูมิน้อยกว่า 4 °C เพื่อทำให้อัตราการละลายมีอัตราช้าลง โดยควบคุมอุณหภูมิตามตลอดเวลา หรือควบคุมภายในห้องเย็น การละลายด้วยอากาศเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณน้อย เช่นเนื้อปลาหรือหอยแช่แข็ง ซึ่งไม่เหมาะกับการละลายด้วยน้ำ ควรระมัดระวังเวลาที่ใช้ในการละลาย อุณหภูมิของอากาศและความสะอาดทั่วๆ ไป ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญต่อคุณภาพรสชาติของผลิตภัณฑ์ (Archer et al., 2008) สำหรับการละลายด้วยอากาศมีหลายรูปแบบดังนี้

➢ แบบที่ 1 การละลายด้วยการใช้อากาศร้อนไหลผ่านอาหารแช่แข็ง (Forced air or Air blast systems)

การละลายด้วยการใช้อากาศร้อนไหลผ่านอาหารแช่แข็ง โดยการใช้เครื่องจักรควบคุมการเคลื่อนที่ช่วยการไหลเวียนของอากาศร้อนชื้น รอบๆ ห้องที่เก็บอาหารแช่แข็ง ใช้ระบบฉีดน้ำเพื่อช่วยในการปรับความชื้นของอากาศ โดยติดตั้งโปรแกรม เพื่อควบคุมเวลาที่ใช้ในการละลาย และอุณหภูมิเพื่อปรับให้เหมาะสมกับชนิดและขนาดของปลาแช่แข็ง ซึ่งสามารถละลายปลาแช่แข็ง 4 ตัน จะใช้น้ำในการพ่นละอองน้ำ 150 ลิตร และใช้น้ำสำหรับไอน้ำ 120 ลิตร/ตัน นอกจากนี้ แต่ละรอบใช้เวลา 6 ชั่วโมง ซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. โดยระบบนี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพเนื่องจากใช้น้ำเพียง 4% ของน้ำที่ใช้ในระบบการละลายด้วยการสเปรย์น้ำ เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ใช้จ่ายต่างๆ เช่น ค่าไฟ ค่าน้ำใช้และน้ำเสีย พบว่า การละลายแบบนี้ใช้ไอน้ำ 1 ตัน วัตถุดิบ มีประสิทธิภาพมากกว่า 4 เท่าของการละลายด้วยการสเปรย์น้ำ (Archer et al., 2008)

➢ แบบที่ 2 การละลายอาหารทะเลแช่แข็งด้วยบรรยากาศ หรือการละลายด้วยอากาศในห้องแช่แข็ง (Still or Ambient air thawing)

การละลายอาหารทะเลแช่แข็งด้วยบรรยากาศ หรือการละลายด้วยอากาศในห้องแช่แข็ง วิธีการนี้จะนำอาหารทะเลออกจากบรรจุภัณฑ์ และวางไว้ชั้นเดียวและทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง โดยปกติจะตลอดคืน จนกระทั่งอาหารทะเลถูกละลาย ถ้าอาหารทะเลที่ถูกละลายในห้องเย็นหรือตู้เย็น อาจจะต้องใช้เวลาในการละลายนานกว่าจะละลายอย่างสมบูรณ์ โดยปกติอาหารทะเลแช่แข็งที่หนา 100 ตร.ม. อาจจะใช้เวลาถึง 20 ชั่วโมงในการละลายในอากาศเย็น อย่างไรก็ตามหากแยก

ปลาเป็นตัวๆ เวลาในการละลายอาจลดลงเหลือเพียง 8-10 ชั่วโมง การละลายแบบใช้อากาศนิยมใช้กับ การละลายที่ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก (Archer et al., 2008)

(3) การละลายด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum thawing system)

การละลายอาหารทะเลแช่แข็งด้วยระบบสุญญากาศ โดยนำเข้าไปไว้บนชั้นวางหรือรถเข็น ภายในห้องสุญญากาศ และมีไอน้ำจากถังที่ฐานของห้องจะควบแน่นที่ผิวบนพื้นผิวของปลา ความร้อนจากหยดน้ำบนตัวปลาจะถูกดูดซึมเข้าตัวปลา หลังจากนั้นระยะเวลาหนึ่ง ปลาละลายเสร็จสมบูรณ์โดยผลิตภัณฑ์ และระบบอุณหภูมิจะถูกควบคุมได้ด้วยการปรับระดับความดันภายในห้อง ซึ่งเป็นกระบวนการละลายแบบชุด มีความสามารถสูงสุดของระบบในเชิงพาณิชย์ ประมาณ 12 ตัน โดยผลิตภัณฑ์ค่อนข้างบาง (Relatively thin product) วัดจากสัดส่วนของพื้นผิวต่อความหนามีค่าสูง สามารถละลายให้เสร็จในเวลาอันรวดเร็ว แต่ประสิทธิภาพและความเร็วในการละลายลดลงเมื่อความหนาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น (Archer et al., 2008)

(4) การละลายด้วยระบบไมโครเวฟ (Microwave Thawing Systems : MTS)

การละลายด้วยระบบไมโครเวฟนำไปใช้กับบางส่วนของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องด้วยความร้อนที่ไม่คงที่ อาจทำให้บางส่วนของผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนมากเกิน ในขณะที่ส่วนอื่นๆ ยังคงเป็นน้ำแข็งอยู่ สำหรับส่วนที่ยังเป็นน้ำแข็งอยู่ ยังคงให้ความร้อนต่อไป บางส่วนที่ถูกละลายนั้น จะยังคงดูดซึมความร้อน แต่ยังมีส่วนที่เป็นน้ำแข็งอยู่ ดังนั้นวิธี MTS ควบคุมยากจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับปลาแช่แข็งขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตาม วิธี MTS นำมาใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอาหารทะเลแช่แข็งให้ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง (ประมาณ -5°C และ -10°C) (Archer et al., 2008)

(5) การละลายด้วยระบบคลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency Systems : RFS)

การละลายด้วยระบบคลื่นความถี่วิทยุ เป็นการละลายอาหารทะเลแช่แข็งโดยการให้พลังงานคลื่นความถี่วิทยุกับไฟฟ้า ซึ่งอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นภายในอาหารทะเลแช่แข็งอย่างไม่เป็นรูปแบบ ขึ้นอยู่กับขนาดและองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้อุณหภูมิตลอดผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากัน อย่างไรก็ตาม ข้อดีของคลื่นความถี่วิทยุคือ คลื่นความถี่วิทยุมีค่าต่ำพลังงานสามารถซึมเข้าไปในอาหารมีค่าสูงมากๆ ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอาหารทะเลแช่แข็งเพิ่มขึ้นจาก -20°C ไปถึง -2 °C หรือ 0°C ได้ (Archer et al., 2008)

(6) การละลายด้วยการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electrical heating)

การละลายด้วยการให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า วิธีนี้อาหารทะเลแช่แข็งจะถูกมาวางไว้ระหว่างชั้นวาง 2 แผ่น ที่วางคู่ขนานกัน โดยระหว่างแผ่น 2 แผ่นมีกระแสไฟฟ้าสลับความถี่สูง อาหารทะเลแช่แข็งหนา อุณหภูมิที่ไม่เป็นรูปแบบและค่าความถี่สูง ทำให้เกิดความร้อนในอาหารทะเลแช่แข็งได้ อย่างไรก็ตามในสภาวะที่ต่ำกว่าสภาวะที่เหมาะสม เช่น อาหารทะเลแช่แข็งมีรูปร่างที่ไม่สม่ำเสมอ บางส่วนของผลิตภัณฑ์อาจได้รับความร้อนมากเกินไป (Archer et al., 2008)

1.2.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย

การควบคุมกระบวนการละลายน้ำแข็งออกจากตัวปลาเป็นสิ่งที่จำเป็น โดยต้องให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพตามความต้องการ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการดำเนินการละลายมีผลโดยตรงกับคุณภาพสุดท้ายของผลิตภัณฑ์ และปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเวลาการละลายมีดังนี้

1) ชนิด ขนาด และลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะนำไปละลาย
2) ชนิดของวิธีการละลาย
3) อุณหภูมิน้ำและอากาศ (อุณหภูมิน้ำเข้าไม่เกิน 16°C-18 °C)
4) วิธีการปล่อยน้ำเข้าไปละลาย
5) การแยกชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ระหว่างการละลาย
6) อัตราการไหลของน้ำ
7) เวลาถึงสมดุลของผลิตภัณฑ์หลังจากการไหลของน้ำเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ

1.2.2.3 ข้อดีและข้อเสียของระบบการละลายน้ำแข็งแบบต่างๆ (Archer et al., 2008)

สรุปข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีสำหรับการละลายน้ำแข็งออกจากตัวปลาแบบต่างๆ ดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการละลายน้ำแข็งแบบต่างๆ

วิธีการละลาย	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
การละลายแบบแช่น้ำอย่างง่าย	ต้นทุนต่ำ	ต้นทุนการดำเนินการใช้น้ำมากและเกิดน้ำเสียมาก
	สามารถทำให้ถูกสุขอนามัยได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ	ใช้เวลานาน ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและวิธีการที่เลือกใช้
	สามารถนำไปใช้ได้ทั้งขนาดเล็กและใหญ่	ความต้องการพื้นที่ใช้งานมาก
		ขาดระบบติดตามตรวจสอบ
		ขาดการควบคุมอุณหภูมิซึ่งอาจทำให้เกิด ละลายน้ำแข็งน้อยกว่า หรือ เกินกว่าปกติ
		ไม่เหมาะกับกระบวนการผลิตหรือ ผลิตภัณฑ์ที่มีพื้นผิวตัด
		ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิของน้ำ ซึ่งมีความแตกต่างกันตามฤดูกาล
		ไม่สะอาดถูกสุขอนามัย
		ระบบที่ใช้งานออกแบบไม่ดี
		การจัดส่งผลิตภัณฑ์ที่ถูกละลายอาจยุ่งยาก
การละลายด้วยการใช้อากาศร้อนไหลผ่านอาหารแช่แข็ง	ขั้นตอนต่างๆ เหมาะสมกับการใช้งานที่หลากหลาย	ต้นทุนในการดำเนินการ อาจมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้นอยู่กับพลังงานที่ใช้
	สามารถควบคุมได้หรือตั้งโปรแกรมได้	ถ้าดำเนินการไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดดีไฮเดรชั่นบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์
	สามารถควบคุมอุณหภูมิได้	ระบบมีความซับซ้อน
	สะอาด	
	การขนถ่ายผลิตภัณฑ์ได้น้อย	
	เหมาะกับผลิตภัณฑ์ทุกชนิด	
	สามารถใช้ได้ทั้งแบบชุดและ แบบต่อเนื่อง	
	เหมาะกับทุกๆ ผลิตภัณฑ์และทุกๆ สายพันธุ์	
	ค่อนข้างเร็ว	
	มีผลเสียน้อยต่อรสชาติหรือ คุณภาพของผลิตภัณฑ์	

ตารางที่ 1-1 เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของระบบการละลายน้ำแข็งแบบต่างๆ (ต่อ)

วิธีการละลาย	ข้อดี	ข้อเสีย
การละลายอาหารทะเลแช่แข็งด้วยบรรยากาศหรือการละลายด้วยอากาศในห้องแช่แข็ง	ราคาถูก/ประสิทธิภาพการลงทุนสูง	เหมาะสมกับการใช้เฉพาะผลิตภัณฑ์เล็กๆ
	เหมาะกับผลิตภัณฑ์หลายชนิดและหลายสายพันธ์	มาตรฐานทางสุขอนามัย แปรเปลี่ยนตามสถานที่ที่ใช้ดำเนินการ
		ไม่ค่อยมีการควบคุมอุณหภูมิและการเฝ้าระวัง
		การแปรผันตามฤดูกาลในอุณหภูมิบรรยากาศ
		ความต้องการใช้พื้นที่ดำเนินงานมาก
		หากไม่มีการควบคุมอุณหภูมิที่ดีพอ อาจเป็นตัวเร่งให้เกิดการเน่าเสียและลดอายุของผลิตภัณฑ์
การละลายด้วยระบบสุญญากาศ	สะอาด	จำเป็นต้องตั้งโปรแกรมให้กับแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์
	รวดเร็ว	อัตราการละลายไม่สม่ำเสมอ
		ยากต่อการควบคุม
		ไม่เหมาะกับปริมาณมากๆ หรือขนาดใหญ่
การละลายด้วยระบบไมโครเวฟ	ความร้อนเกิดได้ตลอดทั้งผลิตภัณฑ์	ต้นทุนสูง
	รวดเร็ว	อัตราการละลายไม่สม่ำเสมอ
	การสูญเสียน้ำเกิดน้อยที่สุด	ยากต่อการควบคุม
	เร็ว สะอาดและไม่มีผลต่อคุณภาพหรือเนื้อเยื่อ	จำเป็นต้องใช้การออกแบบเฉพาะพิเศษ
	drip loss มีค่าน้อยที่สุด	การลงทุนสูง
	อุณหภูมิคงที่	การให้ความร้อนอาจไม่คงที่
	ได้รับการยอมรับในการนำไปใช้กับบางผลิตภัณฑ์อาหารทะเล	ยากต่อการควบคุม

1.2.2.4 ปัจจัยที่บ่งชี้คุณภาพปลาทูน่ากระป๋องการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประมง

คุณภาพของสัตว์น้ำหรือผลิตภัณฑ์ประมงมีความสำคัญต่อการพัฒนาและปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การตรวจสอบคุณภาพด้านความสด (วงศ์ทิพา, 2551) สามารถทำได้หลายวิธี โดยทั่วไปการตรวจสอบความสดจะแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ

(1) การตรวจสอบความสด (Freshness test) ซึ่งขั้นตอนนี้เริ่มจากคุณภาพเมื่อสัตว์น้ำถูกจับขึ้นจนถึงเริ่มมีสารที่ไม่ได้เกิดอยู่ในตัวปลาตามธรรมชาติ เป็นคุณภาพของการบ่งชี้ว่าวัตถุดิบสัตว์น้ำมีความสดหรือไม่

(2) การตรวจสอบการเน่าเสีย (Spoilage test) เป็นขั้นตอนที่เริ่มจากที่พบว่าปลาไม่สดแล้ว และกำลังจะเกิดการเน่าเสียอย่างรุนแรง การตรวจสอบคุณภาพใช้วิธีทางประสาทสัมผัส (Sensory test) เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยการใช้ประสาทสัมผัสของมนุษย์ในการตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ เช่น การดมกลิ่น การตรวจสอบด้วยสายตา การชิมรสชาติ และการสัมผัสด้วยมือ

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพปลาสามารถแบ่งได้ ดังนี้

ก.การใช้วิธีทางประสาทสัมผัส (Sensory test)

หลักการปฏิบัติในการทำการทดสอบโดยวิธีประสาทสัมผัส

1) บริเวณที่จัดให้มีการทดสอบไม่ควรมีสิ่งเร้าใจ จากภายนอก เช่น กลิ่น แสงสี รวมทั้งเสียงที่อาจจะรบกวนการทดสอบได้

2) การระบายอากาศที่ดีในบริเวณที่ทำการทดสอบ

3) ผู้ที่ทำหน้าที่ในการทดสอบควรอยู่แยกจากกันจะได้ไม่เกิดการรบกวนหรือปรึกษากัน

4) อุณหภูมิของตัวอย่างในการทดสอบ ควรอยู่ประมาณอุณหภูมิห้องหรืออุ่นกว่าเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของตัวอย่างที่ทำการทดสอบ

ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (ปลาทะเล) ที่ตรวจสอบด้วยประสาทสัมผัส ให้เลือกซื้อปลาที่มีตานูนสดใส ถ้าลูกตาจมลึก แก้วตาขุ่น แสดงว่าไม่มีความสด นอกจากนี้การตรวจสอบสีของตัวปลาว่ามีลักษณะแววววาวสดใส ไม่มีเมือกมาก เมื่อใช้นิ้วกดเนื้อปลา เนื้อปลาจะเด้งกลับได้ ไม่ปรากฏรอยนิ้วมือค้างอยู่ นอกจากนี้การพิจารณาดูบริเวณเหงือก (Grill) ของปลาและดมกลิ่น ถ้าเหงือกปลามีสีแดงสดใสและไม่มีกลิ่นเหม็นผิดปกติ แสดงว่าปลานั้นยังมีความสดส่วนเนื้อปลาที่แล่วางขายตามตลาด หรือตัดเป็นชิ้นๆ ให้สังเกตสี และความแววใส ของเนื้อปลา เนื้อปลาที่สดควรมีสีขาวใสและเนื้อแข็ง กลิ่นควรเป็นกลิ่นคาวธรรมดา ไม่ใช้กลิ่นเหม็นเน่า

ข.การใช้วิธีทางเคมี (Chemical test)

การตรวจสอบคุณภาพความสดโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical methods) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในขั้นตอนต่างๆ ภายหลังจากปลาตายจะมีสารประกอบซึ่งไม่ได้เกิดในตัวปลาตาม

ธรรมชาติเกิดขึ้น ดังนั้นการตรวจสอบด้วยวิธีทางเคมี จึงมุ่งที่จะหาสารที่สามารถใช้เป็นดัชนีแสดงความสดและไม่สดของสัตว์น้ำต่างๆ ได้แก่

1) ปริมาณสาร Total Volatile Basic Nitrogen (TVN) หรือปริมาณไนโตรเจนเบสที่ระเหยได้ทั้งหมด ใช้เป็นดัชนีแสดงการเน่าเสียซึ่งใช้ได้ผลดีกับปลาและสัตว์น้ำบางชนิดเท่านั้น ซึ่งพบว่าถ้าค่า TVN > 30 mg nitrogen/100 กรัม ของเนื้อปลาแสดงว่าเนื้อปลานั้นมีคุณภาพไม่เหมาะสมที่จะนำมาบริโภคเป็นอาหาร

2) ปริมาณ Trimethyl-amine (TMA) ซึ่งสาร TMA จะเกิดในระยะแรกของการเน่าเสียและอาจสูญหายไปได้ในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ประมงได้ ปกติค่า TMA ของปลาที่ไม่มีความสด จะมีปริมาณ 0.4-2 mg N/100 กรัมของน้ำหนักปลา ถ้าพบว่ามีค่า 4-10 mg N/100 กรัมของน้ำหนักปลา แสดงว่าปลาเริ่มเน่า

3) ปริมาณ Indole ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนบางชนิด เช่น Tryptophan โดยการทำปฏิกิริยาของแบคทีเรียพวก mesophiles เช่น *E.coil*, *Proteusmorganii* โดยทั่วไปค่า indole ที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ปลาทะเล อยู่ที่ 0.003-0.006 mg/100 g แต่สินค้ากุ้งแช่แข็งและกุ้งบรรจุกระป๋องจะต้องมีค่าไม่เกิน 0.025 mg/100 g การตรวจไม่พบ indole ในกุ้งไม่ได้หมายความว่ากุ้งสดมาก ผู้ตรวจสอบจะต้องตรวจดัชนีความสดอื่นๆ เพื่อเป็นการยืนยันคุณภาพการตรวจหาปริมาณ indole สามารถใช้ได้ทั้งผลิตภัณฑ์ประเภทกุ้ง หอยนางรม ปู เป็นต้น

4) ปริมาณสารประกอบที่ระเหยง่ายที่อุณหภูมิห้อง (Reducing substance that are volatile at room temperature; VRS) เป็นดัชนีที่ใช้ได้ผลดีทั้งปลาสด และปลากระป๋อง รวมทั้งผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการดมกลิ่นด้วย

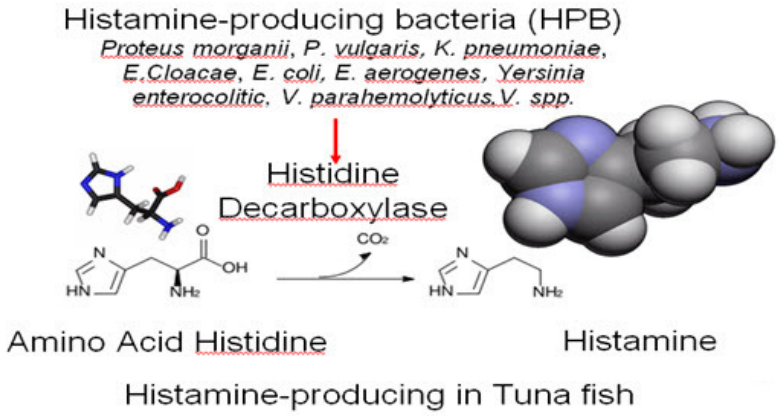
5) ปริมาณสารประกอบ Nucleotide เช่น Hypoxanthine (hp) ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายด้วยน้ำของสาร ATP โดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์กุ้งถ้ามีปริมาณ 2 umole /กรัม ของเนื้อกุ้งแสดงว่ากุ้งนั้นด้อยคุณภาพ

6) ปริมาณแอมโมเนีย แอมโมเนียเป็นสารที่ระเหยง่ายชนิดหนึ่งซึ่งเกิดการย่อยสลายโปรตีนหรือสารประกอบเอมีน โดยปริมาณที่ยอมรับได้ในผลิตภัณฑ์ไม่เกิน 300 mg %

7) ปริมาณฮีสตามีน (Histamine) พบได้ในเนื้อปลาและสัตว์น้ำ ปลาทูน่ามีอิสตามีนอยู่ มากจึงเกิดปัญหาถ้าเก็บรักษาไม่เหมาะสมจะมีปริมาณฮีสตามีนสูง ซึ่งทำให้ผู้บริโภค 98บางคนเกิดอาการแพ้ได้ โดยปริมาณที่กำหนดฮีสตามีนที่ยอมให้มีได้ในปลาทูน่าบรรจุกระป๋องไม่ควรเกิน 200 mg% ซึ่ง ฮิสตามีน หรือที่เรียกว่า สคอมโบรท็อกซิน (Scombrotoxin) มีผลต่อความเป็นอันตรายของอาหารปลอดภัย เนื่องจากเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอาการแพ้เมื่อรับประทานอาหารทะเล เช่น ปลาโอแถบ (Skipjack) ปลาโอครีบเหลือง (Yellowfin) ปลาโอครีบฟ้า (Bluefish) ปลา

หลังเขียว (Sardine) ปลาทู (Mackerel) mahi mahi ฯลฯ โดยอาการที่เกิดขึ้นได้แก่ แสบร้อนในปาก เป็นผื่นคัน ความดันโลหิตต่ำลง ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย เป็นต้น

สารฮีสตามีนเกิดจากขบวนการเปลี่ยนแปลงกรดอมิโนแอซิดชนิดที่ไม่จำเป็น ชื่อฮีสติดีนกลายเป็นฮีสตามีน โดยมีแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซ (Histidine Decarboxylase) ขึ้นอยู่กับชนิดอาหาร ดังภาพประกอบที่ 1-8 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในกลุ่มปลาทูนา (อเนก และคณะ, 2552)



ภาพประกอบที่ 1-8 การเปลี่ยนแปลงสารฮีสติดีน (Histidine) ได้ ฮีสตามีน (Histamine)ในปลาทะเล
ที่มา : อ้างตาม อเนก และคณะ, 2552

การสร้างสารพิษฮีสตามีน ในอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีนเหล่านั้น เกิดจากแบคทีเรียที่อยู่บนอาหารแบ่งตัวเพิ่มจำนวน และสร้างเอนไซม์ดีคาร์บอกซิเลส (Decarboxylase) ย่อยสลายฮีสติดีน (Histidine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่อยู่ในอาหารทะเลเหล่านั้น โดยการดึงหมู่คาร์บอนออกจากโมเลกุลของฮีสติดีน

ค.การใช้วิธีทางจุลินทรีย์ (Bacteriological test)

การตรวจสอบคุณภาพความสดโดยวิธีการทางจุลินทรีย์ (Bacteriological methods) การตรวจสอบโดยการวัดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวหรือเนื้อปลา ไม่สามารถบ่งบอกถึงความสดของปลาได้อย่างแท้จริง แต่สามารถใช้แสดงถึงการเริ่มเน่าเสีย ถ้าปรากฏว่ามีปริมาณจุลินทรีย์มาก ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องผ่านขั้นตอนการแปรรูปเช่น เนื้อปลาที่แล่เป็นชิ้น จะเกิดการปนเปื้อนได้ทุกขั้นตอน ดังนั้นการนับจำนวนจุลินทรีย์จึงไม่สามารถบ่งชี้ถึงความสดแต่แสดงให้เห็นถึงความรุนแรงของการเน่าเสียของผลิตภัณฑ์

วิธีการตรวจสอบส่วนใหญ่ใช้เทคนิค Bacteria plate count โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากส่วนต่างๆของปลาเช่น เหงือก เนื้อ หรือผิวหนังปลาจำนวน 10 กรัม โดยการนำตัวอย่างมาผสมใน 1 % Peptone water จำนวน 90 มล. โดยผสมในเครื่องผสม (Stomacher) นาน 1 นาที จะได้ความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 10^{-1} จากนั้นทำการเจือจางลงอีก 10 เท่า (Ten fold Serial dilution) เพื่อให้ได้ระดับเจือจางที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนจุลินทรีย์ และดูดส่วนใสออกมาด้วยปิเปต ปริมาณ 1 มล สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธี Pour plate หรือปริมาณ 0.1 มล สำหรับการตรวจสอบด้วยวิธี Spread plate ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้แล้ว ในจานแก้วเพาะเชื้อ จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิ 320 องซาเซลเซียส นาน 24 ชม. ตรวจสอบจำนวนโคโลนี (Colony) ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นโดยคำนวณจากลำดับความเจือจางที่ปรับเบื้องต้น (ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ, มปป.)

โดยสารที่มีผลต่อความเป็นอันตรายของอาหารปลอดภัยนั่นคือ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Bacterial pathogen) จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมด (Total Plate Count:TPC) เป็นการตรวจสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างอาหารโดยประมาณ ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ หรือเกิดขึ้นในระหว่างการผลิตโดยที่เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้อุณหภูมิต่ำ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดจะบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารและสุขลักษณะของโรงงานผู้ผลิต

ง.การใช้วิธีทางกายภาพ (Physical test)

การตรวจสอบคุณภาพความสดโดยวิธีทางกายภาพ (Physical test) เป็นวิธีที่อาศัยคุณสมบัติทางภายภาพอของเนื้อปลาหรือส่วนของปลา เพื่อให้สัมพันธ์กับคุณภาพความสด เช่นการวัดลักษณะเนื้อสัมผัส และคุณสมบัติทางไฟฟ้าเชิงเนื้อปลา เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่นิยมใช้กันทั่วไป เป็นเพียงการทดลองของนักวิจัยบางกลุ่มเท่านั้นการตรวจสอบคุณภาพความสดโดยวิธีเคมี–กายภาพ (Physicochemical test) การตรวจสอบความสดโดยวิธีต่างๆ เช่น ความสัมพันธ์ของความสดของปลากับคุณสมบัติทางเคมี-กายภาพ เช่นค่า pH ของเนื้อปลา ค่า Buffering capacity ของเนื้อปลา การตกตะกอนของน้ำที่สกัดจากเนื้อปลากับปรอท เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวไม่สามารถบ่งชี้ความสดได้อย่างถูกต้อง และปลาแต่ละชนิดให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันอยู่บ้าง จึงไม่ยอมรับให้ใช้กันทั่วไป ดังนั้นสัตว์น้ำและปลาแตกต่างชนิดกัน จะมีวิธีการตรวจสอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้วิธีของการตรวจสอบขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะเปรียบเทียบด้วยวิธีการทางประสาทสัมผัสเข้ามาช่วยด้วย

1.2.3 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่สำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพและผลกำไร และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นแนวทางที่ได้รับการยอมรับในประเทศที่พัฒนาแล้วว่าเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน มีรายละเอียดดังนี้ (ชุมพล, 2541)

1.2.3.1 ความหมายและความสำคัญของ (Clean Technology: CT)

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Clean Technology:CT) คือ เครื่องมือในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ บริการ และกระบวนการผลิต อย่างต่อเนื่องเพื่อลดของเสีย ซึ่งทำให้เพิ่มผลผลิตและ/หรือ ลดการใช้วัตถุดิบ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเกี่ยวข้องกับการป้องกันมลพิษ การใช้พลังงาน การใช้น้ำและทรัพยากรอื่น ๆ เป็นการลดการสูญเสีย ตลอดจนลดอุบัติเหตุและความเสี่ยงให้น้อยที่สุด โดยเน้นการเปลี่ยนแนวความคิดจากการแก้ไขมาเป็นการป้องกัน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแนวคิดนี้จะแตกต่างจากการบำบัดและใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรม ซึ่งแก้ไขที่ปลายท่อ (End of pipe) ไม่ใช่ที่ต้นกำเนิด (Source) (ศิริกัลยา และคณะ, 2544) นอกจากนี้ยังมีความหมายครอบคลุมถึง

(1) การป้องกันมลพิษ (Pollution prevention) คำจำกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีการผลิต ที่สะอาดในสหรัฐอเมริกา

(2) การผลิตที่สะอาด (Cleaner production) เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในกระบวนการผลิต

(3) การลดของเสีย (Waste minimization) เป็นส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

(4) การผลิตเพื่อสิ่งแวดล้อม (Green productivity) คำจัดกัดความที่ใช้สำหรับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดประเทศญี่ปุ่น (กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โรงงาน, 2545)

หลักการจัดการสิ่งแวดล้อมโดยใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (CT Concept) มีหลักการดังนี้ คือ

(1) Reduce การออกแบบให้อายุผลิตภัณฑ์ยืนยาว ใช้วัตถุดิบที่มีสารพิษและกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

(2) Reuse การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การนำกลับมาใช้ซ้ำในกระบวนการผลิตเดิม หรือใช้ซ้ำในกระบวนการผลิตอื่น

(3) Recycle การผ่านกระบวนการแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ หรือผ่านกระบวนการเพื่อให้เกิดผลพลอยได้อื่นๆ (วิภาเพ็ญ, 2549)

1.2.3.2 หลักการสำคัญของแนวคิดเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดประกอบด้วย

(1) หลักการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continual improvement) หมายถึง การดำเนินการให้มีการปรับเปลี่ยนที่ดีขึ้นอยู่เสมอ โดยคำนึงถึงความพร้อมขององค์กรเป็นสำคัญ หากประเด็นปัญหาใดยังไม่พร้อมที่จะดำเนินการปรับแก้ ก็ให้ดูแลรักษาระดับเอาไว้อย่าให้แย่ลงกว่าเดิม

(2) หลักการป้องกัน (Prevention) หมายถึง การมุ่งแก้ไขปัญหา โดยเน้นที่การป้องกัน เน้นการลดปัญหาที่ต้นเหตุ ไม่ใช่ปลายเหตุ เน้นที่การเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน เพื่อลดความสูญเสีย ไม่ใช่การลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยการบำบัดที่ปลายท่อ

(3) หลักการมองปัญหาแบบองค์รวม (Integration) หมายถึงใช้การวิเคราะห์ปัญหาแบบแยกส่วนเป็นการพิจารณาความสัมพันธ์ร่วมกันในทุก ๆ กิจกรรมขององค์การ และทุก ๆ ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้น โดยเน้นการมีส่วนร่วมของคนทั้งองค์กร (Participatory approach) ในการศึกษาปัญหาร่วมกัน และนำเอาประสบการณ์ของตนเองมาช่วยกันเสริมสร้างแนวทางในการแก้ไขปัญหาซึ่งเป็นที่ยอมรับ และสามารถปฏิบัติได้สอดคล้องกับงานจริง (คุณาวุฒิ, 2549)

1.2.3.3 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

จากหลักการของโครงการสิ่งแวดล้อมขององค์กรสหประชาชาติ (United Nations Environment Programme: UNIDO) โดยการใช้การตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด (CT Audit) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังภาพประกอบที่ 1-9 พร้อมทั้งอาศัยความรู้จากวิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ดังภาพประกอบที่ 1-10

ภาพประกอบที่ 1-9 ขั้นตอนการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
ที่มา : กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545

(1) การวางแผนและการจัดองค์กร (Planning and organization)

วัตถุประสงค์เพื่อแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหาร พร้อมทั้งกำหนดนโยบายและเป้าหมายเพื่อเป็นแนวทางในการทำเทคโนโลยีสะอาด (CT) ขององค์กร อีกทั้งยังจะต้องได้รับการสนับสนุนกิจกรรมต่างๆ จากผู้บริหารสูงสุด โดยการจัดตั้งคณะทำงานเทคโนโลยีสะอาด (ทีม CT) และควรพิจารณาถึงอุปสรรค พร้อมทั้งเตรียมความพร้อมในการแก้ไขด้วย

(2) การประเมินเบื้องต้น (Pre-assessment)

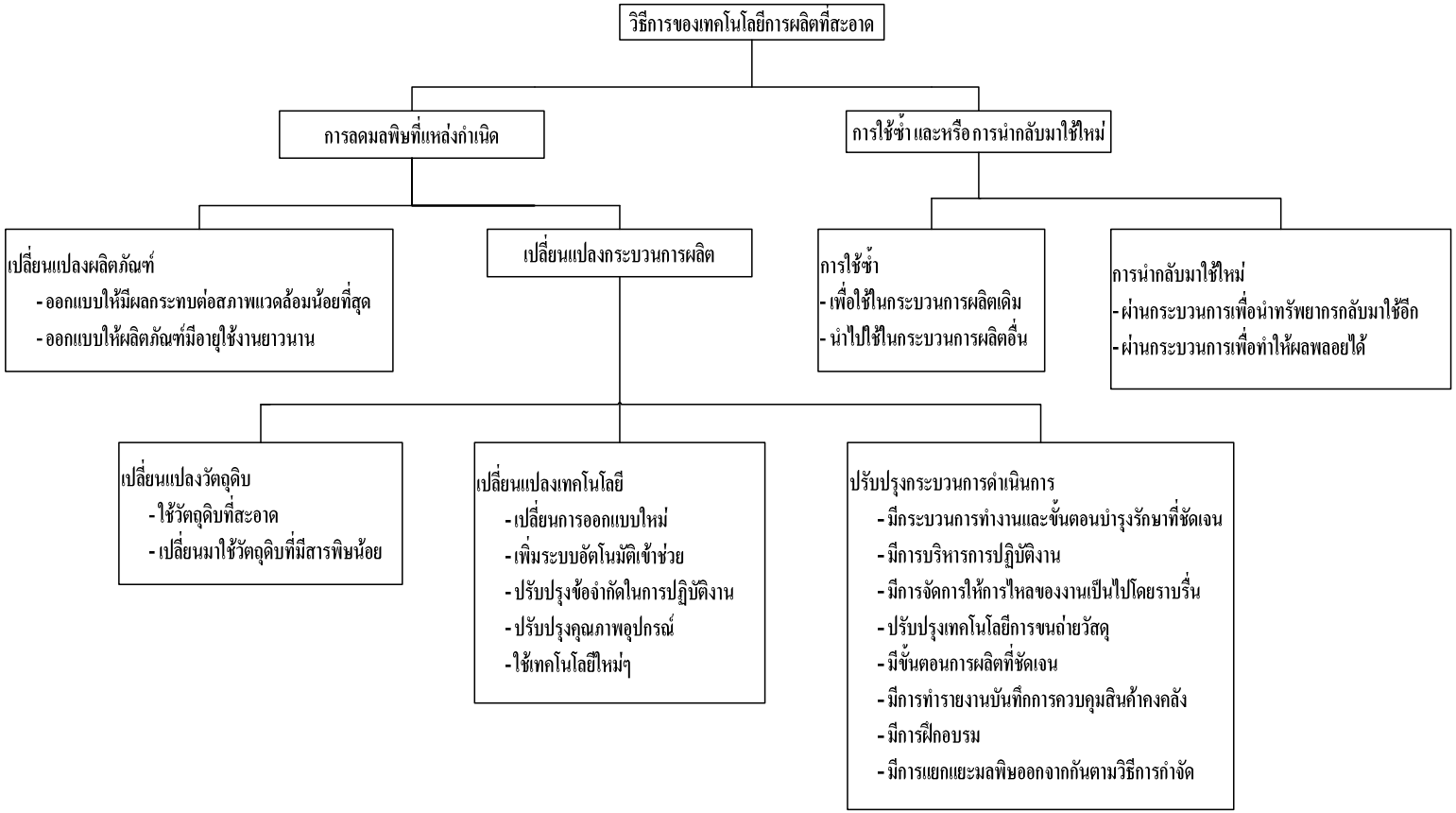
การประเมินเพื่อหาบริเวณหรือจุดที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย และสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินโดยละเอียดต่อไป ซึ่งโดยส่วนใหญ่อาศัยหลักสามัญสำนึก แต่ยังไม่ลงลึกในรายละเอียด และผลจากการประเมินในขั้นตอนนี้จะใช้เป็นแนวทางกำหนดบริเวณหรือทรัพยากรที่จะศึกษาในการประเมินโดยละเอียดต่อไป

(3) การประเมินละเอียด (Assessment)

การศึกษาสาเหตุและแหล่งกำเนิดของของเสียหรือมลพิษ การสูญเสียพลังงาน ความเสี่ยง และสภาพแวดล้อมการทำงานที่ไม่เหมาะสม จากการจัดทำสมดุลมวลและพลังงานเข้าออก แล้วจึงทำรายการและจัดลำดับความสำคัญทางเลือก สำหรับการปรับปรุงขั้นต่อไป

(4) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study)

การศึกษาในแต่ละทางเลือกโดยอาศัยความพร้อมของข้อมูล เพื่อทำการประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น ทั้งทางด้านเทคนิคเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม และทำการเลือกข้อเสนอสำหรับนำมาปฏิบัติต่อไป



ภาพประกอบที่ 1-10 วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ที่มา : กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545

(5) การลงมือปฏิบัติ (Implementation)

การลงมือปฏิบัติโดยการวางแผนการทำงานโดยละเอียด ซึ่งควรจัดทำ บริเวณเป้าหมาย ขั้นตอนการปฏิบัติ กำหนดระยะเวลาเสร็จสิ้น และผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอนให้ชัดเจน และควรติดตามประเมินผล เพื่อหาปัญหา และอุปสรรค เพื่อการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

1.2.3.4 ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

(1) ประโยชน์ต่อตัวเรา มีสุขภาพแข็งแรง ปลอดภัยจากสารพิษต่างๆ ที่ปล่อยสู่ธรรมชาติและตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ และช่วยเสริมสร้างสุขภาพจิตให้ดีด้วย เทคโนโลยีสะอาดทำให้สินค้าอุตสาหกรรมมีคุณภาพสูงขึ้นและช่วยรักษาสภาพแวดล้อมความเป็นอยู่ เช่น แม่น้ำลำคลองจะสะอาดขึ้นและมีขยะลดน้อยลง ประหยัดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาล มีความภาคภูมิใจในผลงานที่มีส่วนทำให้เกิดสิ่งดีๆ ขึ้นในสังคม

(2) ประโยชน์ต่อชุมชน ช่วยส่งเสริมความสมานสามัคคีกันระหว่างบ้าน ชุมชน และโรงงาน เพราะเข้าใจปัญหา และร่วมกันหาหนทางแก้ไข ทำให้เกิดสังคมที่น่าอยู่ มีทรัพยากรธรรมชาติเหลือให้ใช้อย่างเพียงพอ เพราะมีการจัดสรรและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การนำเอาของเสียกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น

(3) ประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรม

- ช่วยทำให้เกิดการประหยัดการใช้น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน และลดการเกิดมลพิษโดยกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และใช้ซ้ำ
- การปรับปรุงสภาพการทำงานเทคโนโลยีสะอาดจะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากคนงานมีสุขอนามัยดีขึ้นและลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุต่างๆ
- การปรับปรุงคุณภาพของสินค้าคุณภาพของสินค้าเป็นสิ่งสำคัญของผู้ผลิตภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากต้องแข่งขันในระดับสากล การลดมลพิษ ณ แหล่งกำเนิดทำให้คุณภาพสินค้าดีขึ้น
- การเพิ่มประสิทธิภาพและกำไร การประหยัดวัตถุดิบและพลังงานนำไปสู่การลดต้นทุน การผลิตซึ่งเป็นการเพิ่มกำไร และขีดความสามารถในการแข่งขัน
- เทคโนโลยีสะอาด ทำให้โรงงานเกิดของเสียน้อยลง ง่ายต่อการจัดการและยังปฏิบัติได้ตามมาตรฐานกฎหมายบ้านเมือง

➢ การลดต้นทุนการบำบัดของเสีย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทำให้มลพิษมีปริมาณลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้ต้นทุนการบำบัดของเสียลดลงด้วย

➢ การมีภาพพจน์ที่ดีต่อสาธารณชนเทคโนโลยีสะอาดทำให้โรงงานหรือสถานประกอบการสะอาด และทำให้เป็นเพื่อนบ้านที่ดีกับชุมชนรอบข้าง

➢ เทคโนโลยีสะอาดจะลดจำนวนมลพิษจากอุตสาหกรรมลง และเป็นการลดการสะสมตัวของความเป็นพิษต่างๆ ในสิ่งแวดล้อม

➢ ประโยชน์ต่อภาครัฐ เทคโนโลยีสะอาดช่วยแบ่งเบาภารกิจในการติดตามตรวจสอบของภาครัฐ และบรรลุเป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ส่งเสริมภาพพจน์ของประเทศไทย ในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและเพิ่มศักยภาพในการส่งออก

1.2.3.5 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดกับคุณภาพและความปลอดภัย

ความปลอดภัยและคุณภาพของอาหารเป็นสิ่งสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร สำหรับความปลอดภัยของอาหารมีการใช้ Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) ซึ่งเป็นแนวทางพื้นฐานอยู่บนการป้องกันอันตราย ทางชีวภาพ ทางเคมี และทางกายภาพในกระบวนการผลิตอาหาร จากการคาดการณ์และป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้น เช่นเดียวกับระบบคุณภาพ Total Quality Management (TQM) อยู่บนพื้นฐานที่เป็นระบบในการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ลดค่าใช้จ่าย เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้นควรจะดำเนินไปควบคู่กับระบบคุณภาพกับระบบความปลอดภัย ซึ่งเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้นสามารถทำงานประสานกันเพื่อชี้ถึงจุดที่สามารถปรับปรุงได้ในทั้งสามระบบ (กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2548)

1.2.3.6 การประหยัดน้ำ (Water pinch) มี 4 หลักการ ดังนี้

(1) การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (Water-re-use)

น้ำเสียจากกระบวนการหนึ่งสามารถใช้โดยตรงกับอีกกระบวนการหนึ่ง ซึ่งระดับของการปนเปื้อนจากกระบวนการก่อนหน้า จะต้องไม่มีผลต่อปริมาณที่รับได้ของสิ่งเจือปนทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากระบบ และขีดจำกัดของการปนเปื้อนในกระบวนการที่ควบคุม

(2) การปรับปรุงน้ำเสียบางส่วนเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ (Regeneration re-use)

การปรับปรุงน้ำเสียบางส่วน ซึ่งสามารถลดการปนเปื้อนหรืออาจจะใช้การป้องกันการนำกลับมาใช้ซ้ำ กระบวนการจะถูกฟื้นฟูใหม่ อาจจะเป็นการกรอง (Filtration) การฉีดออก (Stream-stripping) คาร์บอนดูดซับ (Carbon adsorption) หรือกระบวนการอื่น ๆ ซึ่งในกรณีนี้จะลดลงทั้งปริมาณและการปนเปื้อน

(3) การปรับปรุงน้ำเสียบางส่วนด้วยกระบวนการที่เหมาะสม สำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่(Regeneration recycling)

การรีไซเคิล หมายถึง น้ำที่เหมาะสมที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ ในกระบวนการหนึ่งซึ่งถูกใช้มาแล้ว โดยขั้นตอนการฟื้นฟูจะต้องสามารถลดปริมาณการปนเปื้อนที่จะเพิ่มขึ้นในระบบ

(4) การเปลี่ยนกระบวนการการใช้น้ำ (Process change)

การนำเทคโนโลยีใหม่มาแทนที่ในกระบวนการ โดยจะสามารถลดความต้องการน้ำที่ใช้กันอยู่ตามปกติ เช่น การแทนที่ระบบระบายความร้อนแบบเปียกด้วย เครื่องทำความเย็น หรือการเพิ่มขั้นตอนในกระบวนการล้างบางครั้งอาจจะลดความต้องการน้ำ โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์ของวิธีที่เป็นอยู่ มากกว่าการแทนที่หรือการปรับแก้ไข (Brouckaert and Buckley, 2000)

นอกจากการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานและช่วยสร้างความสามารถด้านการแข่งขัน หากนำการจัดการสมัยใหม่ทางด้านการผลิตมาใช้ร่วมกันแล้วจะช่วยลดปัญหาต้นทุนการผลิตไม่ว่าจะเป็น ราคาวัตถุดิบ ราคาน้ำมัน ค่าแรงงาน ต้นทุนทางการเงิน ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และส่งผลให้ราคาขายสูงขึ้น ดังนั้นผู้ผลิตจึงพยายามคิดค้นและหาวิธีการที่จะลดต้นทุนการผลิต เพื่อผลประโยชน์ตอบแทนที่ได้รับจากการผลิต จากการนำการจัดการผลิตมาใช้ โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบ การเลือกวัตถุดิบ กระบวนการผลิต ด้วยการอาศัยหลักการเพิ่มผลผลิต (Productivity) สำหรับการศึกษานี้จะนำเครื่องมือของการเพิ่มผลผลิตมาใช้เพียง การเลือกหัวข้อปัญหา การหาสาเหตุเบื้องต้น การหาสาเหตุและการพิสูจน์รากเหง้า ดังนี้

1.2.4 การค้นหาประเด็นการปรับปรุง

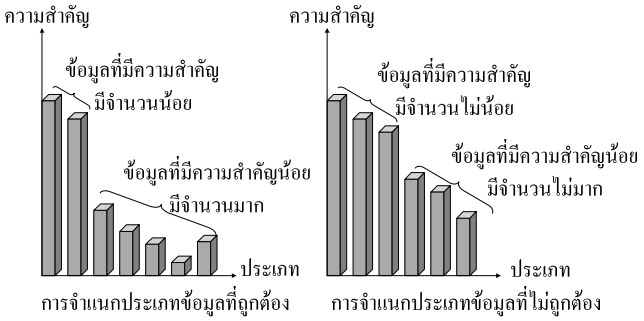
การค้นหาประเด็นการปรับปรุง เริ่มต้นจากการทำความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ของกิจกรรม โดยปกติจะแสดงในรูปของแผนภูมิการไหลของกระบวนการ และทำการกำหนดตัววัดสมรรถนะที่สำคัญ หรือจุดควบคุมกระบวนการ พร้อมทั้งกำหนดค่าเป้าหมายหรือค่าที่ควรจะเป็น เมื่อทำการกำหนดเรียบร้อยแล้วทำการวัดสมรรถนะที่เป็นจริง ควรวิเคราะห์ความมีเสถียรภาพทางสถิติ และจำแนกประเภทของข้อมูล เพื่อกำหนดอาการของปัญหาเบื้องต้น โดยเครื่องมือที่ใช้นั่นคือ

แผนภูมิควบคุมและแผนภาพพาเรโต ตามลำดับ ในการศึกษานี้ใช้แผนภาพพาเรโตเพื่อกำหนดประเด็นปัญหาในการปรับปรุงที่ชัดเจน ดังนี้

1.2.4.1 แผนภาพพาเรโต

การวิเคราะห์ประเด็นปัญหาเพื่อค้นหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหามีความจำเป็นต้องเริ่มต้นจากการจำแนกข้อมูล (Data stratification) ด้วยการใช้หลักการของพาเรโต คือ ในปัญหาใดๆ เกิดขึ้นจากสาเหตุหลาย ๆ อย่างและในบรรดาสาเหตุทั้งหมดนี้จะมีสาเหตุหลักเพียงไม่กี่อย่างที่มีบทบาทสำคัญต่อปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นถ้าแก้ไขให้สำเร็จลุล่วงอย่างมีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องแก้ไขสาเหตุหลักเสียก่อน

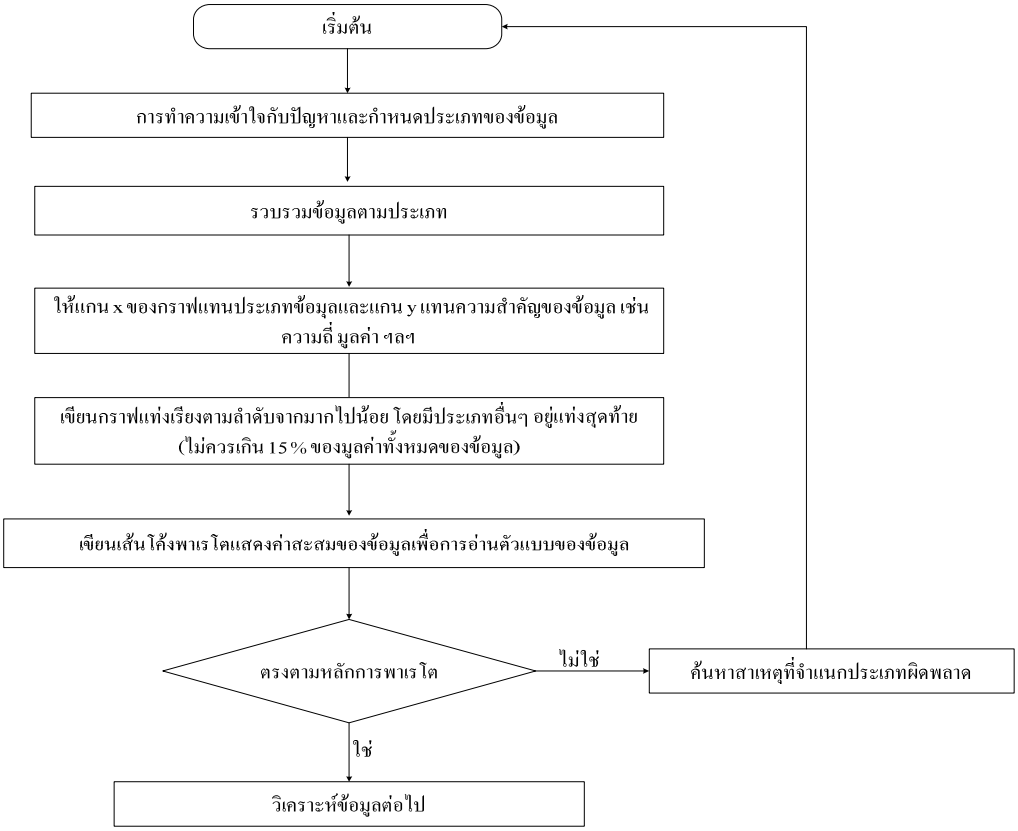
การนำแผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือที่ใช้ลำดับสำคัญของสาเหตุหรือปัญหาที่เกิดขึ้น โดยประยุกต์กราฟแท่งที่แสดงการเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่มีค่าสูงสุดไว้ทางซ้าย แล้วเรียงลำดับค่าของข้อมูลที่ลดลงมาทางขวาของกราฟ เพื่อใช้เปรียบเทียบให้เห็นถึงการลำดับความสำคัญของข้อมูล พร้อมกับระบุขนาดหรือปริมาณของความสำคัญที่เสนอนั้น ๆ ข้อบกพร่อง/ของเสีย ส่วนใหญ่จำนวนมาก เกิดจาก ปัญหา/ต้นเหตุ จำนวนน้อย (กิติศักดิ์, 2548) ดังภาพประกอบที่ 1-11



ภาพประกอบที่ 1-11 การใช้แผนภูมิพาเรโตในการจำแนกประเภทข้อมูล
ที่มา : กิติศักดิ์, 2548

การตีความหมายแผนภูมิพาเรโต ใช้ในการตีความหมายความข้อมูลมีเสถียรภาพหรือไม่ โดยที่จัดเก็บและวิเคราะห์เป็นไปตามหลักการของพาเรโต แสดงว่าข้อมูลนั้นอยู่ในสภาวะเสถียรภาพและสามารถใช้คาดการณ์ได้แต่ถ้าข้อมูลไม่ได้เป็นไปตามหลักการของพาเรโตแสดงว่าข้อมูลไร้เสถียรภาพอันเนื่องมาจากข้อมูลที่เก็บมาอยู่ในการปรับตัว (Transient state) เข้าสู่สภาวะเสถียรภาพ จึงควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมอีก หรืออีกกรณีหนึ่งคือข้อมูลนั้นมาจากกระบวนการที่ไร้

เสถียรภาพมีความจำเป็นต้องแก้ไขด้วยการทำให้กระบวนการมีมาตรฐาน โดยมีขั้นตอนการสร้างแผนภาพพาเรโต ดังภาพประกอบที่ 1-12



ภาพประกอบที่ 1-12 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิพาเรโต

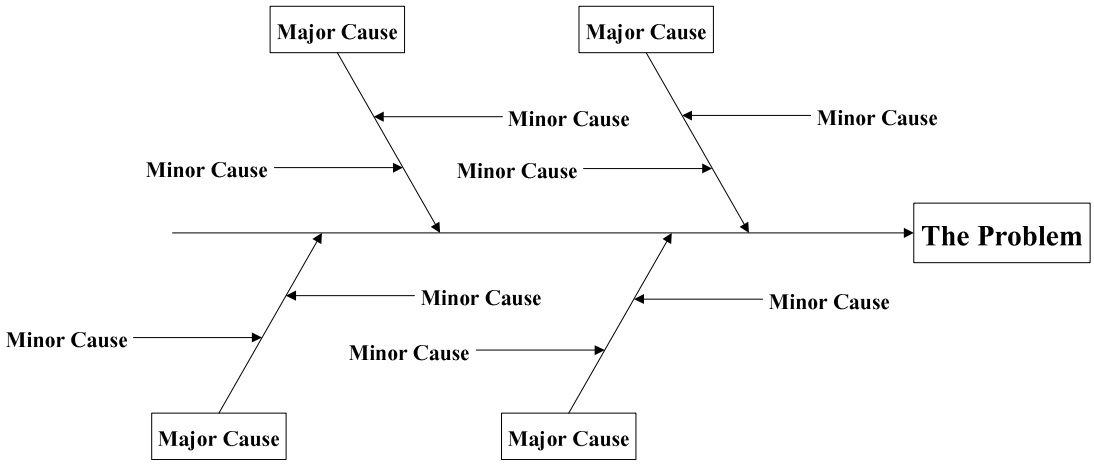
ที่มา : กิติศักดิ์, 2548

เมื่อได้ศึกษากำหนดปัญหาแล้ว ลำดับต่อไป เป็นการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้า ซึ่งขั้นตอนนี้มีความสำคัญที่สุดของกระบวนการแก้ไขปัญหา เนื่องจากเป็นการป้องกันการเกิดซ้ำของปัญหา โดยเริ่มต้นด้วยการหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาก่อนด้วยการใช้แผนภาพก้างปลา และการหาสาเหตุรากเหง้าจากตารางทำไม-ทำไม ดังนี้

1.2.4.2 แผนภูมิก้างปลา (Fish bone diagram)

แผนภูมิก้างปลา เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and effect diagram) หรือ แผนภาพของอิชิกาว่า (Ishikawa diagram) เป็น แผนภาพที่แสดงสาเหตุ (Cause) และผล (Effect) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของคุณภาพกับสาเหตุ โดยการดึงเอาเหตุที่เป็นไป

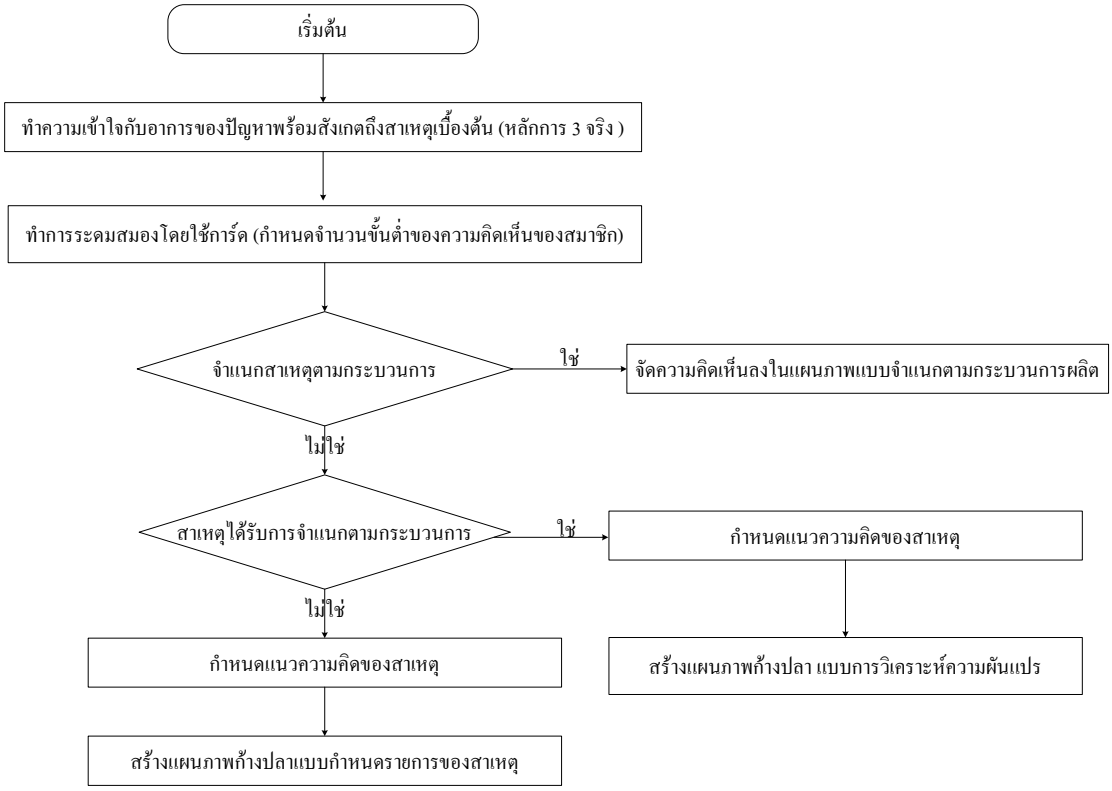
ได้ทั้งหมดออกมาเรียบเรียงสาเหตุที่มีผลต่อคุณภาพ มีประโยชน์ในการใช้เป็นเครื่องมือในการระดมความคิด (Brainstorming) จากสมาชิกภายในกลุ่ม ทำให้เห็นปัญหาอย่างเป็นระบบและทราบสาเหตุของผลที่เกิดขึ้น (กิติศักดิ์, 2548) ซึ่งสาเหตุที่ได้นั้นจะละเอียดลึกซึ้งและมีขั้นตอนตามเหตุตามผล สะดวกที่จะนำสาเหตุนั้นๆไปพิจารณาแก้ไข อีกทั้งยังเป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ปัญหาต่างๆได้มากมาย ช่วยชี้นำหรือช่วยในการอภิปราย รวบรวมประเด็นในการอภิปรายให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นวิธีการใช้ความคิดเห็นส่วนตัวหรือประสบการณ์ของผู้ร่วม วิเคราะห์มาค้นหาสาเหตุและกำหนดมาตรการการแก้ไข เป็นการค้นหาสาเหตุใหญ่ๆ เพื่อกำหนดแนวทางคร่าวๆในการแก้ปัญหา (ประชาสรรณ์, 2552) ดังภาพประกอบที่ 1-13



ภาพประกอบที่ 1-13 แผนภูมิก้างปลา
ที่มา : ประชาสรรณ์, 2552

หลักเกณฑ์ทั่วๆไป เกี่ยวกับการระดมความคิดก็เหมือนกับการระดมความคิดแบบธรรมดา เช่น ห้ามการวิจารณ์ผู้อื่น สมาชิกทุกคนต้องช่วยกันแสดงออกความคิดเห็นให้มากที่สุด ภาพประกอบที่ 1-14

การแก้ไขและป้องกันปัญหานั้น นอกจากจะทำการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพก้างปลาแล้ว ยังจำเป็นต้องวิเคราะห์ในเชิงลึกอีกเพื่อการแก้ไขที่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาจริงๆ หรือสาเหตุรากเหง้านั่นเอง ด้วยการใช้ตารางทำไม-ทำไม ดังนี้



ภาพประกอบที่ 1-14 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิก้างปลา
ที่มา : กิติศักดิ์, 2548

1.2.4.3 ตารางทำไม-ทำไม (Why-Why analysis)

ตารางทำไม-ทำไม เป็นเทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ วิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุให้เกิดปรากฏการณ์อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนไม่เกิดการตกหล่น ซึ่งไม่ใช่ความคิดแบบคาดเดาหรือนั่งเทียนเป็นวิธีการเพื่อค้นหาต้นตอของปัญหาแล้วกำหนดมาตรการการป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นอีก โดยก่อนจะทำการวิเคราะห์ด้วยตารางทำไม-ทำไม ดังนี้

1.สะสางปัญหาให้ชัดเจน ยึดกุมข้อเท็จจริงอาศัยหลัก สถานที่จริง (Genba) และดูสภาพของจริง (Genbutsu)

2.ทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ของ ส่วนที่เป็นปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน โดยพิจารณาจากตำแหน่งที่เกิดปัญหา เช่น ประเภท สถานที่ สภาพ เวลา สัดส่วน ความถี่ ปริมาณ และอื่นๆ (สมชัย, 2545)

การวิเคราะห์ด้วย ตารางทำไม-ทำไม ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

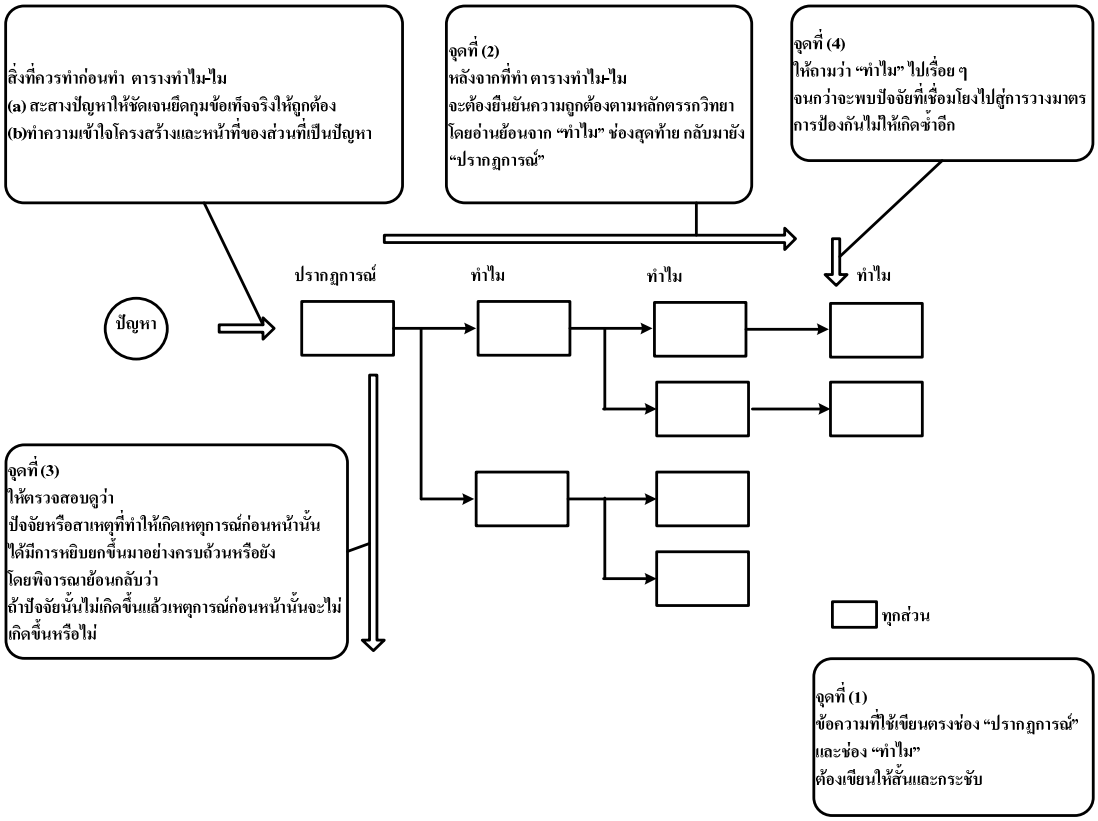
(1) การมองจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อยๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือสาเหตุออกมา เป็นการมองปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างถี่ถ้วนแล้วกำหนดหัวข้อเงื่อนไขที่จำเป็น ซึ่งจะทำให้ปรากฏการณ์นั้นไม่เกิดขึ้นอีก โดยสำรวจหัวข้อเงื่อนไขแต่ละอันโดยดูจากของจริง แล้วทำการวิเคราะห์ต่อไปเฉพาะหัวข้อที่คิดว่าผิดปกติ โดยจะต้องศึกษาส่วนที่เกิดปัญหาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ ว่าสภาพที่ควรจะเป็นนั้นคืออะไร เพื่อไม่ให้มีการตกหล่น กล่าวคือ จะต้องไปดูของจริงเพื่อตรวจสอบให้ชัดเจนว่า แต่ละส่วนบทบาทหน้าที่เกี่ยวโยงกันอย่างไร จากนั้นจึงทำการสำรวจเพื่อการเปรียบเทียบกับสภาพที่ควรจะเป็น แล้วจึงทำการวิเคราะห์ส่วนที่ต่างไปจากสภาพที่ควรจะเป็น

(2) การมองจากหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี เป็นการมองปัญหาไม่ให้กว้างเกินไป โดยยึดและคำนึงถึงทฤษฎีที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้มองได้รอบด้านมากยิ่งขึ้น วิธีการเช่นนี้จะนำไปสู่การหาสาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา เหมาะกับกับปัญหาที่มีความซับซ้อนค่อนข้างเข้าใจยาก พบประเด็นปัญหาหลายอย่าง

การศึกษาจุดที่ควรระวังในการทำตารางทำไม-ไม ที่มีความสำคัญมากมาแล้ว 4 จุด เพื่อให้เข้าใจและตรวจสอบง่ายขึ้น ได้รวบรวมจุดทั้ง 4 แต่ละขั้นตอนของการทำ ตารางทำไม-ทำไม ตามภาพประกอบที่ 1-15

การป้องกันไม่ให้ปัญหาเกิดซ้ำมี 2 แนวทาง คือปรับปรุงไม่ให้ปัญหาเกิดขึ้น และสร้างระบบที่ว่าแม้ปัญหาจะเกิดขึ้นก็สามารถรับรู้ได้ง่ายและมีการระวังมากขึ้น

นอกจากนี้ ต้องคำนึงถึงความสำคัญของการรักษาระบบโดยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้สามารถปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนดขึ้นได้โดยง่าย และเมื่อทราบสาเหตุรากเหง้าของปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดมาตรการตอบโต้ อาศัยจากการใช้แผนภาพทำไม-ทำไม ซึ่งจะกำหนดแนวทางแก้ไขไม่ให้ปัญหาเกิดซ้ำ จากสาเหตุที่ตรวจพบ



ภาพประกอบที่ 1-15 จุดสำคัญในการทำตาราง ทำไม-ทำไม

ที่มา : สมชัย, 2545

1.2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ (2547)ได้ศึกษาการลดมลพิษในโรงงานอาหารทะเล โรงงานน้ำยางข้น และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม จากโรงงานอาหารทะเล 5 โรงงาน โรงงานน้ำยางข้น 4 โรงงาน และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม 4 โรงงาน เน้นการศึกษาการใช้น้ำและพลังงานโดยอาศัยหลักการเทคโนโลยีสะอาด สำหรับโรงงานอาหารทะเลพบจุดเคาะบล็อกมีการสูญเสียน้ำมาก ใช้การปรับวาล์วให้เหมาะสม สามารถลดการใช้น้ำสำหรับปลาหมึกแช่แข็งได้ 4.20 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ โรงงานกุ้งแช่เยือกแข็งนำน้ำเคาะบล็อกไปใช้ในการล้างคอยล์เย็นของตู้แช่เยือกแข็งประหยัดน้ำได้ 21.3 ลบ.ม./วัน สำหรับโรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋องนั้นได้มีการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอยู่แล้ว การลดปริมาณน้ำใช้จึงทำได้เพียงเล็กน้อย โรงงานน้ำยางข้นเน้นการใช้น้ำในถังเก็บน้ำยางและเครื่องปั่น และลดแอมโมเนียในหางน้ำยาง โรงงานผลิตน้ำยางข้นและยางสกิมบล็อกโรงที่ 1 ล้างถังด้วยเครื่องฉีดความดัน (180 บาร์) ใช้น้ำเพียง 0.59 ลบ.ม./ 30 ตันน้ำ

ยางสด ภายในเวลา 54 นาที โรงงานที่ 2 ใช้น้ำ 3.70 ลบ.ม./ตัน DRC และโรงงานน้ำมันปาล์ม ได้นำน้ำนึ่งปาล์มที่ปล่อยให้น้ำมันลอยตัวและแยกกาก ตะกอนต่าง ๆ ออกแล้วกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต โดยมีน้ำนึ่งปาล์มประมาณ 0.28 ลบ.ม./ตัน ทะลายปาล์มสด ไปใช้ในการย่อยผลปาล์ม ทำให้ลดการใช้น้ำและลดปริมาณน้ำเสียได้ การจัดการด้านพลังงาน ปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ เพื่อให้ออกซิเจนตรงทางออกเหลือ 5% และดูแลเรื่องค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าเป็น 0.95 โดยมีการจัดโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าให้สมดุลกันทุกเฟส และหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องจักรพร้อมกันในช่วง Peak load

ปิยรัตน์ ลดาวรรณ และ ปิยะรัตน์ (2550) ได้ศึกษาการลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในกระบวนการผลิตซูริมิ เพื่อลดต้นทุนในการผลิตและช่วยแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเชิงป้องกัน ด้วยการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ โดยทำการทดลองใน 5 จุด คือ การล้างปลาหลังขอดเกล็ด การล้างปลาก่อนรีดเนื้อ ตะแกรงสะเด็ดน้ำที่ล้างถังเลือด ตะแกรงสะเด็ดน้ำที่ถังล้างเกลือ และตะแกรงสะเด็ดน้ำที่ถังคูชชั่น ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในขั้นตอนการล้างปลาก่อนรีดเนื้อจากวิธีการล้างแบบ Over flow เป็นแบบพ่นฝอยได้ 33.33 % ลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในขั้นตอนการล้างปลาหลังขอดเกล็ดจากการลดจำนวนรูของ Nozzle และปรับองศาหัวฉีดได้ 33.21% ลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในส่วนการฉีดล้างตะแกรงสะเด็ดน้ำที่ถังล้างเลือดและเกลือจากการใช้ Auto Shower มาเป็น สัญญาณเตือน และหาเวลาที่เหมาะสมในการตั้งเวลาสเปรย์ เวลาหยุดได้ 100 % และสามารถลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในส่วนการฉีดน้ำล้างตะแกรงสะเด็ดน้ำที่ถังคูชชั่นจากการใช้ Auto Shower มาเป็น สัญญาณเตือน และหาเวลาที่เหมาะสมในการตั้งเวลาสเปรย์ เวลาหยุดได้ 91.46 % ซึ่งความสามารถลดการใช้น้ำจากเดิม 48.26 ลูกบาศก์เมตร/วัน เหลือ 26.08 ลูกบาศก์เมตร/วัน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้รวม 399,268 บาท/ปี

Munlika Uttamangkabovorn et.al (2005) ได้ศึกษาการอนุรักษ์การใช้น้ำในโรงงานทูน่ากระป๋อง (อาหารสัตว์) ในประเทศไทย โดยการศึกษาการใช้น้ำในส่วนต่าง ๆ ของโรงงาน และได้เสนอแนวทางในการลดการใช้น้ำในขั้นตอนการพ่นฝอยน้ำเพื่อทำให้เย็น โดยการติดตั้งหัวสเปรย์แบบ Nozzle ที่ใช้แรงดันในการพ่นฝอยน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 0.5 มิลลิเมตร และสำหรับการสเปรย์ใช้น้ำอุ่น 60 องศาเซลเซียส แทนการใช้น้ำเย็น สามารถลดการใช้น้ำจากเดิม 4.7 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบ เป็น 1.6 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบ 1 ตัน คิดเป็น 66% ลดการใช้น้ำล้างกระป๋องหลังการปิดผนึก โดยการเปิดวาล์ว 45 องศา และมีการปล่อยน้ำทิ้งทุกๆ 4 ชั่วโมง สามารถลดการใช้น้ำจากเดิม 0.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบเป็น 0.4 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบ

1 ตัน คิดเป็น 55% และลดการใช้น้ำล้างพื้นและอุปกรณ์ โดยการฝึกอบรมการใช้ไม้กวาดและการเอาเศษขยะออกก่อนการใช้น้ำในการล้างให้แก่พนักงาน สามารถลดการใช้น้ำจากเดิม 4.513 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบ เป็น 3.9 ลูกบาศก์เมตรต่อวัตถุดิบ 1 ตัน คิดเป็น 14% ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้น้ำสุทธิ 8.8 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ คิดเป็น 32%

วิชัย หงส์เกียรติขจร และ สยาม รัศมีเฟื่อง (2543) ได้ศึกษาแนวทางการลดปริมาณน้ำใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง 3 ประเภท ได้แก่ ปลาหมึกแช่แข็ง ซูริมิแช่เยือกแข็ง และกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็ง พบว่าอุตสาหกรรมปลาหมึกแช่เยือกแข็งแบบล็อกและแยกเป็นตัว ลดค่าใช้จ่ายน้ำได้ 17.70 และ 2.30 บาท/ตัน วัตถุดิบ อุตสาหกรรมซูริมิแช่เยือกแข็งลดค่าใช้จ่ายน้ำได้ 4.65 บาท/ตันวัตถุดิบ และอุตสาหกรรมกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งแบบแยกเป็นกุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งแบบบล็อก กุ้งกุลาดำต้มสุกแช่เยือกแข็งแบบแยกเป็นตัว และกุ้งกุลาดำยืดแช่เยือกแข็ง ลดค่าใช้จ่ายน้ำได้ 0.15, 0.15, 0.15 และ 10.15 บาท/ตันวัตถุดิบ

เอกวิชช ไพรสุวรรณ (2546) ได้ศึกษาการลดต้นทุนการผลิตของโรงงานผลิตน้ำแข็งหลอดเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในการลดต้นทุนการผลิต โดยการสำรวจเบื้องต้น พบว่า น้ำที่ใช้เป็นน้ำประปาจากการประปาส่วนภูมิภาคซึ่งจะต้องถูกนำมาปรับปรุงคุณภาพมีสมรรถนะไม่ดีเนื่องจากการออกแบบและการเดินระบบที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบผลิตน้ำอ่อน (เกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูเรซิน) และการกรอง ดังนั้นจึงปรับปรุงระบบผลิตน้ำอ่อนด้วยการเปลี่ยนทิศทางการไหล (ติดตั้งมิเตอร์และประตูน้ำ) และเปลี่ยนเกลือเป็นชนิดที่สะอาดกว่าเดิม ซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ปีละ 77,100 บาทและใช้เวลาคืนทุนน้อยกว่า 2 เดือน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ในโรงงานผลิตน้ำแข็งหลอด

พัชรี ธรรมเดชศักดิ์ (2545) ได้ศึกษาและประเมินการนำเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในอุตสาหกรรมนม เพื่อศึกษาปริมาณการใช้ทรัพยากรและพลังงานตลอดจนปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพของระบบบำบัดมลพิษ (น้ำเสีย) ของอุตสาหกรรมนม โดยศึกษาในโรงงานอุตสาหกรรม ที่มีการผลิตนมพลาสเจอร์ไรซ์เป็นหลัก 3 โรงงาน เป็นโรงงานขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ พบว่ามลพิษที่เกิดขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตและขนาดของกำลังการผลิตเป็นหลัก ซึ่งการใช้น้ำส่วนใหญ่มาจากการทำความสะอาด จึงเน้นที่การใช้น้ำและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม โดยเสนอแนวทางดังนี้

(1) น้ำเสียส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการล้างทำความสะอาดการวางแผนการผลิตที่ดี เพื่อให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง หรือเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวให้นานที่สุด ซึ่งจะเป็นการลดจำนวนครั้งในการเปลี่ยนชนิดของ

(2) สาเหตุของการสูญเสียน้ำนมและน้ำในการผลิตส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการขาดความเอาใจใส่ในงานและขาดความตระหนักในการใช้ทรัพยากรอย่างประหยัด การฝึกอบรมเพื่อให้พนักงานเกิดความชำนาญจะทำ ให้พนักงานสามารถควบคุมการบรรจุให้เกิดการสูญเสียของน้ำนมน้อยที่สุด

(3) ก๊อกน้ำรั่วตลอดเวลา โดยไม่มีการซ่อมแซมทำให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ จึงมีความสำคัญสำหรับการวางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive maintenance)

(4) การติดตั้งหัวฉีดเพิ่มแรงดัน (Spray gun) และวาล์วเปิดปิดที่สายยางสามารถประหยัดน้ำได้ 50%

(5) ขาดอุปกรณ์ในการไล่น้ำนมที่ค้างออกจากท่อและถัง อาจแก้ไขด้วยการติดตั้งเครื่องอัดอากาศ

(6) ท่ออุปกรณ์ทำความเย็นและท่อไอน้ำบางส่วนไม่มีฉนวนหุ้มหรือมีการเสื่อมสภาพของฉนวนหุ้ม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานสามารถลดปริมาณการสูญเสียพลังงานได้ 90%

(7) การนำน้ำนมสูญเสียกลับสู่กระบวนการผลิตใหม่ การหาภาชนะมารองรับน้ำนมที่สูญเสีย แล้วนำ กลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่

(8) น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็นและไอน้ำที่เกิดการควบแน่น (Condensate) และนำสุดท้ายที่ใช้ในการล้างแบบ CIP ถูกปล่อยทิ้งลงสู่ระบบบำบัดน้ำเสียโดยเปล่าประโยชน์ การนำน้ำหล่อเย็นมาใช้แบบหมุนเวียน โดยอาจนำน้ำหล่อเย็นกลับเข้าสู่หอคอยทำความเย็นหรืออาจนำมาใช้ในหม้อไอน้ำ การนำน้ำควบแน่นมาใช้เป็นน้ำหมุนเวียนในหม้อไอน้ำ การเก็บนำน้ำสุดท้ายที่ใช้ในการล้างไว้ใช้เป็นน้ำแรกในการทำ CIP ครั้งต่อไป

(9) การนำ สารเคมีที่เคยใช้ในการล้างด้วยระบบ CIP กลับมาใช้ใหม่

จุฑารัตน์ อริยะธรรมถาวร (2546) ได้ศึกษาการนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อม เพื่อการนำน้ำเสียจากกระบวนการย้อมสีผ้ากลับไปใช้ซ้ำ และการนำไปบำบัดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ด้วยการวิเคราะห์คุณภาพและสำรวจปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเพื่อนำไปตรวจสอบเพื่อหาวิธีการรวบรวมและการบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสม พบว่าวิธีการแรก

คือการนำน้ำล้างผ้าขั้นสุดท้ายไปใช้โดยตรงเพื่อล้างผ้าในขั้นตอนแรก โดยออกแบบขนาดถังพักเพื่อเก็บรวบรวมน้ำเสียสำหรับการนำไปใช้ซ้ำ วิธีที่สองคือการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนการนำกลับไปใช้ใหม่ น้ำย้อมผ้าและน้ำล้างผ้าขั้นตอนแรกหลังจากขบวนการย้อมจะนำไปบำบัดโดยขบวนการออสโมซิสผันกลับ จากการทดสอบคุณภาพของน้ำที่บำบัดแล้วโดยขบวนการออสโมซิสผันกลับมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในขบวนการผลิตหรือใช้ในหม้อต้มไอน้ำกระบวนการนำน้ำล้างผ้ากลับมาใช้ซ้ำ และการนำน้ำย้อมและน้ำล้างผ้าเที่ยวแรกผ่านกระบวนการออสโมซิสผันกลับจะสามารถประหยัดน้ำได้ 18,235 และ 10,500 ลบ.ม./ปี ซึ่งสามารถประหยัดเงินเมื่อนำน้ำมาใช้แทนน้ำบาดาลได้ 16.52 บาท/ลบ.ม. และ 14.13 บาท/ลบ.ม.

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และคณะ (2545) การพัฒนาระบบการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสาที่ไม่ก่อปัญหาสิ่งแวดล้อมเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก ปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อโดยวิธีทางเคมีในห้องปฏิบัติการ จัดระบบโรงงานต้นแบบ และปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษสา โดยนำผลจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการมาปรับใช้ และถ่ายทอดเทคโนโลยี ตลอดจนปรับปรุงอุปกรณ์ เครื่องมือสถานที่ ฯลฯ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต โดยศึกษาการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ในการต้มเยื่อปอสา ร่วมกับการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเยื่อ การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในการฟอกเยื่อ วัตถุดิบที่ใช้เป็นเยื่อปอสาที่ได้ภายหลังจากการต้มเปลือกในปอสาด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และศึกษาเทคนิคการย้อมสีเยื่อสาด้วยสีรีแอ๊คทีฟ เทคนิคการย้อมเยื่อสาด้วยสีไดเร็ก วิธีการสร้างระดับน้ำหนักมาตรฐานกระดาษสา การจัดระบบโรงงานต้นแบบ และการปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษสา การจัดระบบโรงงานต้นแบบ การปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษสา การปรับปรุงวิธีการย้อมสีและถ่ายทอดวิธีการ พบว่า ควรใช้กรรมวิธีส่วนผสมทั้งสามแทนกรรมวิธีโซเดียมไฮดรอกไซด์ อย่างเดียวเพื่อสิ่งแวดล้อม และต้นทุนค่าใช้จ่ายเชิงเศรษฐกิจไม่ต่างกัน

เสกสรร พาป้อง (2544) ได้ศึกษาการนำหลักการของเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาประยุกต์ใช้ ในการผลิตเยื่อและกระดาษสาโดยการตรวจประเมินกระบวนการผลิต และเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีของเสียน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ประหยัดวัตถุดิบ น้ำ สารเคมี พลังงานและเพิ่มผลผลิต อันจะส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิตและลดของเสียให้อยู่ในระดับที่บำบัดได้ง่ายอีกด้วย จากกรณีศึกษาโรงงานผลิตกระดาษสาในจังหวัดแพร่ ได้เสนอเทคโนโลยีสะอาดในการปรับปรุงกระบวนการฟอกเยื่อ โดยการใช้ถังสแตนเลสในการฟอกเยื่อ ทำให้ลดการใช้สารเคมีได้

86 กิโลกรัมต่อตันกระดาษ หรือคิดเป็น 20.8 เปอร์เซ็นต์ และการปรับปรุงสภาวะในการฟอกเยื่อลดการใช้สารเคมีได้ 49 กิโลกรัมต่อตันกระดาษ หรือคิดเป็น 11.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระบวนการต้มเยื่อใช้การแช่เปลือกสาด้วยน้ำต้มเยื่อดำแทนน้ำลดการใช้สารเคมีได้ 57 กิโลกรัมต่อตันกระดาษ หรือคิดเป็น 13.8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับกระบวนการล้างเยื่อ และปริมาณน้ำล้างเยื่อโดยใช้ระบบการล้างเยื่อแบบน้ำล้นไหลสวนทาง สามารถลดการใช้น้ำได้ 233 ลูกบาศก์เมตรต่อตันกระดาษ คิดเป็น 51.7 เปอร์เซ็นต์ และการจัดผังการล้างเยื่อใหม่ สามารถลดการใช้น้ำได้ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อตันกระดาษ คิดเป็น 26.5 เปอร์เซ็นต์

N.K. Saha, M. Balakrishnan and V.S. Batra (2004) ได้ศึกษาการปรับปรุงการน้ำใช้ในอุตสาหกรรม: กรณีศึกษาสำหรับโรงกลั่นเหล้าในประเทศอินเดีย เพื่อระบุทางเลือกสำหรับการปรับปรุงน้ำใช้ในโรงต้มกลั่น โดยศึกษาจากการใช้แบบสำรวจศึกษาการใช้น้ำของโรงงานกลั่นเหล้า ที่ตั้งอยู่ทางอินเดียตอนเหนือ 7 โรงงานมีการใช้น้ำ 1133.5 ลบ.ม/วัน และปล่อยน้ำเสีย 668 ลบ.ม/วัน พบว่ากระบวนการสูญเสียน้ำมากที่สุด คือ การเจือจางกากน้ำตาลอ้อย การหล่อเย็น การผลิตไอน้ำ 34% ของการใช้น้ำทุกวันสำหรับการกลั่นเหล้า มาจากการเพิ่มปริมาณน้ำหล่อเย็น มาจาก Evaporative loss, Drift loss และ Blow down ได้ปรับปรุงโดยด้วยการเพิ่มความเข้มข้นของสัดส่วนจาก 1.5-2 % ช่วยลดน้ำได้ถึง 33% และนำน้ำจากโรงงานล้างขวดมาใช้ทำสวน และได้นำน้ำที่ใช้ล้างขวดเบื้องต้น ไม่มีการใช้สารทำความสะอาด มาใช้แทนน้ำสะอาดเพื่อใช้เจือจางน้ำเสียที่ต้องการปล่อยทิ้ง ช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 3%

Orathai Chavalparit and Maneerat Ongwandee (2008) ได้ศึกษาเทคโนโลยีสำหรับอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง ในประเทศไทย โดยทำการสำรวจทางเลือกของเทคโนโลยีสะอาดที่นำมาใช้ได้ในการปรับปรุงสมรรถนะด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย จาก 8 โรงงาน ได้พัฒนาและปรับปรุงการดำเนินงาน

การลดการใช้น้ำโดยการจัดการเข้ามาปฏิบัติ ติดตั้งมิเตอร์และบันทึกการใช้น้ำ ใช้ปั๊มแรงดันสูงในการทำความสะอาด ตรวจสอบการรั่วไหลของสายยาง นำแป้งที่เหลือบนเครื่องจักรไปขายแป้งเกรดสอง การนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ/การรีไซเคิลน้ำในกระบวนการผลิต นำน้ำเสียจากบ่อ Maturation สำหรับล้างทำความสะอาดพื้น รีไซเคิลน้ำจากกระบวนการผลิต ลดการใช้น้ำได้ประมาณ 5 ลบ.ม. หรือ 12.5 บาท/ตันของแป้ง

การปรับปรุงเทคโนโลยีสำหรับลดการสูญเสียแป้ง ด้วยการเปลี่ยน ตะแกรงละเอียด 4 ตัวของตัวกรอง เป็นระบบตะแกรงแนวตั้ง 2 ชุดและใช้ปั๊มแรงดันสูง สามารถลดการใช้

น้ำ 150,000 ลบ.ม./ปี ลดการสูญเสียแป้ง 2.5 กิโลกรัม/ตันวัตถุดิบ การลดการใช้พลังงาน ด้วยการติดตั้ง Motor load control ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ และช่วยลดต้นทุนไฟฟ้าได้ประมาณ 85,000 – 290,000 บาท/ปี

การใช้ก๊าซชีวภาพสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิง ด้วยการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียจากระบบบ่อผึ่งเป็นระบบ UASB ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากสุด 13,500 ลบ.ม./วันหลังการดำเนินการและได้ใช้แทนที่น้ำมันถึง 8,100 ลิตร/วัน ลดเชื้อเพลิงได้ประมาณ 25 ล้านบาท/ปี

K. Farag and Clarence W. de Silva. (2000) ได้ศึกษาการควบคุมที่ดีที่สุดของวัตถุดิบธรรมชาติด้วยการประยุกต์ใช้กับการควบคุมเครื่องจักรของโรงงานผลิตปลากระป๋อง จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึง การควบคุมสัดส่วนที่ดีที่สุดเกี่ยวกับการกำหนดวัตถุดิบต่อชิ้น โดยคำนวณจากการกระจายความหนาแน่นของวัตถุดิบ และการจัดการสัดส่วนที่ดีที่สุดของการบรรจุชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์จากการเรียงลำดับความสำคัญ จนได้รูปแบบที่ดีสุดที่พอจะเป็นไปได้ภายใต้การควบคุมของโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับการพัฒนาวิธีการนี้เป็นการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง และการประยุกต์ของการศึกษานี้ได้รูปแบบที่ดีที่สุดเข้าถึง 2 อย่าง ในการดำเนินการแปรรูปอย่างง่าย โดยใช้การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ โดยใช้ข้อมูลที่แท้จริงของปลาแซลมอล ซึ่งจะแสดงถึงประโยชน์ของการควบคุมสัดส่วนที่ดีที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปรับปรุงการเพิ่มความแม่นยำเกี่ยวกับกำไรของความต้องการของข้อกำหนดและเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์

R. Harte and W.B.Krätzig (2002) ได้ศึกษาการคอยเย็นที่มีขนาดใหญ่มีผลต่อประสิทธิภาพและเทคโนโลยีโดยใช้พลังงานที่สะอาด ผลการศึกษานี้แสดงถึงเกณฑ์ในการออกแบบและโครงสร้างของคอยเย็นของเยอรมัน ในทศวรรษล่าสุด ส่วนไฟฟ้าผลิตจากโรงไฟฟ้าและคอยเย็นมีบทบาทอย่างมีนัยสำคัญสำหรับการใช้ประโยชน์ของการถ่ายเทพลังงานที่น่าเชื่อถือเป็นวิธีการที่สอดคล้องกับข้อกำหนดสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความเหมาะสมของขนาดที่ใหญ่ที่สุดและบางที่สุดของโครงสร้างคอนกรีตในปัจจุบัน เนื่องจากการรวมปัจจัย ลม อุณหภูมิความชื้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งให้ความสนใจในการพิจารณาให้แน่ใจถึง ความล้า รอยร้าวและการกร่อน จากการทวนสอบระดับความปลอดภัยและความทนทาน ซึ่งเป้าหมายของการออกแบบ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปมีความสูงประมาณ 200 ม. ความหนาประมาณ 22-24 ซม. ซึ่งพิจารณาโดยเฉพาะองค์ประกอบที่เป็นไปได้ของการกระจายแกน, เพลาที่ไม่สมมาตรกับลักษณะดิน ปัจจัยที่รบกวนการพัดของลม (เช่นการตัดสินจากการทดสอบท่อลม) ประสิทธิภาพสูงสุดของรูปร่างด้านนอก (เปลือก) เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ พฤติกรรมกลศาสตร์ การฉีดล้างเชื้อเพลิงของคอเย็นและ

การใช้คอนกรีตสมรรถนะสูง (85 MPa) เพื่อปรับปรุงการลดแรงต้านจาการทำความสะอาดเชื้อเพลิงที่รุนแรง โดยการควบคุมของมหาวิทยาลัย Wuoppertal โดยการออกแบบคอนกรีตสมรรถนะสูง มีความเสถียรและความทนทานของผิวด้านนอกของคอเย็น

A.C. Booman, M.A. parin and A.Zugarramurdi (1997) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการคัดขนาดปลา โดยการวิเคราะห์หน้าที่ของปัจจัยการกระจายของขนาดและ โครงสร้างต้นทุนของอุตสาหกรรมและพัฒนาโมเดลทั่วไปช่วยประมาณความผันแปรของต้นทุน เช่นปลากระป๋องที่อาร์เจนตินา เพื่อช่วยในเรื่องการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มประสิทธิผลของการผลิตและประสิทธิภาพโดยรวมของปริมาณที่เหลืออยู่ในสายการผลิต ซึ่งเป็นการช่วยเพิ่มคุณภาพผลิตภัณฑ์สุดท้าย แต่กลับเพิ่มการลงทุนและกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนขึ้น เนื่องจากเกี่ยวพันกับวัตถุดิบและต้นทุนค่าแรงพนักงาน ซึ่งเป็นการเพิ่มเล็กน้อย และนำไปสู่การลดต้นทุนที่สำคัญ จากการคัดขนาดปลา หากสัดส่วนปลาสูงจะช่วยประหยัดได้มากกว่า 8 % ของต้นทุนในการบรรจุทั้งหมด สำหรับค่าเฉลี่ยผลิตภัณฑ์ทุกวัน ในจำนวน 3000 กระป๋องใน 1 ฤดูกาล

Sandra Casani and Susanne KnØchel (2002) ได้ศึกษากระบวนการประยุกต์ใช้ HACCP ในการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร โดยทำการศึกษา HACCP เพื่อนำมาประยุกต์และประเมินระบบที่เกี่ยวกับการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมอาหาร โดยมีรูปแบบที่ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ของอาหารและน้ำที่ก่อให้เกิดโรคและมีความไวต่อวิธีการบำบัดน้ำในแต่ละแบบ และการประยุกต์ใช้โปรแกรม Pre-requisite และการรวบรวมจากงานวิจัยอื่น เพื่อความปลอดภัยด้านสุขอนามัย

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดและการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมีการนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานให้สามารถใช้งานได้เต็มสมรรถนะและลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก โดยมีการนำมาใช้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ถึงแหล่งของน้ำเสีย ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิต ของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง

1.3.2 เพื่อกำหนดแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงาน โดยการป้องกันที่สาเหตุของปัญหา

1.3.3 เพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต โดยลดค่าใช้จ่ายในการนำน้ำมาใช้และบำบัดน้ำเสียป้องกันและการลดมลพิษ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง โดยประยุกต์ใช้กับกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องของโรงงานกรณีศึกษา

1.4.2 เน้นเรื่องการลดการใช้น้ำ และการดูแลจัดการน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 ทราบแหล่งและสาเหตุการสูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ การทำงาน และกระบวนการผลิตจากการนำเทคโนโลยีที่สะอาดมาใช้

1.5.2 ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น จากการนำแนวทางการปรับปรุงไปใช้

1.5.3 ลดต้นทุนและประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต เนื่องจากใช้ทรัพยากรได้คุ้มค่าสูงสุด ทั้งวัตถุดิบ กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่และใช้ซ้ำ รวมถึงการจัดการบำบัดของเสีย

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในโรงงานอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

2.1 การสำรวจและการตรวจประเมินเบื้องต้นของโรงงาน

ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้อาศัยข้อมูลทุติยภูมิของโรงงานทูน่ากระป๋อง ซึ่งรวบรวมจากเอกสารการเก็บข้อมูลของทางโรงงานมาใช้ประกอบในการศึกษาวิเคราะห์ เพื่อเป็นตัวแทนในการสำรวจศึกษา และได้เข้าไปศึกษาเชิงสำรวจกระบวนการผลิตต่างๆ ในปัจจุบัน ดังนี้

2.1.1 การสำรวจและการจัดทำแผนภูมิกระบวนการผลิต

การสำรวจภาพรวมของการผลิตจาการสอบถามทางโรงงาน พร้อมทั้งเข้าไปสำรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตรวมถึงของเสียที่เกิดขึ้น แบ่งเป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ คือ กระบวนการละลายปลา กระบวนการผ่าท้องปลา กระบวนการสเปรย์น้ำ กระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (กระบวนการขูดหนัง ขูดเลือดและบรรจุ) และกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเบื้องต้นพร้อมจัดทำแผนภูมิการผลิต ซึ่งเป็นการศึกษากระบวนการผลิตในรายละเอียด การใช้วัตถุดิบ และน้ำ ของเสียและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น เพื่อให้เห็นภาพการใช้ทรัพยากรและการสูญเสียที่เกิดขึ้นจริงในรูปของสมดุลมวลรวมของวัตถุดิบและพลังงานที่เข้าและออกในแต่ละขั้นตอนการผลิต

2.1.2 การสำรวจปริมาณน้ำใช้

การรวบรวมปริมาณน้ำใช้ในแต่ละกระบวนการในแต่ละเดือน โดยสอบถามข้อมูลจากแผนกน้ำเสีย และได้ดำเนินการสำรวจพร้อมทั้งเก็บข้อมูล ขั้นตอนการผลิตและปริมาณการใช้น้ำรวม

(1) การรวบรวมปริมาณน้ำจากมาตรวัดน้ำโดยตรง และเก็บข้อมูลปริมาณการใช้วัตถุดิบต่อวัน โดยมาตรวัดน้ำอยู่แต่ละจุดของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง นั่นคือ กระบวนการละลายปลา กระบวนการผ่าท้องปลา กระบวนการสเปรย์น้ำ กระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง กระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนการรวบรวมปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการอื่นและปริมาณน้ำเสียในแต่ละกระบวนการผลิตนั้นใช้วิธีนาฬิกาจับเวลา (Container stopwatch) หรือดัดแปลงการคำนวณ (Uttamangkabovorn et al., 2005)

(2) การรวบรวมปริมาณน้ำจากวิธีนาฬิกาจับเวลา ดังนี้

(2.1) นำภาชนะสำหรับใส่น้ำที่มีปริมาตรแน่นอน

(2.2) เปิดน้ำเช่นเดียวกับการดำเนินการจริงหน้างาน พร้อมทั้งจับเวลา

(2.3) นำภาชนะสำหรับใส่น้ำที่มีปริมาตรแน่นอน

(2.4) เมื่อเติมน้ำในภาชนะจนถึงระดับหรือปริมาตรที่กำหนดไว้ หยุดการจับเวลาทันที

(2.5) ดำเนินการซ้ำเป็นจำนวน 6 ครั้ง

(2.6) คำนวณอัตราการไหล ดังสมการ 2-1นี้

$$Q = \frac{V \times 60}{t} \qquad 2\text{-}1$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำ (ลิตร/นาที)

V = ปริมาตรของน้ำ

t = เวลา (วินาที)

(3) การคำนวณปริมาณน้ำ

น้ำหล่อเย็น (น้ำจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ) ซึ่งโดยทั่วไปน้ำในกระบวนการนี้จะนำไปบำบัดและนำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิต ดังนั้นปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ใช้แล้วประมาณค่าจากปริมาณน้ำหล่อเย็นทั้งหมด และสามารถนำกลับมาใช้ประมาณ 90% เนื่องจากมีการระเหยในกระบวนการ

2.1.3 การสำรวจและศึกษาคุณภาพน้ำเสียกระบวนการผลิต

การรวบรวมน้ำเสียของทุกกระบวนการ นั่นคือ กระบวนการละลายปลา กระบวนการผ่าท้องปลา กระบวนการสเปรย์น้ำ กระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (โดยส่วนนี้จะแยกการรวบรวมคุณภาพน้ำเป็น กระบวนการขูดหนังและขูดเลือด น้ำล้างกระป๋องเปล่าและ

กระป๋องหลังบรรจุ) และกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อและยังรวบรวมน้ำเสียก่อนเข้าและออกจากระบบบำบัด

- การเก็บตัวอย่างน้ำเสีย ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบแยก (Grab sample) (มั่นสิน, 2541) ในช่วงเวลาที่มีการผลิต โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเสีย จากการพิจารณาจากแผนผังกระบวนการผลิตและแหล่งกำเนิดน้ำเสีย
- การวัดค่าตัวแปรคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิต BOD ด้วยวิธี Azide modification method และ Oil and Grease ด้วยวิธี Partition gravimetric method (APHA, AWWA and WEF, 1998) และลักษณะทางกายภาพ (Wat Sci Tech 1990:22(9):113-21.APHA, AWWA and WEF, 1998)
- การจัดทำสมดุลมวล การทำสมดุลและ/หรือสมดุลพลังงาน จะมุ่งเน้นเฉพาะหน่วยการผลิตที่สนใจ โดยให้พิจารณามวลเข้าสู่หน่วยการผลิต ดูว่าเกิดปฏิกริยาเคมีในหน่วยการผลิตหรือไม่ ดูมวลออกจากหน่วยการผลิตตลอดจนดูว่ามีการหมุนเวียนมวลกลับมาใช้ใหม่หรือไม่ ทั้งนี้ในการพิจารณาให้ยึดหลักพื้นฐานของสมดุลมวลที่ว่า

มวลเข้าทั้งหมด = มวลออกทั้งหมด

การจัดทำสมดุลน้ำ เป็นการประมาณค่าเฉลี่ยของน้ำเข้าในระบบของกระบวนการและค่าเฉลี่ยของน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการด้วยการใช้มาตรวัด วิธีนาฬิกาจับเวลาหรือดัดแปลงการคำนวณ สำหรับกระบวนการละลายปลา ผ่าท้องปลา สเปรย์น้ำ แปรรูปและบรรจุกระป๋อง และกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่วนกระบวนการอื่นอาศัยการประมาณน้ำเข้าเท่ากับน้ำออก

2.2 การศึกษาการเลือกกระบวนการผลิตเพื่อค้นหากระบวนการที่ควรปรับปรุง

การเลือกกระบวนการผลิตหรือบริเวณเพื่อค้นหากระบวนการปรับปรุง ทุกกระบวนการสามารถเป็นจุดที่ต้องทำการสำรวจได้ทั้งสิ้น แต่ควรพิจารณาเลือกกระบวนการที่มีความสำคัญโดยมีปริมาณความสูญเสียเกิดขึ้นมากหรือความเป็นพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังควรมีความเป็นไปได้สำหรับการนำทางเลือกมาปฏิบัติ ด้วยการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อหาสาเหตุเพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงต่อไป (กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545) ดังนี้

2.2.1 การเลือกกระบวนการผลิต

➢ การสำรวจและรวบรวมข้อมูลของทุกกระบวนการที่เกิดการสูญเสียและจัดลำดับความสำคัญ หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในเรื่องการใช้ทรัพยากรและการสูญเสียทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพแล้ว โดยนำข้อมูลการใช้น้ำใหม่ทั้งหมดของทุกกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องทำการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้น้ำ

➢ การจัดลำดับความสำคัญบริเวณหรือหน่วยการผลิตที่จะดำเนินการตรวจประเมินโดยละเอียด โดยการให้ความสำคัญกับประเด็นปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ด้วยการใช้แผนภาพพาเรโตเพื่อการกำหนดสาเหตุที่สำคัญ (Critical factor) ของปัญหาเพื่อแยกออกมาจากสาเหตุอื่นๆ

➢ การประเมินเทคโนโลยีสะอาด เพื่อเลือกบริเวณที่ต้องทำการประเมินโดยละเอียด โดยใช้แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาดเรื่องการเลือกบริเวณเพื่อทำการประเมินโดยละเอียด (ภาคผนวก ค) ซึ่งมีประเด็นที่เกี่ยวข้องต่างๆ ตามเกณฑ์ 4 ด้าน ได้แก่ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประเมินการลงทุน การประเมินโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาด และความสนใจ/ความร่วมมือ

2.2.2 การศึกษาและการหาแนวทางลดการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

จากการเลือกกระบวนการที่มีความสำคัญและมีความเป็นไปได้ในการปฏิบัตินั้น ต้องเข้าไปสำรวจและรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อสร้างทางเลือกที่มีความเป็นไปได้ทั้งหมด ด้วยการนำข้อมูลปริมาณการใช้ ค่าความสูญเสียจาการประเมิน พร้อมทั้งจัดลำดับทางเลือกจากความเป็นไปได้ของโครงการ ดังนี้

2.2.2.1 การสำรวจกระบวนการผลิตเพื่อศึกษาโดยละเอียด

การสำรวจกระบวนการที่มีความเป็นไปได้ในการปฏิบัติในลำดับต้นๆ อย่างละเอียดทุกขั้นตอน เพื่อจัดทำแผนผังกระบวนการไหล ซึ่งจะนำไปสู่การหาประเด็นการสูญเสียและสาเหตุรากเหง้าของปัญหา

2.2.2.2 การตรวจประเมินหาสาเหตุการสูญเสียน้ำเบื้องต้น

การตรวจประเมินหาสาเหตุการสูญเสียน้ำเบื้องต้น เพื่อหาแหล่งกำเนิดและหาสาเหตุของการสูญเสีย โดยใช้แผนภาพก้างปลา เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ที่แน่นอนประการหนึ่ง กับความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างคุณลักษณะของปัญหา (ผล) กับปัจจัยต่างๆ (สาเหตุ) ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้แผนภาพก้างปลาแบบกำหนดรายการของสาเหตุ เนื่องจากเหมาะสมกับปัญหาที่มีความเรื้อรัง โดยมุ่งเน้นที่สาเหตุจากระบบ (กิติศักดิ์, 2548)

2.2.2.3 การตรวจประเมินหาสาเหตุรากเหง้าของการสูญเสียน้ำ

การวิเคราะห์ปัญหาเชิงลึกด้วยตารางทำไม-ทำไม จากการตรวจสอบสถานที่จริง (Genba) และดูสภาพของจริง (Genbutsu) ซึ่งเป็นที่มาของปัญหาเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน การมองปัญหาจากสภาพที่ควรจะเป็น เป็นการกำหนดแนวทางในการค้นหาสาเหตุของปัญหาโดยการเปรียบเทียบปัญหาที่เกิดกับสภาพที่ควรจะเป็น หลังจากกำหนดแนวทางได้แล้วก็จะตั้งคำถามว่า “ทำไม” ไปเรื่อย ๆ เพื่อค้นหาปัจจัยหรือหาสาเหตุออกมา และเพื่อไม่ให้เกิดอคติหรือใช้ประสบการณ์ตนเอง อาจทำให้มองปัญหาผิดไป เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นั้นๆ เป้าหมายที่สำคัญที่สุดขึ้นอยู่กับการแก้ปัญหาและป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นอีก (สมชัย, 2545)

2.2.2.4 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

การพิจารณาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือกนั้น ต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ทั้งทางเทคนิคในการนำมาปฏิบัติจริงของกระบวนการนั้นๆ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์จากระยะเวลาคืนทุน และความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม

2.2.2.5 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก

การคัดเลือกแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ เพื่อทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค พิจารณาความเหมาะสมของการดำเนินการ โดยวิเคราะห์ผลกระทบต่อการดำเนินการผลิต ด้วยการใช้แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด (ภาคผนวก ข-1) การประเมินความเป็นไปได้ทาง

เทคนิค ศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ พิจารณาถึงความคุ้มค่าของการดำเนินการทางข้อเสนอ ด้วยแบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ศึกษาความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม พิจารณาผลกระทบทั้งในด้านบวกและด้านลบต่อสิ่งแวดล้อม ด้วยแบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยทำการประเมินผลกระทบในแต่ละข้อเสนอ จากนั้นทำการจัดลำดับข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด โดยนำผลการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม ประมวลผลเพื่อจัดลำดับความเหมาะสมของการนำไปปฏิบัติ ด้วยแบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด วิธีการคัดทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติ ซึ่งสามารถแบ่งแนวทางเลือกเป็น 2 ส่วน คือ แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที และแนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียด

2.2.2.6 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางที่ปฏิบัติได้ทันที

การเสนอแนะแนวทางแก้ปัญหาหรือลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น ด้วยแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที หรือนำการจัดการเข้ามาแก้ปัญหา พร้อมทั้งทำการประเมินมูลค่าความประหยัด และระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางการลดการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลาต้นทุนสูงอย่างละเอียด

จากการคัดเลือกแนวที่มีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติของการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำสำหรับกระบวนการละลายปลา จะช่วยให้โรงงานประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก แต่อาจจะส่งผลกระทบต่อการควบคุมคุณภาพของการผลิต จึงจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม อีกทั้งรวบรวมแนวทางอื่นที่มีการนำมาใช้ซึ่งเป็นแนวทางที่เปลี่ยนเทคโนโลยีใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับอนาคตต่อไป โดยใช้แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด เรื่องการคัดทางเลือกเทคโนโลยีสะอาดที่สามารถปฏิบัติได้ (ภาคผนวก ข-5)

2.3.1 การศึกษาการความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้

2.3.1.1 การศึกษาวิธีการละลายในรูปแบบปัจจุบัน

การศึกษากระบวนการละลายปลาในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องอย่างละเอียด และเก็บข้อมูลความผันแปรของอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้

2.3.1.2 การทดลองความเป็นไปได้ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ

การศึกษาและรวบรวมแนวทางที่สามารถลดการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา และออกแบบแนวทางการนำน้ำละลายมาใช้ซ้ำ ด้วยการทดลองความสามารถปฏิบัติและมีผลคุ้มค่าการลงทุน โดยดำเนินการประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้น และความเป็นไปได้จากการลดการใช้น้ำหรือการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการทดลองและการวิเคราะห์ 2 ส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

(1) การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อปลาและน้ำ

ความปลอดภัยและคุณภาพของเนื้อปลาและน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นสิ่งสำคัญ จึงมีมาตรฐานควบคุมการผลิตเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้น การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำก็เช่นกัน จึงได้ทำการศึกษาดังนี้

(1.1) การวิเคราะห์คุณภาพเนื้อปลา

- ด้านเคมี การตรวจวัดปริมาณฮีสตามีน (Histamine) ที่พบในอาหารทะเลแช่แข็ง เป็นการตรวจสอบคุณภาพความสดโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical methods) บ่งบอกถึงคุณภาพของอาหาร เนื่องจากปริมาณที่พบจะสัมพันธ์กับปริมาณของแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ดีคาร์บอกซิเลส (Decarboxylase) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่สามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิปานกลาง นั่นคืออยู่ระหว่าง 20-40 องศา เซลเซียส ในขณะที่อาหารทะเลที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0-5 องศาเซลเซียสนั้นจะพบฮีสตามีนในปริมาณน้อย แสดงว่าปริมาณฮีสตามีนที่เพิ่มขึ้นเกิดจากกระบวนการเก็บรักษาอาหารทะเลที่ไม่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย ปลาที่มีคุณภาพดีจะมี

ปริมาณ ฮีสตามีนน้อยกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในขณะที่ปลาที่เริ่มเสียจะมีปริมาณฮีสตามีน 30 ส่วนในล้านส่วน และปลาที่เริ่มเน่าจะมีปริมาณฮีสตามีน 50 ส่วนในล้านส่วน (วงศ์ทิพา, 2551) ดังนั้นการศึกษานี้ จึงทำการตรวจวัดปริมาณฮีสตามีน ด้วยวิธี Fluorometric ตามมาตรฐานของ AOAC Official methods of analysis (AOAC, 1987)

- การวิเคราะห์ Paired – t Test เพื่อศึกษาความแตกต่างของคุณภาพเนื้อปลาที่เกิดจากการนำน้ำมาใช้ซ้ำ โดยการบล็อก ชุด ปลาให้เป็นแบบเดียวกันในแต่ละคู่การทดลอง โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ด้านชีววิทยา การตรวจวัดค่าการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ทั่วไป (TPC) ซึ่งตรวจสอบสารที่มีผลต่อความเป็นอันตรายของอาหารปลอดภัยนั่นคือ แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค (Bacterial pathogen) จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างอาหารโดยประมาณ โดยเชื้อจุลินทรีย์อาจปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ หรือเกิดขึ้นในระหว่างการผลิต เชื้อจุลินทรีย์บางชนิดสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้อุณหภูมิต่ำ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตทั้งหมดจะบ่งบอกถึงคุณภาพของอาหารและสุขลักษณะของโรงงานผู้ผลิต และสำหรับกระบวนการละลายน้ำแข็งในตัวปลาทูน่าอย่างรวดเร็วจะไม่มีผลต่อเซลล์จุลินทรีย์ (ธีรพร, 2546) เนื่องจากไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ ดังนั้นการศึกษานี้ จึงทำการตรวจวัดปริมาณค่าการปนเปื้อนด้วยเชื้อจุลินทรีย์ทั่วไป โดยการเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อปลาด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic techniques) จากวิธีมาตรฐานการเตรียมตัวอย่าง และตรวจวัดด้วยวิธี Petrifilm aerobic count (ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ, มปป.)

(1.2) การวิเคราะห์คุณภาพน้ำละลายปลา

การประเมินผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์ ความปลอดภัย ทำได้โดยการตรวจวัดคุณภาพน้ำ จากความสกปรกของน้ำในรูปการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (TPC) ด้วยการเก็บตัวอย่างน้ำ ด้วยวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำใช้ในโรงงาน โดยวิธีการปลอดเชื้อและทำการวิเคราะห์ด้วย วิธี Petrifilm aerobic count (ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ, มปป.)

(1.3) ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกระดูกสันหลังของปลา (Back Bone Temperature: BBT)

การตรวจวัดระดับการละลายน้ำแข็งภายในตัวปลา เพื่อกำหนดเวลาการละลายสำหรับการนำปลาไปใช้กับกระบวนการอื่น ซึ่งการตรวจวัดนี้มีความสำคัญ เนื่องจากการละลาย

ปลาที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงของสี รสชาติและความชื้นของเนื้อปลา รวมทั้งป้องกันการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและการเพิ่มของเอนไซม์ นอกจากนั้นยังช่วยให้ง่ายต่อการตัดชิ้นเนื้อปลา ทำให้เปอร์เซ็นต์ผลได้ของเนื้อปลา (Yield) สูงขึ้น

(1.3) สมมติฐานการทดลองดังนี้

- H_0 : การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อค่า ฮีสตามีน หลังละลาย

  H_1 : การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำมีผลต่อค่า ฮีสตามีน หลังละลาย

  และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติได้ว่า

  $H_0 : \mu_{D^i} = 0$

  $H_1 : \mu_{D^i} \neq 0$

- H_0 : การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อค่า ฮีสตามีน หลังการนึ่งปลา

  H_1 : การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำมีผลต่อค่า ฮีสตามีน หลังการนึ่งปลา

  และสามารถเขียนสมมติฐานเชิงสถิติได้ว่า

  $H_0 : \mu_{D^i} = 0$

  $H_1 : \mu_{D^i} \neq 0$

- การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อเกณฑ์ที่ควบคุม ค่า ฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังกระบวนการละลายปลาและนึ่งปลา นั้นคือค่า ฮีสตามีน ไม่เกิน 50 ppm

- การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อเกณฑ์ที่ควบคุมค่า TPC ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่งปลา นั้นคือเชื้อ TPC มีค่า <10 CFU/g (ไม่พบเชื้อ)

- การนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการละลายปลา

(2) การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เป็นเรื่องสำคัญยิ่งด้วยจะเป็นตัวชี้ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนหรือไม่ โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนได้จากระยะเวลาคืนทุน (กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2545) เนื่องหากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำมีความเป็นไปได้ จำเป็นจะต้องมีการลงทุนเพื่อปรับปรุงระบบทั้งตัวถังละลายปลาและรางละลายปลา รวมถึงระบบการให้ความร้อนเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา ซึ่งถือว่าเป็นต้นทุนทั้งสิ้น

2.3.2 สรุปผลการวิจัย

ขั้นตอนนี้เป็นการนำผลที่ได้จากการศึกษาแนวทาง มาสรุปประสิทธิภาพในการลดการใช้น้ำในการผลิตทูน่ากระป๋องและประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการลงทุน และนอกจากนั้นยังรวมถึงการคำนวณค่าใช้จ่ายที่ลดลงในการใช้น้ำและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียของทางโรงงาน เพื่อสรุปแนวทางที่เป็นไปได้ในการปรับปรุง

2.4 วัสดุและอุปกรณ์

จากการศึกษาแนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียดผ่านเก็บข้อมูลและการทดลองความเป็นไปได้ของการหมุนเวียนน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ เพื่อทำการตรวจวัดค่าฮีสตามีน ในเนื้อปลาหลังกระบวนการละลายและหลังกระบวนการนึ่ง และตรวจวัด เชื้อ TPC ในเนื้อปลาหลังหลังกระบวนการนึ่ง รวมถึงเชื้อ TPC ในน้ำหลังกระบวนการละลายปลา อีกทั้งความผันแปรของ BBT ปลาที่เกิดขึ้นระหว่างการละลาย จึงต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเก็บตัวอย่างและเก็บข้อมูลเพื่อทำการตรวจวัด ดังนี้

(1) เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้หัววัด จำนวน 3 อัน
(2) เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำ จำนวน 2 อัน
(3) ขวดแก้วเก็บตัวอย่างน้ำ
(4) ถังละลายปลา 3 ถัง
(5) ท่อไอน้ำ

(6) แอลกอฮอล์ 70%

(7) คีมคีบ

(8) ถุงเก็บตัวอย่างเนื้อปลาและยางรัด

(9) ไฟแช็ค

(10) ถังพักน้ำ

(11) มีดตัดชิ้นเนื้อปลา

(12) สว่านเจาะปลา

บทที่ 3
การศึกษาข้อมูลการลดการใช้น้ำในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง

การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องโดยศึกษาถึงขั้นตอน วัตถุดิบที่ใช้ ของเสียที่เกิดขึ้น และศึกษากระบวนการที่มีศักยภาพต่อการลดการใช้น้ำ เพื่อหาสาเหตุและแนวทางในการปรับปรุง

3.1 ข้อมูลพื้นฐานของโรงงานตัวอย่างและการตรวจประเมินเบื้องต้น

โรงงานตัวอย่างที่ทำการศึกษานี้ตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นโรงงานขนาดใหญ่ มีพนักงานมากกว่า 4,000 คน ดำเนินการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋องส่งออกและจำหน่ายไปยังตลาดต่างประเทศ โดยผลิตสินค้า 2 ผลิตภัณฑ์หลักๆ คือ ทูน่าบรรจุกระป๋องและอาหารทะเลบรรจุกระป๋องได้แก่ กุ้ง ปู หอย บรรจุกระป๋อง โดยมีกำลังการผลิต 180 เมตตริกซ์ตันวัตถุดิบต่อวัน และ 10 เมตตริกซ์ตันวัตถุดิบต่อวัน ตามลำดับ สัดส่วนการผลิตทูน่ากระป๋องคิดเป็น 80 % และผลิตภัณฑ์อาหารทะเลกระป๋อง 20 % สำหรับผลิตภัณฑ์ทูน่ากระป๋องนั้นได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

(1) ทูน่าบรรจุกระป๋องสำหรับคน (Human food) ผลิตภัณฑ์หลักคือ ปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง และผลิตภัณฑ์รอง เช่น ปลาทูน่าบรรจุถุง ทูน่าในขวดแก้ว ทูน่าปาเต๊ะ แกงเขียวหวานทูน่า มัสมั่นทูน่า ทูน่าในน้ำสลัด เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้คือส่วนของเนื้อขาวของปลาทูน่า (White mussel)

(2) ทูน่าบรรจุกระป๋องสำหรับแมว (Cat food) ได้แก่ ทูน่าบรรจุกระป๋องสำหรับแมวรสชาติต่างๆ เช่น รสตับ รสทูน่า รสแซลมอน รสไก่ เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบที่นำมาใช้คือ ส่วนของเลือดหรือกล้ามเนื้อแดง (Red mussel) ของปลาทูน่า และสารอาหารเพื่อสุขภาพที่ดีของสัตว์

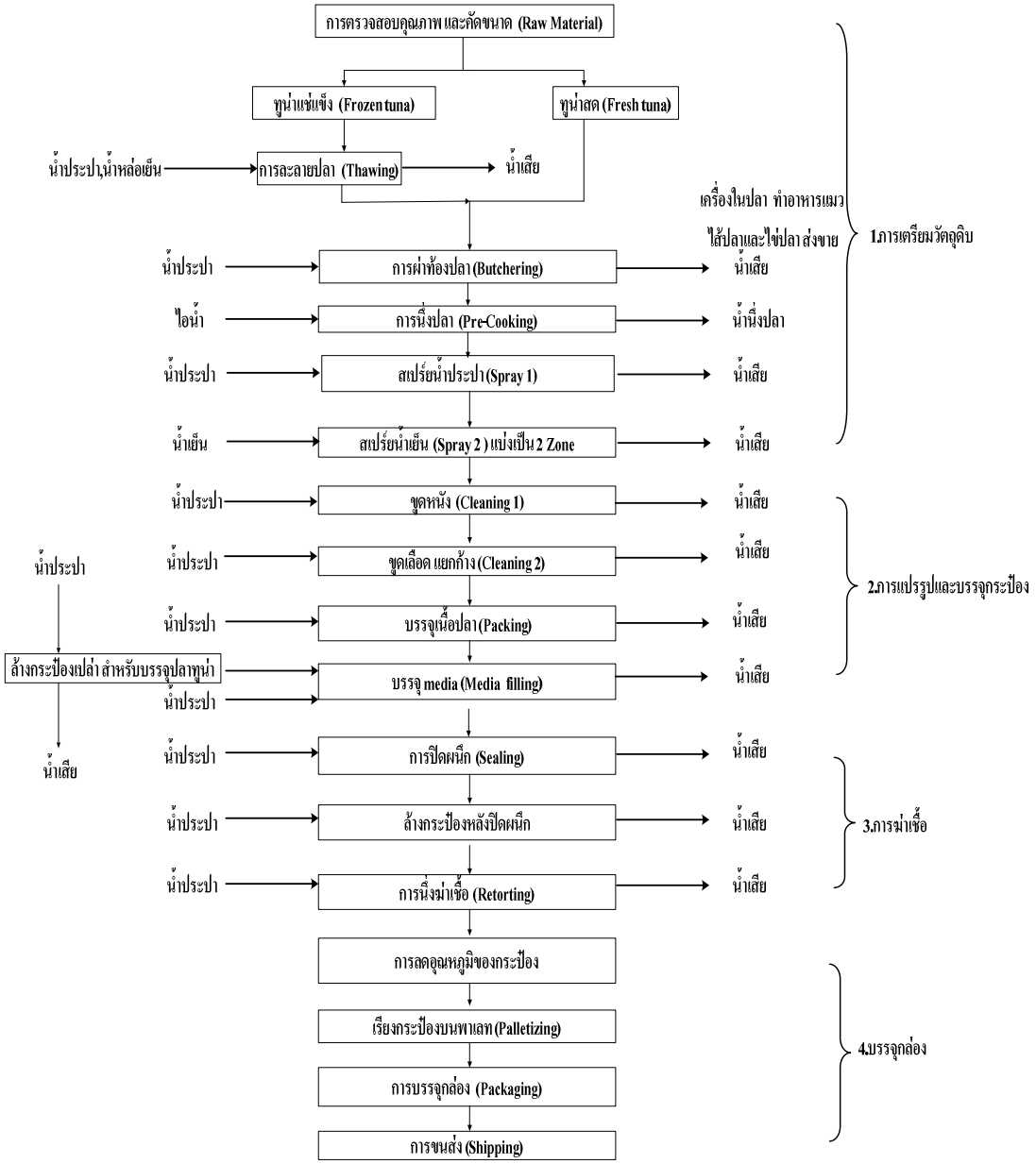
การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาในรายละเอียดของกระบวนการผลิตทูน่าบรรจุกระป๋องสำหรับคน เนื่องจากมีสัดส่วนการผลิตสูงสุดของโรงงาน จึงเป็นกระบวนการผลิตที่สำคัญที่สุดของโรงงาน โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรน้ำในการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มขีดความสามารถการประกอบธุรกิจ ผสมผสานกับการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

3.1.1 กระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

จากการศึกษากระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องของโรงงาน ใช้ปลาทูน่าเป็นวัตถุดิบ โดยส่วนใหญ่เป็นปลาทูน่าแช่เยือกแข็ง (Frozen fish) เป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ อาศัยอยู่แถบมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรอินเดีย และบริเวณทะเลอันดามัน เช่นปลาโอแถบ (Skipjack tuna) ปลาโอครีบเหลือง (Yellowfin tuna) ปลาโอตาโต (Bigeye tuna) เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีการใช้ปลาสด (Local fish หรือ Fresh fish) เป็นวัตถุดิบรอง เป็นปลาทูน่าขนาดค่อนข้างเล็ก อาศัยอยู่แถบน่านน้ำประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย เช่น ปลาโอลายแถบ (Bonito tuna) ปลาโอดำ (Longtail tuna) ปลาโอแถบ (Local skipjack) เป็นต้น กระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องประกอบด้วยขั้นตอนการผลิต 4 ส่วนหลักด้วยกัน (ภาพประกอบที่ 3-1) คือ

(1) ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ เริ่มจากการตรวจรับปลาทูน่าแช่เยือกแข็งและปลาทูน่าสด พร้อมทั้งทำการคัดขนาดและตรวจสอบคุณภาพ จากนั้นนำปลาทูน่าแช่เยือกแข็งเข้าสู่กระบวนการละลายน้ำแข็งในตัวปลาหรือที่เรียกว่า การละลายปลา ด้วยการใช้น้ำประปาเป็นหลักและใช้น้ำหล่อเย็นจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ (Cooling) มาเสริม โดยการเติมน้ำในถังจนเต็มและน้ำไหลล้นออกจากรูระบายของถังไปยังบ่อหมุนเวียนจนเต็ม หลังจากนั้นหมุนเวียนน้ำทั้งสองจนครบเวลาการละลาย สำหรับปลาสดไม่ต้องทำการละลาย จากนั้นนำปลาเข้าสู่กระบวนการผ่าท้องปลาด้วยการผ่าท้อง ควักไส้ และทำความสะอาดตัวปลาด้วยการสเปรย์น้ำลงบนตัวปลาแล้วจัดปลาใส่รถนึ่งปลา เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการนึ่งปลา ส่วนเครื่องในปลาทำการคัดแยก เครื่องในปลาเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับแมว ส่วนไส้ปลาและไข่ปลานำออกจำหน่าย จากนั้นเข้าสู่กระบวนการนึ่งปลา ด้วยการนำรถอบปลาเข้าสู่หม้อนึ่งปลาแล้วทำการนึ่งด้วยการให้ความร้อนจากไอน้ำ ตามเวลาที่กำหนด จากนั้นปลาที่ผ่านการนึ่งเรียบร้อยแล้วจะเข้าสู่กระบวนการสเปรย์น้ำ เพื่อทำการลดอุณหภูมิภายในตัวปลา ด้วยการสเปรย์น้ำเริ่มจากน้ำประปา ต่อด้วยน้ำเย็น เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการแปรรูปต่อไป

(2) ขั้นตอนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง เริ่มจากนำปลาที่ผ่านกระบวนการเตรียมวัตถุดิบเรียบร้อยแล้ว เข้าสู่กระบวนการขูดหนัง ด้วยการหักหัวปลา ขูดหนัง และกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออก เช่นเกล็ด ครีบ จากนั้นนำปลาเข้าสู่กระบวนการขูดเลือด เพื่อแยกลิ่มเลือด เนื้อดำ เนื้อเหลืองออกจากส่วนที่เป็นเนื้อขาว พร้อมทั้งแยกก้าง แล้วคัดคุณภาพก่อนเข้าบรรจุกระป๋อง จากนั้นนำเนื้อขาวที่ได้เข้าสู่กระบวนการบรรจุกระป๋อง ด้วยการบรรจุเนื้อปลาลงกระป๋องผ่านเครื่องสับปลาแล้วเติมสารละลาย จากนั้นจึงทำการปิดผนึกกระป๋องแล้วล้างกระป๋องหลังการปิดผนึก แล้วทำการจัดเรียงกระป๋องลงตะกร้าเพื่อเตรียมสำหรับการฆ่าเชื้อ



ภาพประกอบที่ 3-1 แผนภูมิกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

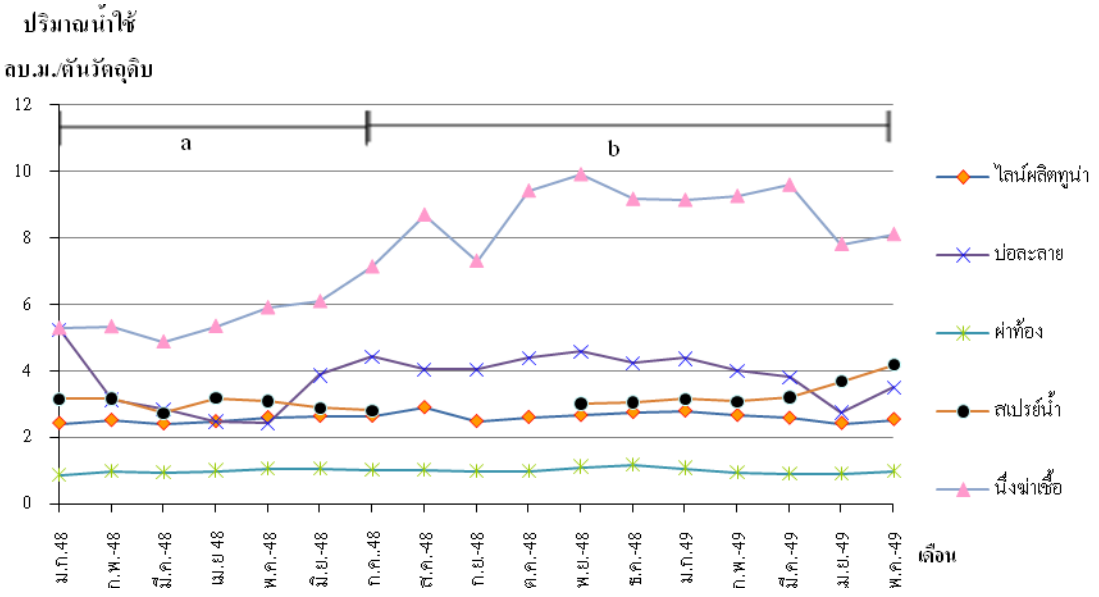
(3) ขั้นตอนการนึ่งฆ่าเชื้อ นำตะกร้าที่จัดเรียงทูน่ากระป๋องเรียบร้อยแล้วเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วทำการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนจากไอน้ำ เพื่อทำลายและยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ และใช้น้ำหล่อเย็นกระป๋อง ตามเวลาที่กำหนด จากนั้นนำทูน่ากระป๋องออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อทำการบรรจุกล่องต่อไป

(4) ขั้นตอนการบรรจุกล่อง นำทูน่ากระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว ทำการลดอุณหภูมิทูน่ากระป๋องด้วยการใช้พัดลมเป่าด้านนอก จากนั้นจึงทำการจัดเรียงทูน่ากระป๋องบนพาเลท แล้วทำการบรรจุลงกล่อง พร้อมสำหรับการขนส่ง

3.1.2 ปริมาณน้ำใช้

ความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความต้องการใช้น้ำภายในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องสูงตามไปด้วย ส่งผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำ รวมถึงก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ตามมาในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ ตลอดจนการบำบัดน้ำเสียก่อนปล่อยออกสู่ธรรมชาติ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแฝงมากับการใช้น้ำ สำหรับการใช้น้ำของทางโรงงาน ใช้น้ำจาก 2 แหล่ง คือน้ำประปา และน้ำผิวดิน ซึ่งน้ำผิวดินมีการปรับคุณภาพน้ำก่อนนำมาใช้ในโรงงานผ่านการกรอง 3 ขั้นตอน คือ การกรองทราย การกรองคาร์บอน และการกรองผ่านชั้นเรซิ่น โดยน้ำที่ได้จะนำไปรวมกับน้ำประปาและแยกสู่บ่อพักเพื่อนำบำบัดก่อนนำไปใช้งานทั่วไป โดยทำการปรับค่า pH ด้วย NaOH และ KOH จากนั้นจึงส่งน้ำไปยังหอเก็บน้ำ (Tower tank) และบ่อพักสำหรับใช้ในหอคอยหล่อเย็น (Cooling tower) เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนนึ่งฆ่าเชื้อ

จากการรวบรวมปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง ระหว่างปี พ.ศ. 2548 ถึงกลาง ปี พ.ศ. 2549 (ภาพประกอบที่ 3-2) พบว่าปริมาณการใช้น้ำถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ๆ คือ ช่วงที่ 1 เดือนมกราคม 2548 (ช่วง a) เป็นช่วงที่ทุกกระบวนการมีปริมาณการใช้น้ำน้อยและค่อนข้างคงที่ เนื่องจากเป็นช่วงที่ทางโรงงานเข้าร่วมโครงการหลักการเทคโนโลยีสะอาดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนช่วงที่ 2 คือช่วงเดือนกรกฎาคม 2548 ถึง เดือนมีนาคม 2549 (ช่วง b) เป็นช่วงที่ปริมาณการน้ำใช้ในของกระบวนการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ กระบวนการละลายปลา และกระบวนการสเปรย์ปลา มีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นเกือบเท่าตัวเป็นผลจากการปรับเปลี่ยนมาตรการผลิตโดยเน้นการควบคุมคุณภาพมากขึ้นและขาดการปฏิบัติตามแนวทางเทคโนโลยีสะอาดอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อปลาที่มีการปรับเปลี่ยนการกำหนดเวลาการนำปลาทูน่ากระป๋องเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อให้เร็วขึ้น ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเพิ่มรอบการนึ่งฆ่าเชื้อ ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำในส่วนนี้จึงเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนกระบวนการละลายปลานั้น มีปริมาณการใช้น้ำประปาทั้งหมดในการละลายปลา เนื่องจากมาตรการการควบคุมคุณภาพของกระบวนการละลายปลาและความมั่นใจของลูกค้า สำหรับกระบวนการสเปรย์น้ำ ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นระหว่างเดือนมีนาคม 2548 ถึง เดือนพฤษภาคม 2549 เนื่องจากการปรับเปลี่ยนโปรแกรมการสเปรย์น้ำเพื่อควบคุมคุณภาพให้สูงขึ้น ส่วนปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง และกระบวนการผ่าท้องปลามีปริมาณการใช้น้ำค่อนข้างคงที่



ภาพประกอบที่ 3-2 ปริมาณการใช้น้ำของแต่ละกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง ปีพ.ศ.2548-2549 (ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ)

3.1.3 น้ำเสียจากกระบวนการผลิต

จากการศึกษากระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง มีปริมาณการใช้น้ำสูงอย่างต่อเนื่อง ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเหล่านั้นจะไหลรวมผ่านตะแกรงดักกากและผ่านตะแกรงหมุน (Rotary screen) เพื่อดักกากของเสีย จากนั้นส่งน้ำเสียไปยังบ่อดักไขมัน เพื่อดักกากไขมันออกจากน้ำเสีย หลังจากนั้นน้ำเสียทั้งหมดถูกพักไว้ในบ่อพัก เพื่อส่งต่อไปยังการแยกตะกอนเบาออกจากน้ำเสียโดยผ่านระบบการลอยตะกอนด้วยอากาศละลาย (Dissolved air flotation - DAF) เมื่อตะกอนเบาถูกแยกออกจากน้ำเสียแล้ว น้ำเสียที่เหลือส่งเข้าระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) 2 ระบบที่ต่ออนุกรมกัน จากนั้นจึงปล่อยน้ำทิ้งสู่สาธารณะ ซึ่งการจัดการน้ำเสียเหล่านี้ถือเป็นภารกิจที่สำคัญของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง

ดังนั้นเพื่อหาแนวทางลดปัญหาดังกล่าว จึงเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดในแต่ละวันพร้อมกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด พร้อมทั้งทำสมดุลการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องดังภาพประกอบที่ 3-4 เพื่อตรวจสอบน้ำที่เข้าและออกจากระบบ พบว่า ปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด 2,677.33 ลบ.ม./วัน ผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ เกิดเป็นน้ำเสีย 2,704.11 ลบ.ม./วัน โดยน้ำเสียมีปริมาณสูงกว่าน้ำใช้เล็กน้อย

เนื่องจากกระบวนการละลายปลาที่ทำให้น้ำแข็งในตัวปลาละลายออกมา และน้ำเลือดจากตัวปลาในกระบวนการผ่าท้องปลา

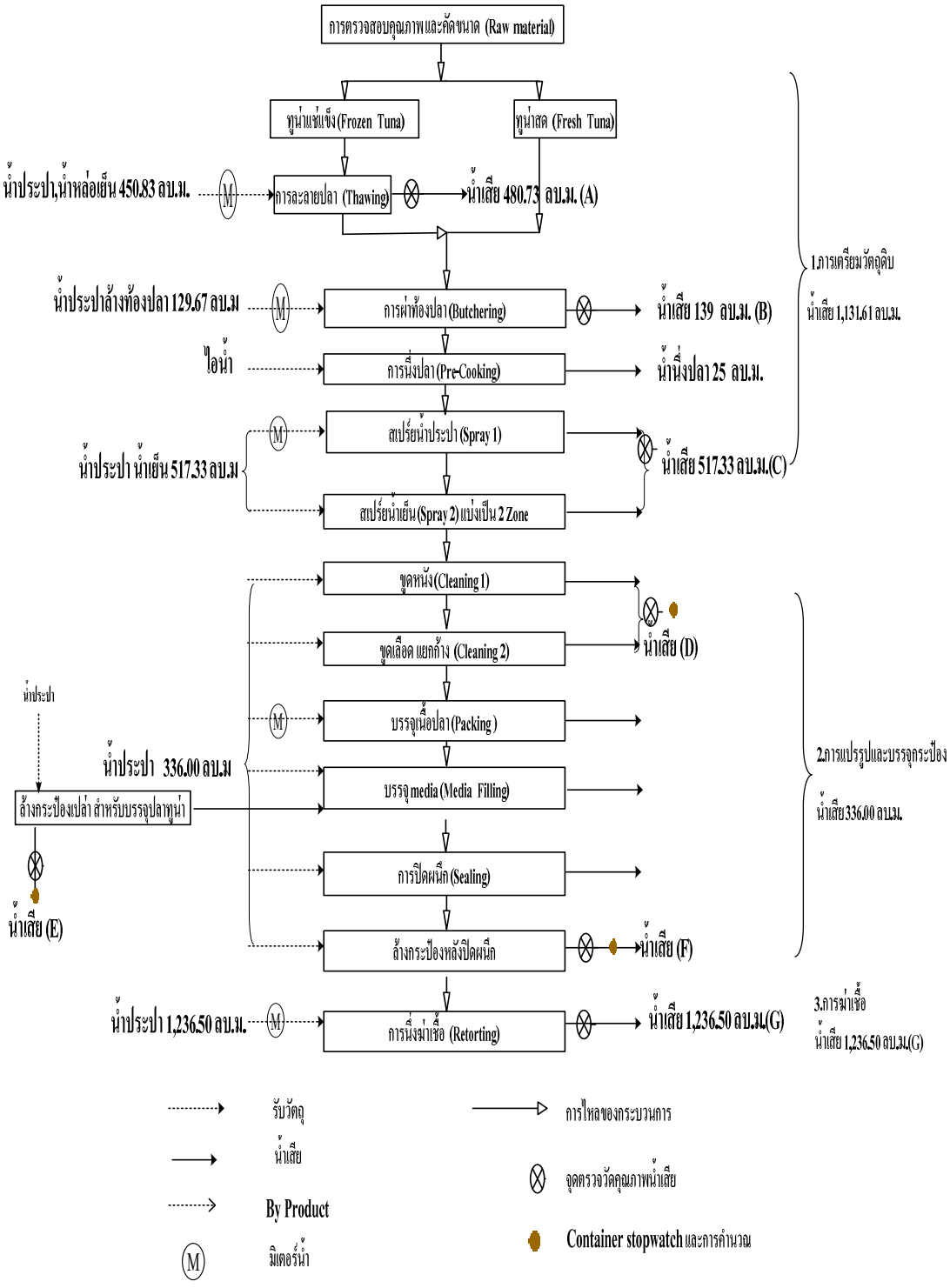
ภาพประกอบที่ 3-3 ภาพรวมของสมดุลการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

เมื่อประเมินปริมาณน้ำเสียโดยละเอียด เกิดจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดพื้น มีรายละเอียดดังนี้ (ภาพประกอบที่ 3-4)

(1) น้ำเสียของขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ มีปริมาณ 1,131.61 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 41.85% เป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการละลายปลา น้ำที่ใช้ละลายน้ำแข็งในตัวปลา และใช้ทำความสะอาดพื้นที่ กระบวนการผ่าท้องปลาเป็นน้ำที่เกิดจากการสเปรย์น้ำปลาก่อนและหลังการผ่าท้องปลา น้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเครื่องในปลา รวมถึงน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ กระบวนการสเปรย์น้ำ น้ำเสียมาจาก น้ำที่ใช้สเปรย์เพื่อลดความเย็นในตัวปลาและน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นที่

(2) น้ำเสียของขั้นตอนการแปรรูปและบรรจุ มีปริมาณ 336.00 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 12.43% เกิดจากน้ำที่ใช้ในกระบวนการขูดหนัง ล้างอุปกรณ์ เช่นถาด ชั้นวางถาด และใช้น้ำทำความสะอาดพื้น กระบวนการขูดเลือดเป็นน้ำที่ใช้ล้างอุปกรณ์ เช่นกระบะใส่เนื้อปลา ชั้นวางและใช้น้ำทำความสะอาดพื้น และใช้น้ำล้างอุปกรณ์เช่นล้างกระป๋องก่อนและหลังบรรจุกระป๋อง และใช้น้ำล้างทำความสะอาดพื้น

(3) น้ำเสียของขั้นตอนการฆ่าเชื้อมีปริมาณ 1,236.50 ลบ.ม./วัน คิดเป็นร้อยละ 45.73% ใช้น้ำหล่อเย็นเพื่อลดอุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและลดอุณหภูมิกระป๋อง ป้องกันเนื้อปลายุ่ย ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์



ภาพประกอบที่ 3-4 ผังกระบวนการไหลของมวลน้ำ ของการผลิตทูน่ากระป๋องในระยะเวลา 1 วัน

จากการคิดเปอร์เซ็นต์น้ำเสียของแต่ละกระบวนการเทียบกับน้ำเสียรวม พบว่า กระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ (จุด G) ก่อให้เกิดน้ำเสียสูงสุดถึง 8.77 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ แต่เนื่องจากสามารถนำน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนกลับไปใช้อีกถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องเกือบ 50% มาจากกระบวนการละลายปลา (จุด A) สเปรย์น้ำ (จุด C) ขูดหนังและเลือด (จุด D) โดยน้ำเสียในแต่ละกระบวนการเท่ากับ 3.14, 3.67 และ 2.38 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ ตามลำดับ โดยกระบวนการสเปรย์น้ำก่อให้เกิดน้ำเสียมากที่สุด เนื่องจากการลดอุณหภูมิปลาหลังการอบเพื่อให้ผิวปลาชุ่มชื้น พองตัวและแยกออกจากตัวปลาได้ง่าย ด้วยการสเปรย์น้ำฉีดตัวปลา รองลงมาคือกระบวนการละลายปลา เนื่องจากการนำปลามาแช่ลงในถังเพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลาจากการแช่แข็ง เป็นการเตรียมการผลิตทูน่ากระป๋องในลำดับต่อไป และน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปและบรรจุ เนื่องจากการใช้น้ำทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง และเมื่อเปรียบเทียบน้ำเสียที่เกิดขึ้นกับข้อมูลของ การจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2552) พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการละลายปลา กระบวนการผ่าท้องปลา กระบวนการแปรรูปและบรรจุ และกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ของทางโรงงานไม่เกินค่าปริมาณน้ำเสียที่ทำการสำรวจ นั่นคือ 1.2-5.1, 2-3, 4 และ 5-10 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ แต่เปอร์เซ็นต์ในน้ำเสียรวมของกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อมีค่าเท่ากับ 45.72 ซึ่งสูงกว่าข้อมูลการสำรวจของกรมโรงงานมีค่าเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ในน้ำเสียรวมของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง ส่วนกระบวนการสเปรย์น้ำนั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจของกรมโรงงานได้ เนื่องจากโรงงานตัวอย่างที่กรมโรงงานทำการสำรวจมีวิธีการมีขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อลดอุณหภูมิปลาหลังการอบแตกต่างจากโรงงานกรณีศึกษา แสดงดังตารางที่ 3-1

เมื่อศึกษาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นแล้ว จำเป็นต้องศึกษาถึงคุณภาพน้ำเสียตามมาด้วย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาถึงความเป็นไปได้ ในการจัดการน้ำเสียที่เกิดขึ้นให้เหมาะสมกับแต่ละกระบวนการ จึงทำการวัดคุณภาพน้ำเสียทั้งหมด 7 จุด ดังตารางที่ 3-2 โดยตรวจวัดในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ 3 จุด คือ กระบวนการละลายปลา (จุด A) กระบวนการผ่าท้องปลา (จุด B) กระบวนการสเปรย์น้ำ (จุด C) เนื่องจากลักษณะการใช้น้ำที่ก่อให้เกิดคุณภาพน้ำเสียแตกต่างกันตามไปด้วย การตรวจวัดในขั้นตอนการแปรรูปและบรรจุมี 3 จุด คือ กระบวนการขูดหนัง ขูดเลือดและบรรจุเนื้อปลา (จุด D) เนื่องจากน้ำเสียไหลมารวมกันที่จุดเดียว กระบวนการล้างกระป๋องเปล่า (จุด E) กระบวนการล้างกระป๋องหลังบรรจุ (จุด F) เนื่องจากลักษณะการใช้น้ำที่ก่อให้เกิดคุณภาพน้ำเสียแตกต่างกันตามไปด้วย และขั้นตอนการนึ่งฆ่าเชื้อ 1 จุด คือ น้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ (จุด G)

ตารางที่ 3-1 ปริมาณน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ

จุดตรวจวัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำเสีย		ปริมาณน้ำเสีย*	
	ลบ.ม./ตัน วัตถุดิบ	% ในน้ำเสียรวม	ลบ.ม./ตัน* วัตถุดิบ	% ในน้ำเสีย* รวม
การละลายปลา (จุด A)	3.41	17.78	1.2-5.1	16-40
การผ่าท้องปลา (จุด B)	0.95	4.94	2-3	30
การสเปรย์น้ำ (จุด C)	3.67	19.13	-	-
การแปรรูปและบรรจุ				
การขูดหนังและเลือด (จุด D) น้ำล้างกระป๋องเปล่า (จุด E) น้ำล้างกระป๋องหลังปิดผนึก (จุด F)	2.38	12.42	4	30-50
การนึ่งฆ่าเชื้อ (จุด G)	8.77	45.72	5-10	30
รวมปริมาณน้ำเสีย	19.18	100	8-15	100

* ข้อมูลของ การจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552)

จากแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่เกิดขึ้น น้ำเสียในจุด A ส่วนใหญ่เกิดจากน้ำที่ใช้แช่ปลาเพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลา ซึ่งจะมีทั้งคราบมันของผิวปลาและเศษปลาที่ตกหล่นระหว่างการละลาย จุด B น้ำเสียจากการล้างโดยการสเปรย์น้ำลงบนตัวปลา เมื่อทำการผ่าท้อง ควักไส้จะมีเลือดปลาพร้อมกับเศษปลาบางส่วนปนไปกับน้ำในการชะล้าง รวมถึงน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นและอุปกรณ์ที่มีคราบความมันสูง จุด C น้ำเสียส่วนใหญ่เกิดจากการสเปรย์น้ำลงบนตัวปลา ซึ่งน้ำดังกล่าวมีคราบมันสูง และมีเศษปลาที่ตกหล่นระหว่างเคลื่อนย้ายและเกิดปะปนไปกับน้ำ จุด D เป็นขั้นตอนการเตรียมปลา ได้แก่ การตัดแต่งและแยกเนื้อแดงและส่วนอื่นๆออกจากเนื้อส่วนที่ขาว น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการนี้จึงมาจากการทำความสะอาดภาชนะและอุปกรณ์ที่มีเศษเนื้อปลาและเศษหนังติดอยู่ ซึ่งมีคราบมันสูง รวมถึงการทำความสะอาดพื้นที่ จุด E น้ำเสียเกิดจากน้ำล้างกระป๋องเปล่า จุด F น้ำล้างกระป๋องหลังปิดผนึก โดยการใช้น้ำล้างเครื่องตัดแต่ง น้ำล้างกระป๋องจะใช้สารทำความสะอาด (Detergent) เพื่อชะล้างไขมันทำ ความสะอาดกระป๋องก่อนเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ น้ำล้างอุปกรณ์ต่างๆตลอดจนน้ำล้างพื้นที่มีเศษปลาตกหล่นลงพื้นระหว่างการบรรจุ เมื่อเสร็จ

การผลิตในกะหนึ่งๆ และจุด G จากการใช้น้ำในการลดความเย็นของกระป๋องหลังการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว สามารถนำมาหมุนเวียนใช้ซ้ำได้

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นพบว่าทั้งค่า BOD และ O&G ที่ผ่านกระบวนการสเปรย์น้ำ กระบวนการขูดหนังและขูดเลือดและผ่าท้องปลา มีปริมาณสูงอย่างเห็นได้ชัด ดังตารางที่ 3-2 ส่วนกระบวนการละลายปลามีเพียงค่า BOD ที่สูง และน้ำล้างกระป๋องหลังปิดผนึก ส่งผลต่อปริมาณ O&G เพียงอย่างเดียว ซึ่งแตกต่างกับน้ำหล่อเย็น และน้ำล้างกระบะที่มีค่า BOD และ O&G ต่ำมาก ดังนั้นน้ำในสองกระบวนการนี้จึงมีโอกาสสูงกว่าน้ำในส่วนอื่นสำหรับการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำหรือการจัดการที่เหมาะสมกับกระบวนการนั้นต่อไป แต่สำหรับน้ำในส่วนกระบวนการละลายปลา และน้ำล้างกระป๋องหลังปิดผนึก จำเป็นต้องศึกษาอย่างละเอียดต่อไปหากต้องการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

ตารางที่ 3-2 คุณภาพน้ำเสียของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

จุดตรวจวัดน้ำเสีย	**แหล่งกำเนิด**	**คุณลักษณะน้ำเสีย**	**BOD**	**O & G**	**ค่าภาระความสกปรก (กิโลกรัม/ตันวัตถุดิบ)**
A	น้ำที่ใช้แช่ปลาเพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลา	มีคราบมันของผิวปลา เศษปลาและน้ำเลือดปลา	543	8.8	1.85
B	น้ำที่ใช้ล้างบนตัวปลาและน้ำล้างอุปกรณ์และพื้น	น้ำเลือดปลา เศษปลา น้ำล้างอุปกรณ์แลพื้น	1,614	114	1.53
C	น้ำที่สเปรย์ลงบนตัวปลาเพื่อลดอุณหภูมิปลาหลังการอบและน้ำล้างทำความสะอาดพื้น	คราบมันสูงจาก เศษเนื้อปลา และน้ำทำความสะอาดพื้น	1,945	330	7.14
D	น้ำล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และพื้น	คราบมันสูงจากเศษเนื้อปลาและเศษหนัง	1,940	728	4.10

ตารางที่ 3-2 คุณภาพน้ำเสียของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง (ต่อ)

จุดตรวจวัดน้ำเสีย	แหล่งกำเนิด	คุณลักษณะน้ำเสีย	BOD	O & G	ค่าภาระความสกปรก (กิโลกรัม/ตันวัตถุดิบ)
E	น้ำล้างกระป๋องเปล่า	คราบมันและฝุ่น	0.33	2.14	< 0.01
F	น้ำล้างเครื่องตัดแต่ง ล้างกระป๋องหลังปิดผนึก น้ำล้างอุปกรณ์และน้ำทำความสะอาดพื้น	คราบไขมันหลังการเติมสารละลาย	17.7	231	< 0.01
G	น้ำที่ลดความเย็นกระป๋องหลังการนึ่งฆ่าเชื้อ	คราบมันของกระป๋อง	0.78	1.29	< 0.01
น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด			921.33	194.42	17.49
น้ำทิ้งออกจากระบบบำบัด			12.22	2.63	0.23

หมายเหตุ ค่าภาระความสกปรก (กิโลกรัม/ตันวัตถุดิบ) ในแต่ละขั้นตอนการผลิตทูน่ากระป๋อง คำนวณดังสมการ 3-1

$$\text{ค่าภาระความสกปรกในน้ำเสีย} = \frac{\text{ความเข้มข้นของค่าบีโอดี} \times \text{ปริมาณน้ำเสีย}}{(\text{กก.บีโอดี/ตันวัตถุดิบ}) \cdot \text{ปริมาณวัตถุดิบ}} \qquad 3\text{-}1$$

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณบีโอดีในน้ำเสียต่อหน่วยวัตถุดิบของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง พบว่าค่าต่ำสุด และ ค่าสูงสุด ของ ปริมาณบีโอดีในน้ำเสียต่อหน่วยวัตถุดิบ เท่ากับ 0.00 ก.ก./ตันวัตถุดิบ จากน้ำล้างกระป๋องเปล่า และ 7.14 ก.ก./ตันวัตถุดิบ จากน้ำสเปรย์ปลาตามลำดับ ซึ่งปริมาณบีโอดีในน้ำเสียต่อหน่วยวัตถุดิบ แสดงค่าคุณภาพน้ำเสียในแต่ละขั้นตอนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋องนั้น ปริมาณบีโอดีในน้ำเสียต่อหน่วยวัตถุดิบ มีสาเหตุจากการปนเปื้อนของเศษเนื้อปลาของกระบวนการสเปรย์น้ำและการขูดหนังขูดเลือดปลา รวมถึงการปนเปื้อนของเลือดปลาจากการผ่าท้องควักไส้ปลา

หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแต่ละขั้นตอนการผลิตทั้งในเรื่องการใช้ทรัพยากรน้ำ และการสูญเสียทั้งในแง่ปริมาณและคุณภาพ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับการเลือกประเด็นปัญหาเพื่อทำการศึกษาในรายละเอียด โดยผ่านการจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ผนวกกับการประเมินเลือกกระบวนการผลิตเพื่อทำการประเมินละเอียดด้วยแนวทางเทคโนโลยีสะอาดต่อไป

3.2 การเลือกกระบวนการผลิตเพื่อค้นหาประเด็นปัญหา

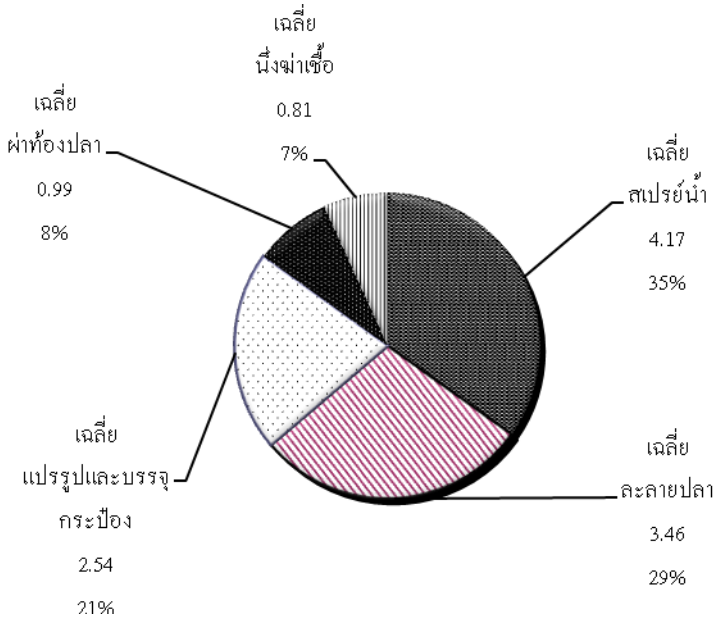
การศึกษาปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณและคุณภาพน้ำเสียที่เกิดขึ้นนั้น ทุกกระบวนการประสบปัญหาการใช้น้ำปริมาณมาก ซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียมากตามไปด้วย จึงจำเป็นต้องหาสาเหตุที่สำคัญของปัญหาด้วยการคัดเลือกกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง เพื่อทำการประเมินโดยละเอียดหาสาเหตุหลักของการใช้น้ำในกระบวนการที่มีความเหมาะสมในการปรับปรุง ดังนั้นจึงใช้การวิเคราะห์ปัญหาเพื่อค้นหาสาเหตุของปัญหา ด้วยแผนภาพวงกลมเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้น้ำใหม่ของทั้ง 5 กระบวนการผลิต และใช้แผนภาพพาเรโต ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้จัดลำดับความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น

3.2.1 การเลือกกระบวนการผลิต

จากข้อมูลการใช้น้ำใหม่ของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง เดือนพฤษภาคม 2549 (ภาพประกอบที่ 3-5) พบว่า กระบวนการที่มีการใช้น้ำใหม่มากที่สุด คือกระบวนการสเปรย์ (35%) คิดเป็นจำนวนเงิน 9,852.90 บาท รองลงมาเป็นกระบวนการละลายปลา (29%) คิดเป็นจำนวนเงิน 8,176.13 บาท โดยกระบวนการละลายปลาได้นำน้ำหล่อเย็นมาใช้เป็นน้ำละลายปลาแช่แข็งด้วย เฉลี่ย 0.03 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ ซึ่งกระบวนการนี้มีการใช้น้ำทั้งหมด 3.50 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ เป็นน้ำใหม่เพียง 3.46 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ เป็นการประหยัดน้ำหรือสงวนน้ำใช้ได้อีกทางหนึ่ง และกระบวนการแปรรูปและบรรจุใช้น้ำเป็นลำดับที่ 3 (21%) คิดเป็นจำนวนเงิน 5,989.68 บาท

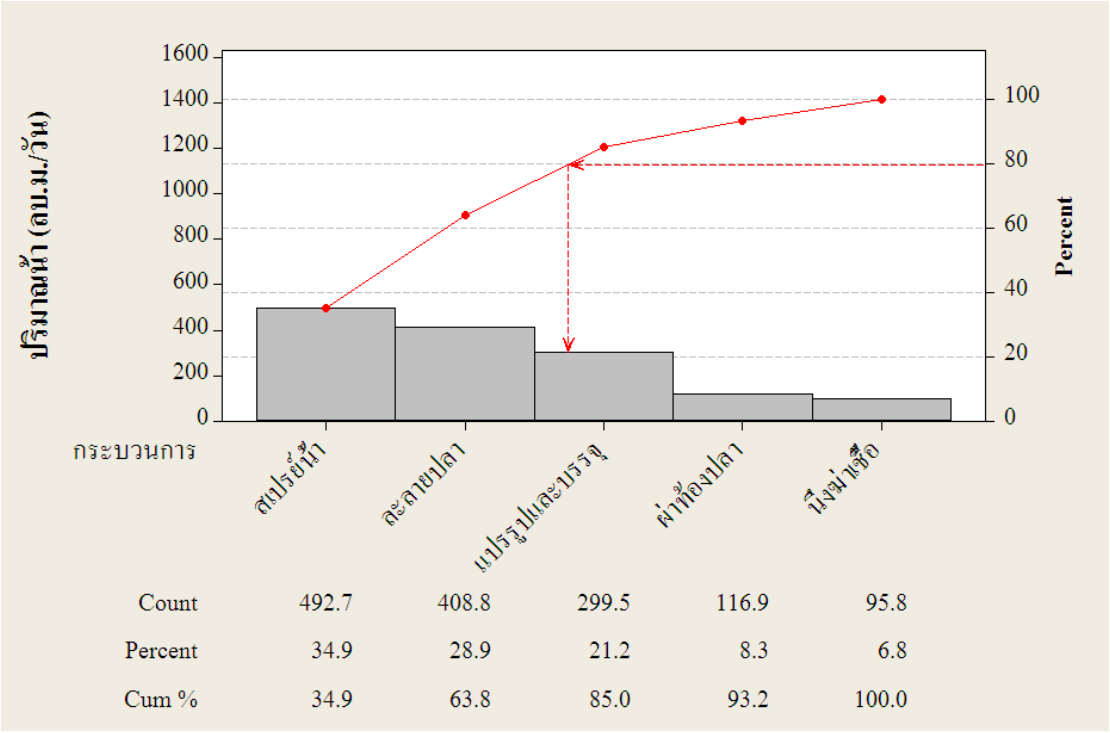
สำหรับกระบวนการที่มีการใช้น้ำใหม่ค่อนข้างน้อยได้แก่ กระบวนการผ่าท้องปลา (8%)คิดเป็นจำนวนเงิน 2,338.06 บาท และกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อปลา (7%) คิดเป็นจำนวนเงิน 1,915.16 บาท แม้ว่ากระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อใช้น้ำสูงสุดถึง 8.11 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ แต่เนื่องจากสามารถนำน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนกลับไปใช้อีก หลังผ่านการบำบัดประมาณ 90% ของปริมาณทั้งหมด และมีการใช้น้ำใหม่มาทดแทน (Bleed-off) ประมาณ 10 % เพื่อสร้างความมั่นใจในคุณภาพ

น้ำ ดังนั้นจึงมีปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อจริงเพียง 0.81 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบ ซึ่งการหมุนเวียนและนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำลงอย่างมากและเป็นเครื่องวัดการสงวนน้ำใช้และการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานปลากระป๋องได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับข้อแนะนำการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552)



ภาพประกอบที่ 3-5 กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนอัตราการใช้น้ำใหม่ของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง เดือนพฤษภาคม 2549

เมื่อทราบสัดส่วนปริมาณการใช้น้ำใหม่จริงแล้ว นำข้อมูลข้างต้นจัดลำดับความสำคัญด้วยการใช้แผนภาพพาเรโตกับปริมาณการใช้น้ำของแต่ละกระบวนการผลิต พบว่ากระบวนการที่มีความสำคัญต่อปัญหาการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องมากคือกระบวนการสเปรย์ปลา มีการใช้น้ำมากที่สุด รองมาคือกระบวนการละลายปลา และกระบวนการแปรรูปและบรรจุ ตามลำดับ ดังภาพประกอบที่ 3-6



ภาพประกอบที่ 3-6 แผนภาพพาเรโตการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

หลังจากนั้นทำการประเมินเทคโนโลยีสะอาด เพื่อเลือกบริเวณที่ต้องทำการประเมินโดยละเอียด (ภาคผนวก ข-6) โดยการคัดกระบวนการผลิตจากประเด็นที่เกี่ยวข้องต่างๆ ตามเกณฑ์ 4 ด้าน ได้แก่ การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยคำนึงถึงกระบวนการที่ก่อให้เกิดมลพิษและของเสียปริมาณมาก การประเมินการลงทุนโดยคำนึงถึงค่าความสูญเสียซึ่งคิดเป็นมูลค่าสูง (มีต้นทุนสูง) การประเมินโอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาด ที่เห็นได้ชัดเจน โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและเห็นได้ชัดว่ามีค่าสูง และเกณฑ์ความสนใจ/ร่วมมือ โดยคำนึงถึงความเห็นชอบและความพร้อมที่จะให้ความร่วมมือ (มีความสนใจและความร่วมมือสูง) โดยคะแนนที่ให้สำหรับเกณฑ์ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โอกาสในการทำเทคโนโลยีสะอาด และความสนใจ/ความร่วมมือ คือ ปริมาณสูง ให้ 3 คะแนน ปริมาณปานกลางให้ 2 คะแนน และปริมาณน้อยให้ 1 คะแนน ส่วนคะแนนสำหรับเกณฑ์การลงทุนคือ ยิ่งการลงทุนสูง คะแนนยิ่งน้อย ดังนั้น การลงทุนต่ำให้ 3 คะแนน การลงทุนปานกลางให้ 2 คะแนน และการลงทุนสูงให้ 1 คะแนน โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อการประเมินโดยละเอียด

หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอ	เกณฑ์การเลือก(คะแนน) *				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณความเป็นพิษ)	การลงทุน**	โอกาสในการทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ		
1.สเปรย์ปลา	3	1	2	1	7	4
2.ละลายปลา	2	2	3	3	10	1
3.แปรรูปและบรรจุ	3	2	2	2	9	2
4.ผ่าท้องปลา	2	2	2	2	8	3
5.นึ่งฆ่าเชื้อ	1	2	1	1	5	5

* คะแนน 1= ต่ำ 2= ปานกลาง 3= สูง

** คะแนนสำหรับการลงทุน 1= ลงทุนสูง 2= ลงทุนปานกลาง 3= ลงทุนต่ำ

การประเมินโดยใช้แนวทางตามเกณฑ์ 4 ด้านดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว พบว่า

(1) กระบวนการสเปรย์ปลา ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้ำสูงสุดและค่าภาระความสกปรกในน้ำเสียสูงสุดด้วยเช่นกัน มีระดับการลงทุนปานกลาง แต่โอกาสและความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและความร่วมมือจากทางโรงงานต่ำ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการควบคุมคุณภาพสูง จึงทำให้โอกาสและความสนใจในการปรับปรุงน้อยและไม่เหมาะสำหรับการเข้าไปศึกษาโดยละเอียด ซึ่งได้คะแนนรวมทั้งหมด 7

(2) กระบวนการละลายปลา ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเนื่องจากมีปริมาณการใช้น้ำสูงเป็นลำดับสอง และค่าภาระความสกปรกในน้ำเสียอยู่ในระดับปานกลาง ความเหมาะสมต่อการลงทุนน้อย เนื่องจากอาจจะต้องปรับปรุงระบบใหม่จึงต้องใช้เงินลงทุนสูง แต่ด้วยโอกาสและความสนใจในการปรับปรุงกระบวนการมีมาก เมื่อทำการรวมคะแนนทั้งหมด จึงได้คะแนนรวม 10 คะแนน ซึ่งสูงสุดสำหรับการเลือกกระบวนการประเมินละเอียด

(3) กระบวนการแปรรูปและบรรจุ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมาก เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้ำสูงเป็นลำดับสาม และมีค่าภาระความสกปรกในน้ำเสียอยู่ในระดับสูง ความ

เหมาะสมต่อการลงทุนต่ำ เนื่องจากอาจจะต้องปรับปรุงอุปกรณ์ใหม่ให้เหมาะสมกับการทำงานมากขึ้น อาจต้องใช้เงินลงทุนสูง รวมถึงโอกาสและความร่วมมือในการปรับปรุงอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการควบคุมคุณภาพและความสะอาดสูง ซึ่งต้องให้ความสำคัญในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก จึงได้คะแนนรวม 8 คะแนน เป็นกระบวนที่ 2 ที่เหมาะสำหรับการปรับปรุง

(4) กระบวนการผ่าท้องปลา ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระดับปานกลาง เนื่องจากมีปริมาณการใช้น้ำน้อย แต่ค่าภาระความสกปรกในน้ำเสียสูงปานกลาง เนื่องจากมีน้ำเลือดปลา ความเหมาะสมต่อการลงทุนอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากการลงทุนส่วนใหญ่เป็นการลงทุนออกแบบเพิ่มเติมในส่วนอุปกรณ์ ซึ่งต้องใช้เงินลงทุนในระดับปานกลาง และโอกาสรวมถึงความร่วมมือนั่นก็อยู่ในระดับปานกลางด้วยเช่นกัน จึงได้คะแนนรวมเป็น 8 คะแนน เป็นกระบวนที่ 3 ที่เหมาะสำหรับการปรับปรุง

(5) กระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมระดับต่ำ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการใช้น้ำเพียงเล็กน้อย สามารถนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ และค่าภาระความสกปรกในน้ำเสียต่ำด้วย ความเหมาะสมต่อการลงทุนต่ำเนื่องจากอาจจะใช้การจัดการเข้าช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้ แต่โอกาสและความร่วมมือในการปรับปรุงกระบวนการต่ำ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการควบคุมคุณภาพสูง จึงไม่เหมาะสำหรับการเข้าไปศึกษาอย่างละเอียด เมื่อทำการรวมคะแนนจึงได้ 4 คะแนน เป็นกระบวนการที่ไม่เหมาะสำหรับการศึกษา

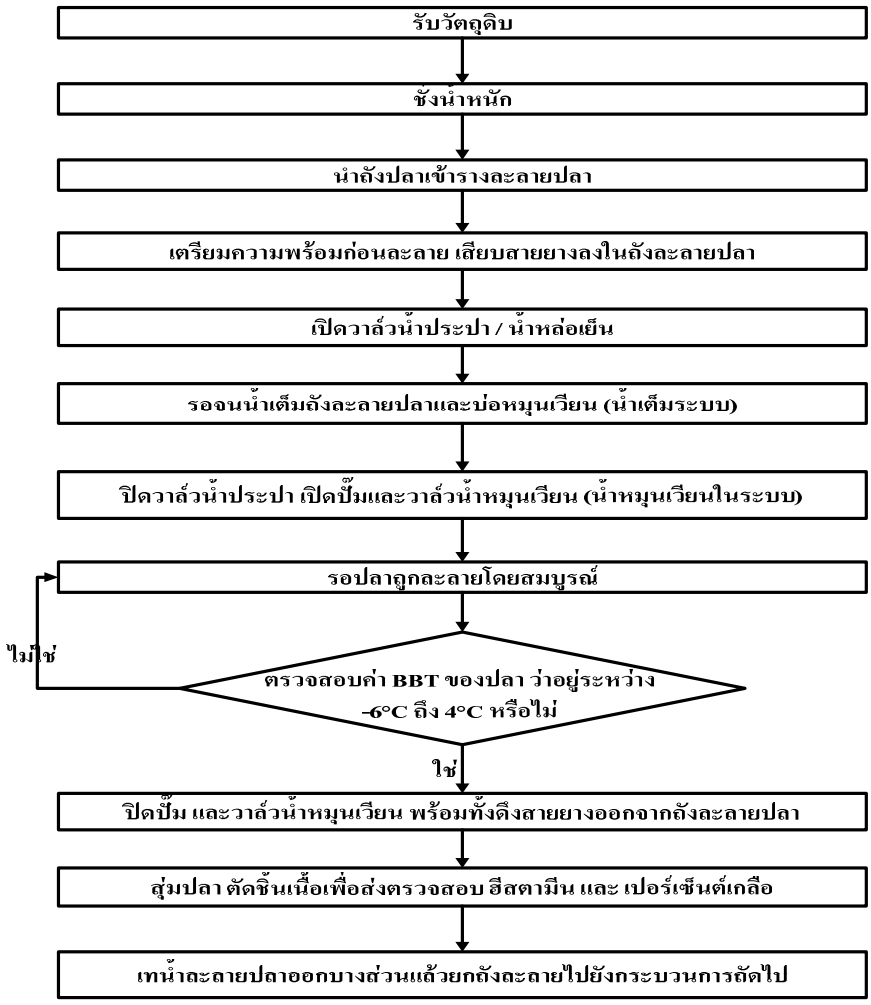
ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษากระบวนการละลายปลา โดยละเอียดเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำใหม่ สำหรับกระบวนการ แปรรูปและบรรจุกระป๋อง รวมทั้งกระบวนการผ่าท้องปลา จะทำการศึกษาหาสาเหตุและเสนอแนะแนวทางเบื้องต้นในการลดปริมาณการใช้น้ำ

3.2.2 การศึกษาและการลดการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา

3.2.2.1 กระบวนการละลายปลา

กระบวนการละลายปลาเป็นการละลายน้ำแข็งออกจากปลาทูน่าแช่แข็ง เพื่อเป็นการเตรียมวัตถุดิบสำหรับขั้นตอนการผ่าท้องปลา ซึ่งมีขั้นตอน ดังภาพประกอบที่ 3-7 โดยเริ่มจากการนำปลาแช่แข็งที่อยู่ในถังสแตนเลสขนาด 3.75 ลูกบาศก์เมตร ออกจากห้องเย็น มาเตรียมความพร้อมที่ห้องเตรียมวัตถุดิบ เมื่อถึงเวลาจึงนำปลาแช่แข็งมายังพื้นที่การละลายปลาด้วยรถยก จากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามแผนการเตรียมวัตถุดิบหรือไม่ หาน้ำหนักไม่

ถูกต้องทำการแจ้งหัวหน้างานเพื่อแก้ไข หากน้ำหนักถูกต้องทำการบันทึกข้อมูลจากป้ายรับวัตถุดิบ พร้อมแจ้งพนักงานขับรถยกเพื่อทำการนำถังปลาเข้าสู่รางละลายปลา



ภาพประกอบที่ 3-7 ผังกระบวนการละลายปลา

หลังจากนั้นทำการเตรียมความพร้อมก่อนการละลายปลาด้วยการตรวจสอบพื้นที่ละลายปลา บ่อหมุนเวียน วาล์วน้ำ ปั๊มน้ำ ให้อยู่ในสภาพพร้อมสำหรับการละลาย แล้วจึงทำการเสียบสายยางลงในถังละลายปลา และเริ่มทำการละลายปลาด้วยน้ำประปาเป็นวัตถุดิบหลักและน้ำหล่อเย็นเป็นวัตถุดิบรอง โดยมีสัดส่วนการใช้น้ำประปาต่อน้ำหล่อเย็นเป็น 3 : 1 ด้วยการเปิดปั๊มน้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็น และทำการเปิดวาล์วน้ำในรางละลายปลา โดยทำการเปิดวาล์วน้ำประมาณ 45 องศา จากนั้นรอจนน้ำเต็มถังละลายปลาและเกิดการไหลล้นของน้ำออกทางรูระบายของถังละลายปลาไปยังบ่อหมุนเวียน จนน้ำเต็มบ่อหมุนเวียน ถือได้ว่าเป็นการเติมน้ำเต็มระบบการ

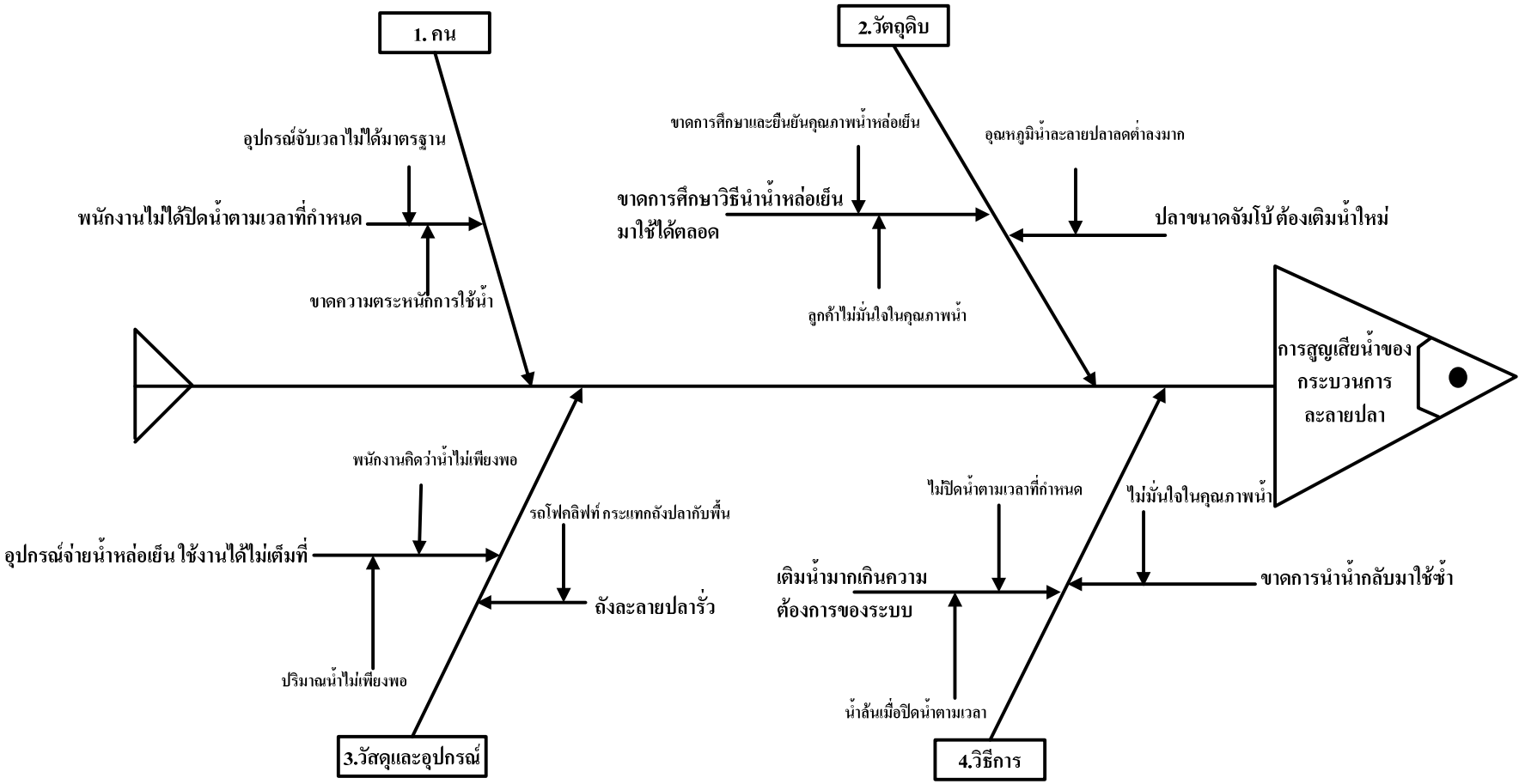
ละลายปลา ด้วยการจับเวลาของพนักงานประมาณ 20 นาที เพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจจะทำให้น้ำละลายจะไหลล้นเข้าสู่รางละลายปลา เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการจับเวลาของพนักงาน ซึ่งต้องปฏิบัติหลายงานพร้อมกันและไม่มีอุปกรณ์เตือน

เมื่อเติมน้ำเต็มแล้ว ทำการหมุนเวียนน้ำในระบบ ซึ่งเป็นการหมุนเวียนน้ำจากถังละลายปลากับน้ำในบ่อหมุนเวียน ด้วยการปิดปั๊มน้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็น แล้วทำการเปิดวาล์วน้ำหมุนเวียน ตลอดจนน้ำแข็งภายในตัวปลาละลายออกไป และทำให้อุณหภูมิปลาที่กระดูกสันหลัง (BBT) อยู่ในช่วง -6°C ถึง 4°C ซึ่งมีความเหมาะสมต่อกระบวนการต่อไป ระยะเวลาที่ใช้ละลายจะขึ้นอยู่กับขนาดปลา เช่นปลาขนาดเล็ก กลางใหญ่ และจัมโบ้ ใช้เวลาประมาณ 2, 3-5, 5-7 และ 10-12 ชั่วโมง ตามลำดับ

จากนั้นพนักงานจะทำการตรวจสอบ BBT ของปลาว่าอยู่ระหว่าง -6°C ถึง 4°C หรือไม่ หากยังไม่อยู่ในช่วงต้องทำการละลายต่อไปอีก จนได้ BBT ที่ต้องการ หาก BBT ของปลาอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแล้ว พนักงานทำการเปิดปั๊มน้ำหมุนเวียนพร้อมทั้งดึงสายยางออกจากถังละลายปลา จากนั้นทำการตัดชิ้นเนื้อปลาเพื่อส่งตรวจฮีสตามีนและเปอร์เซ็นต์เกลือ โดยส่งไปยังแผนกควบคุมการผลิต ด้วยการสุ่มปลา 3 ตัว จากตำแหน่งบน กลาง และล่าง ของถังละลายปลาแล้วทำการตัดชิ้นเนื้อบริเวณถัดจากครีบเหงือก เมื่อทำการสุ่มตัดชิ้นเนื้อเรียบร้อยแล้ว จึงทำการเทน้ำละลายปลาออกจากถังบางส่วนด้วยรถยก เพื่อลดน้ำหนักถังละลายปลาสำหรับการยกของรถยก สำหรับการเทน้ำออกจากถังละลายปลาไม่สามารถเทน้ำทิ้งได้ทั้งหมด เนื่องจากถังละลายปลาบรรจุปลาเกือบเต็มถัง หากเทน้ำทิ้งหมดปลาจะตกหล่นจากถังละลายปลา รถยกทำการยกถังละลายไปยังเครื่องเทปลาของกระบวนการผ่าท้องปลาต่อไป

3.2.2.2 การหาสาเหตุเบื้องต้นโดยใช้แผนผังก้างปลา (Fish bone diagram)

จากการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา หาสาเหตุเบื้องต้นและอาการของปัญหา ด้วยการใช้ความรู้เฉพาะด้าน และความรู้จากการสังเกตการณ์ในการระดมสมองด้วยแผนภาพก้างปลา เพื่อค้นหาสาเหตุในเชิงโครงสร้าง พบว่า ปัญหาการสูญเสียน้ำในกระบวนการละลายปลาของการผลิตทูน่ากระป๋องเกิดจาก 4 ประเด็นหลักๆ (ภาพประกอบที่ 3-8) คือ



ภาพประกอบที่ 3-8 แผนภาพก้างปลาของกระบวนการละลายปลา

(1) ปัญหาจากคน เนื่องจากกระบวนการละลายปลาใช้คนในการควบคุมการปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว จึงมีความเป็นไปได้ของการเกิดความผิดพลาดระหว่างการปฏิบัติงาน โดยปัญหาที่พบคือ สาเหตุหลักเกิดจากพนักงานไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด

(2) อุปกรณ์จับเวลาในกระบวนการละลายปลาไม่ได้มาตรฐาน เนื่องจากใช้การจับเวลาจากนาฬิกาเพียงอย่างเดียว และการจับเวลาเปิด ปิด ปั๊มและวาล์วน้ำนั้น มีความผิดพลาดจากการปฏิบัติหลายงาน อาจเกิดความสับสน หลงลืม หรือขาดความตระหนักเกี่ยวกับการใช้น้ำ และขาดสัญญาณเตือนเมื่อครบเวลาที่กำหนดของแต่ละขั้นตอน

(3) ปัญหาจากวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการละลายปลาเป็นปลาทูน่าแช่แข็งซึ่ง BBT ปลาต่ำมาก และการใช้น้ำประปาในการละลายปลาเป็นหลักและน้ำหล่อเย็นจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อเป็นวัตถุดิบรอง แต่ยังขาดความต่อเนื่องในการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

- ขาดการศึกษาวิธีการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากน้ำหล่อเย็นที่ใช้เป็นน้ำหล่อเย็นจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยการปล่อยน้ำหล่อเย็นออกจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อไหลลงไปยังคูรองรับน้ำและไหลไปรวมกันยังบ่อพักน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ แล้วทำการสูบน้ำส่งไปยังกระบวนการละลายปลา ซึ่งสาเหตุเบื้องต้นมาจาก ความเป็นไปได้ที่จะเกิดการปนเปื้อนระหว่างน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นของกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อกับน้ำหล่อเย็นที่ไหลลงยังคูรับน้ำ จากการขาดอุปกรณ์ป้องกัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่งผลกระทบต่อความไม่มั่นใจถึงคุณภาพน้ำหล่อเย็นที่นำมาใช้และคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ได้ เนื่องจากการขาดการศึกษาและการยืนยันเมื่อนำน้ำหล่อเย็นมาใช้
- ปลาขนาดจัมโบ้มีการเปลี่ยนน้ำบ่อย เนื่องจากปลาจัมโบ้มีขนาดใหญ่มีน้ำหนักประมาณ 9-60 กิโลกรัม การเติมน้ำเพื่อทำการละลายน้ำแข็งในตัวปลา ด้วยน้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็นซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 32°C ถึง 38°C เมื่อทำการละลายปลาได้ช่วงระยะเวลาหนึ่งอุณหภูมิน้ำละลายปลาจะลดต่ำมาก ส่งผลให้การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำกับตัวปลาต่ำเช่นกัน จึงต้องทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำด้วยการเติมน้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็นลงไปใหม่ เพื่อเพิ่มอัตราการละลายและควบคุมเวลาการละลายให้ได้ตามที่กำหนดไว้

(4) ปัญหาจากวัสดุและอุปกรณ์ จากกระบวนการละลายปลามีการใช้อุปกรณ์แบ่งเป็น 2 ประการ คือ

- อุปกรณ์จ่ายน้ำหล่อเย็นใช้งานได้ไม่เต็มที่ ส่งผลให้การนำน้ำใช้หล่อเย็นมาใช้ไม่เกิดความต่อเนื่อง ซึ่งมีสาเหตุหลักคือ พนักงานคาดการณ์ว่าปริมาณน้ำมีอยู่น้อยไม่เพียงพอสำหรับการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ในการละลายปลา และเมื่อนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ น้ำดังกล่าวมีแรงดัน

ต่ำและมีปริมาณน้ำไม่สม่ำเสมอ ซึ่งขาดการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการจ่ายน้ำหล่อเย็นเพื่อส่งต่อมายังกระบวนการละลายปลา

- ถังละลายปลารั่ว จะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำ สาเหตุหลักของถังละลายปลารั่ว มักจะเกิดจากการกระแทกถังละลายปลากับพื้นอย่างรุนแรงโดยรถยก เพื่อแยกปลาแช่แข็งที่จับตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงหรือแยกออกเป็นตัวๆ เพื่อความเหมาะสมต่อการละลาย

(5) ปัญหาจากวิธีการละลาย เนื่องจากใช้วิธีการละลายน้ำแข็งในตัวปลาด้วยการใช้น้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็น โดยเติมให้เต็มถังละลายปลาและไหลล้นไปยังบ่อหมุนเวียน แล้วทำการจับเวลาประมาณ 20 นาที โดยพนักงาน จากนั้นปิดวาล์วน้ำประปาหรือน้ำหล่อเย็นพร้อมกับทำการเปิดวาล์วน้ำหมุนเวียนน้ำในถังละลายปลาและบ่อหมุนเวียน ตามเวลาที่กำหนด จากวิธีการที่ปฏิบัติอยู่มีหลายจุดที่อาจเกิดความผิดพลาดระหว่างปฏิบัติงานได้ง่าย และเกิดการสูญเสียน้ำ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

- การเติมน้ำมากเกินความต้องการของระบบ เนื่องจากการเติมน้ำ โดยการจับเวลาของพนักงานอาจจะไม่ได้ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด
- ขาดการนำน้ำที่ใช้แล้วในกระบวนการละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ เนื่องจากกระบวนการละลายปลาเป็นกระบวนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผ่าท้อง ด้วยการละลายน้ำแข็งออกจากตัวปลาโดยการใช้น้ำ ซึ่งความต้องการใช้น้ำขั้นตอนนี้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดน้ำเสียมากตามไปด้วย ซึ่งน้ำในส่วนนี้เป็นน้ำที่เกิดจากการแช่ตัวปลาเท่านั้น ส่วนขั้นตอนการทำความสะอาดตัวปลาจะเป็นขั้นตอนต่อไป ในขั้นตอนนี้หากมีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำจะเป็นการลดการใช้น้ำใหม่ได้ในปริมาณมาก แต่เนื่องจากความไม่มั่นใจในตัวคุณภาพน้ำที่จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์ และขาดการศึกษาถึงความเป็นไปได้ จากความไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำที่จะนำกลับมาใช้ซ้ำ รวมถึงผลกระทบต่อคุณภาพปลาหลังการละลาย หากมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำได้ จะเป็นประโยชน์ต่อการลดต้นทุนการผลิตและการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การพิสูจน์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาเพื่อค้นหาสาเหตุในภาพกว้าง ทำให้พบสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องมากมาย แต่ยังไม่ใช่สาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ดังนั้นจึงทำการศึกษาผ่านตารางทำไม-ทำไม เพื่อหาสาเหตุที่เจาะลึกที่เกิดจากกลไกการทำงานที่แผนภาพก้างปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3.2.2.3 การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าโดยใช้ตาราง ทำไม-ทำไม

การศึกษาผ่านตาราง ทำไม-ทำไม เจาะลึกที่เกิดจากกลไกการทำงาน ซึ่งตาราง ทำไม-ทำไมเป็นเทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุอย่างเป็นระบบ เพื่อไม่เกิดการตกหล่นและเมื่อสืบค้นหาต้นตอของปัญหาแล้วกำหนดมาตรการการป้องกันไม่ให้ปัญหานั้นเกิดขึ้นอีก โดยก่อนจะทำการวิเคราะห์ ต้องเข้าไปศึกษาปัญหาให้ชัดเจนอาศัยหลักสถานที่จริง และดูสภาพของจริง และทำความเข้าใจในโครงสร้างและหน้าที่ เพื่อระบุส่วนที่เป็นปัญหาพร้อมกับสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับรายละเอียดของปัญหาให้ถูกต้องชัดเจน จากการมองปัญหาด้วยสภาพที่ควรจะเป็น และการมองด้วยหลักเกณฑ์หรือทฤษฎี ผ่านการระดมสมองพร้อมทั้งตั้งคำถาม ทำไม 5 ครั้ง จนได้สาเหตุของคำตอบที่แท้จริง จากนั้นทำการพิจารณาในตัวอย่างการวิเคราะห์ด้วย “OK” หรือ “NG” ซึ่ง “OK” หมายถึงไม่มีปัญหาและ“NG” หมายถึงมีปัญหา (สมชัย, 2545)ในการศึกษาหาสาเหตุรากเหง้าของกระบวนการละลายปลาจาก 4 ประเด็นหลักๆ (ตารางที่ 3-4) พบว่า

(1) สาเหตุจากคน เกิดจากการขาดอุปกรณ์เตือนและความตระหนักเรื่องการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทำให้พนักงานไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด

(2) สาเหตุจากวัตถุดิบ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

- ขาดการศึกษาวิธีการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้อย่างต่อเนื่อง เกิดจากการขาดขอบป้องกันการปนเปื้อนระหว่างน้ำหล่อเย็นกับน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นในกระบวนการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่งผลต่อการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้อย่างต่อเนื่อง
- ปลาขนาดจัมโบ้มีการเปลี่ยนน้ำบ่อย เกิดจากอุณหภูมิน้ำละลายปลาลดต่ำลงมาก ผลให้ปลาจัมโบ้ต้องมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำละลายปลาใหม่ เพื่อช่วยรักษาเวลาการละลายให้ได้ตามที่กำหนด

(3) สาเหตุจากวัสดุและอุปกรณ์ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
การสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา	1. พนักงานไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด	อุปกรณ์จับเวลาไม่ได้ได้มาตรฐาน	ไม่มีสัญญาณเตือน				NG	ติดตั้งโซลินอยล์วาล์วและ สัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009)
		พนักงานขาดความตระหนักการใช้น้ำ	ขาดการให้ความรู้และขาดการรับทราบข้อมูล				NG	จัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ และใช้การรณรงค์เช่น ติดป้าย
	2.1 ขาดการนำน้ำหล่อเย็น มาใช้อย่างต่อเนื่อง	ลูกค้าไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ	มีความเป็นไปได้ของการปนเปื้อนระหว่างทางกับน้ำทำความสะอาดพื้น	น้ำหล่อเย็น ผ่านคูรับน้ำ	พื้นไม่มีขอบป้องกันการไหลปนเปื้อนของน้ำทำความสะอาด		NG	จัดทำขอบกั้นเพื่อป้องกันน้ำทำความสะอาดไหลลงไปปนเปื้อน หรือทำฝาครอบคูรับน้ำหล่อเย็นป้องกันการปนเปื้อน
				ขาดการวิเคราะห์การปนเปื้อนน้ำหล่อเย็น			O.K	

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
การสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)	2.2 ปลาจัมโบ้มีการเปลี่ยนน้ำใหม่	อุณหภูมิน้ำละลายปลาลดต่ำลงมาก					NG	ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา
	3.1 อุปกรณ์จ่ายน้ำหล่อเย็น ใช้งานได้ไม่มีคุณภาพ	ปริมาณน้ำไม่สม่ำเสมอ	น้ำหล่อเย็น จะเริ่มมีในช่วง 12.00 น. เป็นต้นไป				O.K	
		ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ	ปริมาณน้ำหล่อเย็น มีน้อย				O.K	
			พนักงานคิดว่าน้ำไม่เพียงพอ				NG	ตรวจสอบปริมาณน้ำหล่อเย็น

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
การสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)	3.2 ถังละลายปลารั่ว	รถยก กระแทกถังปลากับพื้น	ปลาแช่แข็งจับตัวแช่แข็งเป็นก้อนใหญ่	มีน้ำขังในถังปลาก่อนนำไปแช่แข็ง	รอการแช่แข็งก่อนนำเข้าแช่ทำให้น้ำแข็งในตัวปลาละลาย		NG	ลดเวลาการรอเข้าห้องแช่แข็งให้น้อยลง
	4.1 การเติมน้ำมากเกินความต้องการของระบบ	ไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด	พนักงานหลงลืม	ไม่มีอุปกรณ์จับเวลาและสัญญาณเตือน			NG	ติดตั้ง สัญญาณเตือน สำหรับการจับเวลาการละลายปลา และติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว (Queensland Water, 2009) เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในระบบ
		น้ำล้นเมื่อปิดน้ำตามเวลา	ไม่มีการควบคุมปริมาณน้ำเข้า				NG	
	4.2.ขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ	ไม่มั่นใจคุณภาพน้ำ	คิดว่าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสม	ขาดการทดสอบคุณภาพของน้ำละลายปลาและคุณภาพเนื้อปลา	ขาดการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ		NG	ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
การสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการละลายปลา (ต่อ)	4.2.ขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ (ต่อ)	ไม่มั่นใจคุณภาพน้ำ (ต่อ)	คิดว่าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสม (ต่อ)	อุณหภูมิน้ำต่ำมาก	ใช้เวลาในการละลายปลานาน		NG	ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา
					อุณหภูมิปลาต่ำมาก		O.K	
				พื้นที่รองรับน้ำละลายปลาไม่เพียงพอ สำหรับนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้หมด	บ่อหมุนเวียนถูกออกแบบสำหรับการหมุนเวียนน้ำในระบบ	ขาดการศึกษาถึงความสามารถในการหมุนเวียนน้ำได้มากที่สุด	NG	ออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้วได้100%

➢ อุปกรณ์จ่ายน้ำหล่อเย็นใช้งานได้ไม่เต็มที่ เกิดจากการขาดการตรวจสอบปริมาณน้ำหล่อเย็นที่มีอยู่จริง เนื่องจากมีน้ำหล่อเย็นที่เพียงพอต่อการนำมาใช้ละลายปลาเพียงบางช่วงเวลาเท่านั้น ส่งผลต่ออุปกรณ์จ่ายน้ำไปยังกระบวนการละลายปลาได้ไม่มีคุณภาพ

➢ ถังละลายปลารั่ว เกิดจากการละลายของน้ำแข็งในตัวปลาระหว่างการรอเพื่อนำปลาเข้าห้องแช่แข็ง ส่งผลให้เกิดการรั่วของถังละลายปลา

(4) สาเหตุจากวิธีการละลายซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

➢ การเติมน้ำมากเกินความต้องการของระบบ เกิดจากการขาดอุปกรณ์จับเวลาและสัญญาเตือน ส่งผลให้การเติมน้ำเกินความต้องการของระบบ

➢ ขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ เกิดจากการขาดการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ เวลาที่ใช้ในการละลายนาน อุณหภูมิปลาต่ำ รวมถึงขาดการศึกษาความสามารถในการหมุนเวียนน้ำได้มากที่สุด ส่งผลให้ไม่มีการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

จากการศึกษาสาเหตุรากเหง้าพร้อมทั้งสร้างแนวทางแก้ไขด้วยการวิเคราะห์ตาราง ทำไม-ทำไม เพื่อลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการละลายปลา โดยเสนอแนวทางจากปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัญหาได้ทั้งหมด 7 ประเด็นปัญหา และแนวทางแก้ไข 8 แนวทาง (ตารางที่ 3-5) นั่นคือ

ตารางที่ 3-5 สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนการละลายปลา

ประเด็นปัญหา	**แนวทางแก้ไข**
1.พนักงานไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด	1.การติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว และ สัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009)
	2.การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ
2.ขาดการศึกษาวิธีการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้อย่างต่อเนื่อง	1.การจัดทำขอบกั้นเพื่อป้องกันน้ำทำความสะอาดไหลลงไปปนเปื้อนหรือทำฝาครอบคูรับน้ำหล่อเย็นป้องกันการปนเปื้อน
3.ปลาขนาดจัมโบ้มีการเปลี่ยนน้ำบ่อย	1.การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา
4.อุปกรณ์จ่ายน้ำหล่อเย็นใช้งานได้ไม่เต็มที่	1.การศึกษาเวลาและปริมาณน้ำหล่อเย็น สำหรับการใช้ให้เหมาะกับช่วงเวลา

ตารางที่ 3-5 สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนการละลายปลา (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไข
5.ถังละลายปลารั่ว	1.การลดเวลาการรอเข้าห้องแช่แข็งให้น้อยลง
6.การเติมน้ำมากเกินความต้องการของระบบ	1.การติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว (Queensland Water, 2009)และสัญญาณเตือน สำหรับการจับเวลาการละลายปลา และเพื่อควบคุมปริมาณน้ำในระบบ
7.ขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ	1.การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้วได้ 100%

(1) ปัญหาพนักงานไม่ปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด แก้ไขโดยทำการติดตั้งโซลินอยล์วาล์วและสัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009) เพื่อเป็นอุปกรณ์ควบคุมปริมาณน้ำและควบคุมเวลาการเปิด-ปิดน้ำให้ได้ตามเวลาที่กำหนด ลดปัญหาการหลงลืมจากการไม่มีสัญญาณเตือน พร้อมทั้งการจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ

(2) ปัญหาขาดการศึกษาวิธีการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้อย่างต่อเนื่อง แก้ไขโดยจัดทำขอบกั้นเพื่อป้องกันน้ำทำความสะอาดไหลลงไปปนเปื้อน หรือทำฝาครอบคูรับน้ำหล่อเย็นป้องกันการปนเปื้อน ระหว่างน้ำทำความพื้นและน้ำหล่อเย็นเนื่องจากขอบของคูรองรับน้ำหล่อเย็นอยู่ระดับเดียวกับพื้นจึงมีความเสี่ยงของการปนเปื้อน จากผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำหล่อเย็นเบื้องต้นพบว่ามีค่า BOD ต่ำเพียง 0.78 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่า O&G เพียง 1.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และลักษณะทางกายภาพของน้ำค่อนข้างใส ซึ่งถือว่ายังมีคุณภาพดีและสอดคล้องกับข้อแนะนำ การจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2552) ในการนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ในกระบวนการละลายปลา

(3) ปัญหาปลาขนาดจัมโบ้มีการเปลี่ยนน้ำบ่อย แก้ไขโดยติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ด้วยการให้ความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลาที่มีอุณหภูมิลดต่ำลงมาก บางครั้งลดต่ำถึง 12 องศาเซลเซียส ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนอย่างมากและอาจกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการละลายปลา

(4) ปัญหาอุปกรณ์จ่ายน้ำหล่อเย็นใช้งานได้ไม่เต็มที่ เนื่องจากเป็นปัญหาที่มีสาเหตุใหญ่มาจากการคาดการณ์ถึงปริมาณน้ำหล่อเย็น โดยขาดการตรวจสอบเพื่อระบุถึงปริมาณน้ำที่มีอยู่จริง จึงแก้ไขด้วยการศึกษาเวลาและปริมาณน้ำหล่อเย็น สำหรับการใช้ให้เหมาะกับช่วงเวลาที่

เหมาะสม เนื่องจากน้ำหล่อเย็นเกิดจากน้ำที่ใช้ลดอุณหภูมิหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและลดแรงดันกระป๋อง ซึ่งเป็นกระบวนการในลำดับท้ายของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง จึงเริ่มมีน้ำหล่อเย็นในช่วงตั้งแต่เวลา 12.00 น.เป็นต้นไป ดังนั้นจึงไม่สามารถนำน้ำหล่อเย็นมาใช้ได้ในช่วงก่อนหน้านี้ได้

(5) ปัญหาถังละลายปลารั่ว แก้ไขโดยลดเวลาการรอเข้าห้องแช่แข็งให้น้อยลง เนื่องจากการรอการแช่แข็งปลาทำให้น้ำแข็งน้ำตัวปลาละลายออกมา เมื่อนำไปแช่แข็งทำให้ปลาจับตัวเป็นก้อนแข็งอยู่ในถัง เมื่อทำการละลายปลาดังกล่าวจำเป็นจะต้องใช้รถยกกระแทกถังกับพื้นเพื่อแยกปลาออกจากกัน เพื่อไม่ให้ส่งผลต่อเวลาการละลาย หากปลาจับตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาในการละลายเพิ่มขึ้น

(6) ปัญหาการเติมน้ำมากเกินความต้องการของระบบ แก้ไขโดยติดตั้งสัญญาณเตือน สำหรับการจับเวลาการละลายปลา และการติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว (Queensland Water, 2009) เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในระบบ เพื่อเป็นมาตรฐานการดำเนินงาน

(7) ปัญหาขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ แก้ไขโดยศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้ว เนื่องจากน้ำที่ใช้ละลายปลามีปริมาณมาก หากสามารถนำน้ำดังกล่าวกลับมาใช้ได้จะเกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดต่อกระบวนการละลายปลา เนื่องจากยังไม่เคยมีการศึกษาในส่วนนี้รวมถึงไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ และความไม่เหมาะสมทั้งเรื่องอุณหภูมิน้ำละลายปลาที่ใช้แล้ว รวมถึงบ่อหมุนเวียนมีขนาดเล็กเกินไปหากจะเก็บน้ำไว้สำหรับการใช้ครั้งต่อไป

3.2.2.4 แนวทางลดการใช้น้ำ

จากแนวทางบางแนวทางสามารถแก้ปัญหาได้หลายประเด็นปัญหา จึงเหลือเพียง 7 แนวทางสำหรับการแก้ปัญหาจากนั้นจึงทำการจัดแบ่งแนวทางออกเป็น 3 ระดับ คือ แนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถแยกออกได้เป็นแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ทันที โดยทั่วไปเป็นแนวทางที่นำการจัดการเข้ามาแก้ปัญหา มีต้นทุนต่ำหรือไม่มีการลงทุน จึงสามารถปฏิบัติได้โดยทันที และแนวทางเลือกที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เป็นแนวทางที่ยังขาดข้อมูลสำหรับการปรับปรุงและมีต้นทุนสูง จึงจำเป็นต้องหาข้อมูลพร้อมทั้งทำการศึกษาโดยละเอียด และคัดแนวทางเลือกที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากไม่เหมาะสมหรือเป็นแนวทางที่ไม่ได้การสนับสนุนจากทางโรงงาน ด้วยการระดมสมองกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ผลการคัดเลือก (ตารางที่ 3-6) ดังนี้

ตารางที่ 3-6 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ของกระบวนการละลายปลา

ทางเลือก	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1.การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ	✓			
2.การติดตั้งโซลินอยล์วาล์วและสัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009)เพื่อควบคุมปริมาณน้ำในระบบสำหรับการจับเวลาการละลายปลา	✓			
3.การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา		✓		
4.การศึกษาเวลาและปริมาณน้ำหล่อเย็น สำหรับการใช้ให้เหมาะกับช่วงเวลาที่เหมาะสม		✓		ทางโรงงานได้ศึกษาแก้ปัญหาแล้ว
5.การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้วได้ 100%		✓		
6.การจัดทำขอบกั้นเพื่อป้องกันน้ำทำความสะอาดไหลลงไปปนเปื้อน หรือทำฝาครอบคูรับน้ำหล่อเย็นป้องกันการปนเปื้อน			✓	นอกเหนือพื้นที่ที่ดูแล
7.การลดเวลาการรอเข้าห้องแช่แข็งให้น้อยลง			✓	นอกเหนือพื้นที่ที่ดูแล

(1) แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ประกอบด้วย 2 แนวทาง ได้แก่

- การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ เนื่องจากทางโรงงานมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายสำหรับการเพิ่มกิจกรรมการประหยัดน้ำ ซึ่งแนวทางดังกล่าวเป็นการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการจัดการเข้ามาช่วย โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อย
- การติดตั้งโซลินอยล์วาล์วพร้อมกับติดตั้งสัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009) เนื่องจากระบบวาล์วน้ำที่ใช้ในกระบวนการละลายปลาเป็นวาล์วน้ำที่ใช้คนควบคุมการเปิด-ปิดไม่เหมาะกับการติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว ซึ่งต้องใช้กับวาล์วปิดเปิดอัตโนมัติ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการติดตั้ง รวมถึงต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากเป็นการเปลี่ยนวัสดุอุปกรณ์ภายในกระบวนการผลิต

(2) แนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ประกอบด้วย 3 แนวทาง ได้แก่

- การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสูงรวมถึงการใช้ไอน้ำเพื่อให้ความร้อน ก่อให้เกิดต้นทุนระหว่างดำเนินการด้วย จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นไปได้สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์และต้นทุนค่าใช้จ่าย
- การศึกษาเวลาและปริมาณน้ำหล่อเย็นสำหรับการใช้ให้เหมาะกับช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาสำคัญและต้องแก้ปัญหาอย่างเร่งด่วน ดังนั้นทางโรงงานจึงได้ทำการแก้ปัญหานี้เรียบร้อยแล้ว
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้วได้ 100% เนื่องจากการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 100% นั้นจำเป็นจะต้องออกแบบปรับปรุงพื้นที่ให้เหมาะสม จึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ และต้นทุนที่สูงจากการติดตั้งอุปกรณ์และปรับปรุงพื้นที่

(3) แนวทางที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากแนวทางดังกล่าวอยู่นอกเหนือการจัดการดูแลของกระบวนการละลายปลา จึงไม่สามารถนำแนวทางดังกล่าวมาใช้เพื่อแก้ปัญหาได้โดยตรง ประกอบด้วย 2 แนวทาง ได้แก่

- การจัดทำขอบกั้นเพื่อป้องกันน้ำทำความสะอาดไหลลงไปปนเปื้อน หรือทำฝาครอบคูรับน้ำหล่อเย็นป้องกันการปนเปื้อน
- การลดเวลาการรอเข้าห้องแช่แข็งให้น้อยลง เนื่องจากแนวทางดังกล่าวไม่ได้รับการสนับสนุนจากทางโรงงาน

3.2.2.5 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก

จากการคัดเลือกแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ 5 แนวทาง แต่เนื่องจากมีบางแนวทางได้แก้ไขปัญหาได้แล้ว ดังแนวการศึกษาเวลาและปริมาณน้ำหล่อเย็นสำหรับการใช้ให้เหมาะกับช่วงเวลาที่เหมาะสม ทำให้แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้จึงเหลือ 4 แนวทาง จากนั้นนำแนวทางดังกล่าวทำการศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือกจากการประเมินด้วยการให้คะแนน 3 ด้านหลักๆ คือ

(1) การให้คะแนนด้านเทคนิค จากความเหมาะสมของคุณภาพของผลิตภัณฑ์และผังโรงงาน ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ ของเสีย หรือมีผลต่อการเปลี่ยนชนิดของเสียที่เกิดขึ้น ตลอดจนมีการส่งเสริมการนำกลับมาใช้ซ้ำเพื่อลดของเสีย ผลกระทบต่อพนักงานทั้งความต้องการ ความสามารถในการทำงาน หรือต้องมีการจัดกิจกรรมเพิ่มเติม รวมไปถึงอุปกรณ์ ที่จำเป็นจะต้องหาได้ง่าย ใช้สะดวกหรือสามารถรับประกันคุณภาพได้

(2) การให้คะแนนด้านเศรษฐศาสตร์ มาจากการช่วยลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบสาธารณูปโภค การจัดเก็บวัสดุและของเสีย ค่าปรับทางกฎหมาย ลดต้นทุนด้านความปลอดภัย ค่าประกัน การกำจัดของเสีย รวมถึงระยะเวลาคือทุน ความเหมาะสมในการลงทุน

(3) ด้านสิ่งแวดล้อม จากการลดความเป็นพิษและปริมาณมลพิษ ทั้งในรูปของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ลดการใช้วัตถุดิบ ลดการใช้พลังงาน เพิ่มโอกาสในการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำ และคำนึงถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จากนั้นจึงทำการรวมคะแนนจากผลรวมของทั้ง 3 ด้าน โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 3 ระดับคะแนน คือ 3 คะแนนเป็นระดับสูง 2 คะแนนเป็นระดับกลาง และ1 คะแนนเป็นระดับต่ำ แล้วทำการพิจารณาคะแนนรวมเพื่อเลือกแนวทางปฏิบัติได้โดยยึดความเหมาะสมจากทั้ง 3 ด้าน ด้วยความเหมาะสมด้านเทคนิค ด้านคุ้มทุนและสิ่งแวดล้อม แล้วตัดแนวทางที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ ดังตารางที่ 3-7

เมื่อสรุปผลคะแนนความเป็นไปได้ของแต่ละข้อเสนอ พบว่า การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ มีคะแนนรวมเท่ากับ 7 และการติดตั้งโซลินอยล์วาล์วและสัญญาณเตือน (Queensland Water, 2009) น่าจะมีความเป็นไปได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นการปฏิบัติที่สามารถทำได้ทันที โดยอาศัยหลักการจัดการเข้ามาช่วยแก้ปัญหา ซึ่งการจัดกิจกรรมของทางโรงงานมีการทำอยู่แล้ว จึงเพิ่มเติมบางกิจกรรมเพื่อช่วยส่งเสริมการตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำแก่พนักงานให้มีมากขึ้น ส่วนการจัดทำตัวควบคุมปริมาณการเติมน้ำละลายปลา ไม่มีมาตรฐานที่ชัดเจนในการดำเนินงาน ใช้การคาดคะเนของพนักงานเท่านั้น จึงควรเน้นการปรับปรุงงานให้เป็นมาตรฐานมากขึ้น ซึ่งสามารถปฏิบัติได้โดยง่าย

ตารางที่ 3-7 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก ของกระบวนการละลายปลา

ทางเลือก	ปฏิบัติได้	คะแนนความเป็นไปได้			คะแนนรวม	ปฏิบัติได้/ไม่ได้
		ด้านเทคนิค	ด้านความคุ้มทุน	ด้านสิ่งแวดล้อม		
1.การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ	ทันที	3	2	2	7	ปฏิบัติได้
2. การติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว และสัญญาณเตือน	ทันที	3	2	2	7	ปฏิบัติได้
3.การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำละลายปลา	ศึกษาเพิ่มเติม	3	2	1	6	ปฏิบัติได้
4.การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้	ศึกษาเพิ่มเติม	2	2	2	6	ปฏิบัติได้

หมายเหตุ คะแนนการประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค ทางเศรษฐศาสตร์ และ ทางสิ่งแวดล้อม แสดงไว้ในภาคผนวก โดยมีระดับคะแนนดังนี้

3 (สูง) 2 (ปานกลาง) 1 (ต่ำ)

นอกจากนี้ในส่วนของการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา และการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้แล้วได้ 100% มีคะแนนรวมเท่ากับ 6 ซึ่งเป็นแนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาในลำดับต่อไป แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน และการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำนั้น ซึ่งต้องศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียด เนื่องจากอาจต้องมีการปรับเปลี่ยนพื้นที่และเพิ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำน้ำที่ใช้ละลายปลาแล้วกลับมาใช้ซ้ำ จึงต้องศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิค และความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากต้นทุนการลงทุนสูง และต้องเพิ่มต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพิ่มเติม

จากการใช้ไอน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อน หากแต่แนวทางดังกล่าวมีความเป็นไปได้ ก็จะช่วยลดปริมาณการใช้น้ำได้ในปริมาณมาก ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาโดยละเอียด หากมีความเหมาะสมจะได้เป็นแนวทางที่ควรนำไปปฏิบัติต่อไป

3.2.2.6 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางที่ปฏิบัติได้ทันที

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อหาแนวทางสำหรับลดปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง จากการสูญเสียน้ำในกระบวนการโดยมีสาเหตุ ได้แก่ วิธีการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม เช่น เทคนิคการละลายปลาที่ไม่มีประสิทธิภาพ วิธีการล้างทำความสะอาดที่ไม่มีประสิทธิภาพ การขาดอุปกรณ์ควบคุมการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพ เป็นต้น ซึ่งการลดปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดต่อการดำเนินงาน รวมถึงค่าบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงเสนอแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ในทันที เนื่องจากไม่มีต้นทุนหรือต้นทุนสำหรับการปรับปรุงต่ำ และง่ายต่อการปฏิบัติ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ ได้แก่

(1) การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ

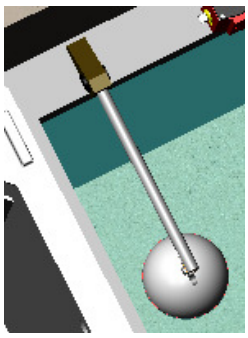
เนื่องจากพฤติกรรมในการดำเนินงานของพนักงานเป็นกลไกสำคัญ ที่จะช่วยทำให้เกิดการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการจัดอบรมเพื่อให้พนักงานมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ อาศัยการรณรงค์ เช่น ติดป้ายทำประกาศถึงปริมาณที่สามารถลดได้ รวมถึงการจัดให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการเสนอแนวทาง ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นเพียงหัวหน้างานที่เสนอแนวทาง ควรปรับเปลี่ยนเป็นการเปิดโอกาสให้กับพนักงานทุกคน อาจจัดกิจกรรมการให้รางวัลสำหรับพนักงานที่เสนอแนวทาง (กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน, 2546) และจัดกิจกรรมแข่งขันในการลดปริมาณการใช้น้ำทุกเดือนของทุกกระบวนการผลิต โดยอาจจะให้รางวัลสำหรับกระบวนการที่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้มากที่สุด และประกาศรายชื่อและกระบวนการผ่านทางวิทยุกระจายเสียงของโรงงานในเวลาพักเที่ยง สำหรับแนวทางที่น่าสนใจหรือปฏิบัติได้อย่างดี

ซึ่งแนวทางดังกล่าวเป็นการสร้างเสริมความเข้าใจให้กับพนักงาน เพื่อชี้ให้เห็นถึงประโยชน์ที่พนักงานและโรงงานจะได้รับ และทุกคนจะได้เป็นส่วนหนึ่งในความสำเร็จของการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.5% ของการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องทั้งหมด ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 108,431.87 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 29,400 และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน (ภาคผนวก จ-1.1)

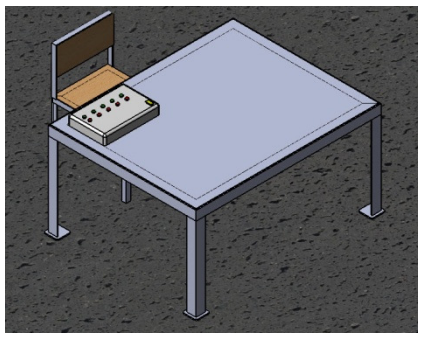
(2) การศึกษาแนวทางการติดตั้งสัญญาณเตือน

จากปัจจุบันการปิดน้ำ อาศัยการคาดคะเนของพนักงานที่ทำการเปิดน้ำเพื่อทำการละลายปลา ซึ่งการคาดคะเนในแต่ละครั้งของพนักงานแต่ละคน อาจจะแตกต่างกัน เมื่อเติมน้ำละลายปลาแล้วปิดน้ำตามเวลาที่กำหนด อาจส่งผลให้ปริมาณน้ำใช้สำหรับการละลายปลาเกินความต้องการของระบบ จึงควรมีมาตรการควบคุมระดับการเปิด ปิด ด้วยการใช้การติดตั้งสัญญาณเตือนเพื่อเป็นมาตรฐานการดำเนินงาน โดยใช้แหวนรองน็อตเชื่อมกับลวดเชื่อมเพื่อเป็นตัวล็อคการเปิดวาล์วน้ำ ดังภาพประกอบที่ 3-9 จากระบบวาล์วน้ำที่ใช้ในกระบวนการละลายปลาเป็นวาล์วน้ำที่ใช้คนควบคุมการปิดเปิด เพื่อควบคุมระดับการเติมน้ำเพื่อทำการละลายปลาไม่ให้เกินความต้องการ จึงเสนอแนวทางการติดตั้งโซลินอยล์วาล์ว พร้อมทั้งส่งสัญญาณเตือน แต่เนื่องจากโซลินอยล์วาล์วเป็นวาล์วทำงานด้วยไฟฟ้า มีหลักการทำงาน คือเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเข้าขดลวด (Coil) จะทำให้ Plunger เกิดการเคลื่อนที่ลงทำให้วาล์วปิด (Valve-OFF) จนกว่าไม่มีแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดก็จะทำให้วาล์วเปิด (Valve–ON) เพื่อติดตั้งบริเวณท่อน้ำประปา เป็นการควบคุมการเติมน้ำให้เต็มระบบ ซึ่งเมื่อศึกษาเพิ่มเติมพบว่าไม่สามารถติดตั้งโซลินอยล์วาล์วได้ เนื่องจากโซลินอยล์วาล์วมีขนาดใหญ่สุดประมาณ 3 นิ้ว ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าท่อน้ำประปาที่มีขนาด 4 นิ้ว จึงไม่สามารถติดตั้งได้ จึงทำการศึกษาถึงส่วนของการส่งสัญญาณเมื่อเติมน้ำเต็มระบบ โดยติดตั้งลูกลอยเพื่อวัดระดับน้ำที่เต็มระบบ แล้วส่งสัญญาณเพื่อแสดงสัญญาณเตือนที่โต๊ะทำงานของพนักงาน เพื่อให้พนักงานทำการปิดน้ำ และทำการเปิดปั๊มน้ำหมุนเวียน เพื่อทำการละลายปลาต่อไปจนได้อุณหภูมิที่ต้องการ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.54 % ของการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 20,862 บาท/ปี มีต้นทุนค่าใช้จ่าย 12,000 บาท/ปีระยะเวลาคืนทุน 6 เดือน(ภาคผนวก จ-1.2)

สำหรับแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ในทันทีที่นำเสนอไปนั้น อาจจะช่วยผลักดันและปรับปรุงมาตรฐานการดำเนินงานใหม่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการปฏิบัติงานและประหยัดทรัพยากรน้ำอีกด้วย ส่วนแนวทางเลือกที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมนั้น จะขอนำเสนอในบทที่ 4



(a)



(b)

ภาพประกอบที่ 3-9 แนวทางการการติดตั้งสัญญาณเตือน
(a) ลูกลอยส่งสัญญาณเตือนเมื่อน้ำเติมเต็มระบบแล้ว
(b) สัญญาณเตือนแสดงบนโต๊ะทำงาน

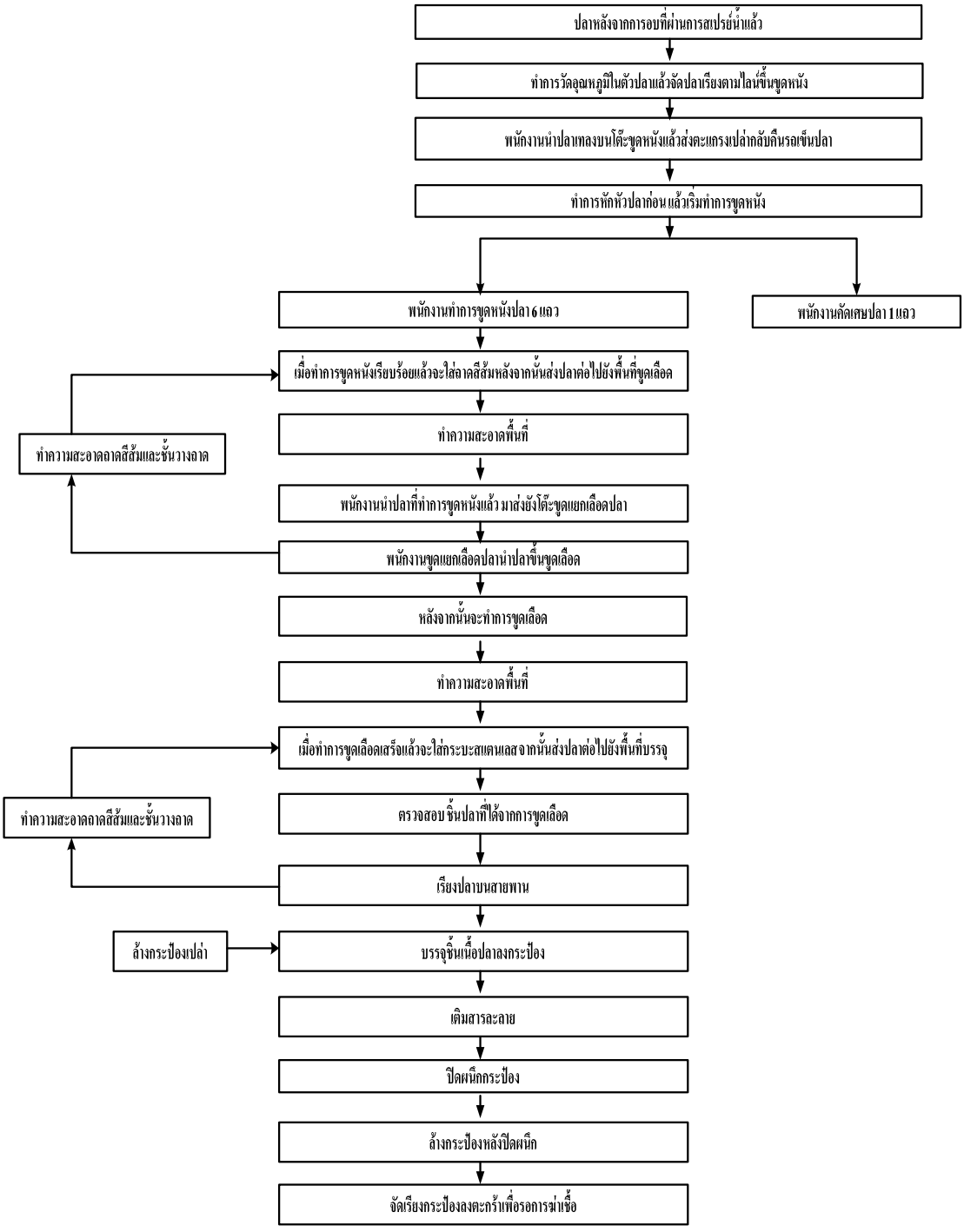
3.2.3 การศึกษาและลดการใช้น้ำในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

3.2.3.1 กระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

กระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋องเป็นกระบวนการผลิตปลาทูน่าที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบที่พร้อมสำหรับการแปรรูป โดยการกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออกและทำความสะอาดตัวปลา เช่น หนัง เกล็ด ครีบ ลิ่มเลือด เพื่อนำเนื้อขาวเตรียมบรรจุกระป๋องตามความต้องการของลูกค้า (ภาพประกอบที่ 3-10) ซึ่งเริ่มกระบวนการจากการนำปลาทูน่าหลังการอบที่ผ่านการสเปรย์น้ำแล้ว โดยมี BBT ของปลาประมาณ 40°C – 50 °C จากนั้นพนักงานทำการตรวจวัด BBT ของปลา ที่ควบคุมไว้ แล้วจัดเรียงปลาตามสายการผลิตการขูดหนัง ต่อด้วยการนำปลาดังกล่าวเทลงบนโต๊ะขูดหนัง แล้วส่งตะแกรงเปล่าคืนรถเข็นปลา

การขูดหนังปลาทำการขูดหนังปลาทั้งหมด 7 แถว โดยแยกเป็นการขูดหนัง 6 แถว และคัดเศษ 1 แถว ซึ่งการขูดหนังเป็นการกำจัดส่วนที่ไม่ต้องการออก และลดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นจากไขมันที่หนังปลา และเตรียมปลาก่อนการขูดเลือด เริ่มจากพนักงานเทปลาที่จะทำการขูดหนังเองแล้วทำการหักหัวปลาแล้วทำการแยกกระดูกบริเวณแก้มและหัวออกจากกัน จากนั้นทำการขูดหนังปลา โดยขูดหนังบริเวณส่วนท้องก่อน จากนั้นไล่ขูดหนังตามตัวปลาจากแนวกล้ามเนื้อปลาและขูดหนังบริเวณส่วนหางปลาจนหมดทั้งตัวปลา เมื่อทำการขูดเรียบร้อยแล้ว นำปลาใส่ถาดพลาสติกสีส้มจากนั้นจึงส่งต่อไปยังส่วนขูดเลือดปลา โดยปลาแต่ละชนิดจะมีการจัดเรียงแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดและขนาดของปลา หลังจากนั้นทำความสะอาดพื้นที่ทุกๆ 4 ชั่วโมง ส่วนการคัดเศษเป็นการคัดแยกปลา ทั้งเศษแก้มปลา หัว หนัง เพื่อส่งต่อยังห้องคัดเศษ โดยมีคนจัดปลาใส่ถาด

พลาสติกให้ แล้วทำการส่งต่อมาตามสายพาน แล้วทำการคัดเศษเริ่มจากทำการคัดแยกส่วนของกล้ามเนื้อบริเวณแก้มแยกออกมาจาส่วนหนัง จากนั้นจึงนำไปทำความสะอาดยังบริเวณล้างถาด เมื่อล้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการคัดแยกเศษอีกรอบ โดยทำการแยกหนัง ก้างและเนื้อสีคล้ำออก แล้วทำการส่งเนื้อขาวของปลาที่ทำการคัดแยกเสร็จไปยังห้องคัดเศษต่อไป



ภาพประกอบที่ 3-10 ผังกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

ปลาที่ทำการขูดหนังเรียบร้อยแล้วส่งมายังฝ่ายขูดแยกเลือดปลา เพื่อแยกลิ่มเลือด เนื้อดำ เนื้อเหลือง ออกจากส่วนของเนื้อขาว และเพื่อคัดคุณภาพเนื้อปลาก่อนเข้าบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นการเตรียมเนื้อปลาให้เหมาะกับความต้องการของลูกค้า เริ่มทำการขูดเลือดปลา โดยทำการขูดแยกส่วนที่เป็นเลือดปลาออกจากเนื้อปลาและแยกส่วนอื่นๆ ที่ไม่ต้องการ ด้วยการทำความสะอาดตัวปลาอีกรอบ แล้วทำการแกะปลาออกเป็น 4 ส่วน โดยทำการเลาะปลาออกเป็น 2 ชิ้น ซ้ายและขวา แล้วแยกเป็นชิ้นบนและชิ้นล่าง จากนั้นแยกก้างปลาออกให้หมด แล้วจึงทำการกรีดร่องเลือด แยกเลือดไว้ในถาดแล้วจึงทำการขูดร่องเลือดไม่ให้ติดเนื้อขาวออกมา และเมื่อทำการขูดเลือดเสร็จนำปลาใส่กระบะสแตนเลส แล้วจึงทำการส่งปลาเพื่อทำการบรรจุต่อไป หลังจากนั้นทำความสะอาดทุก ๆ 4 ชั่วโมง

จากนั้นถึงขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง ซึ่งเป็นการเตรียมผลิตภัณฑ์เพื่อการฆ่าเชื้อและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เริ่มจากนำกระป๋องเปล่าขนาดที่ต้องการเรียงกระป๋องบนสายพานแล้วทำการล้างเพื่อทำความสะอาดโดยการฉีดล้างด้วยน้ำผ่านหัวสเปรย์ แล้วปล่อยกระป๋องที่ผ่านการทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วลงมาตามสายพาน เพื่อทำการบรรจุกระป๋องของเนื้อปลาพร้อมกับนำชิ้นปลาที่ได้จากการขูดเลือดเรียงตามสายพาน จากนั้นบรรจุชิ้นเนื้อปลาลงกระป๋องโดยผ่านเครื่องสับปลาลงกระป๋อง จากการเรียงปลาทูน่ากระป๋องชิ้นใหญ่เข้าไปยังเครื่องตัดเป็นชิ้นๆ และใช้แรงดันไอน้ำเข้าช่วยในการบรรจุเนื้อปลาที่ตัดแล้ว จากนั้นทำการเติมสารละลาย แล้วทำการปิดผนึกกระป๋องโดยเครื่องปิดฝาอัตโนมัติ ป้องกันไม่ให้อากาศเข้าไปภายในกระป๋องด้วยการใช้ไอน้ำไล่อากาศ ต่อด้วยการล้างกระป๋องหลังการปิดผนึกเพื่อทำความสะอาดคราบและสิ่งสกปรกที่ติดกระป๋องหลังการเติมสารละลาย และป้องกันการติดกันของกระป๋องระหว่างการเตรียมการฆ่าเชื้อ โดยกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วจะลำเลียงไปตามสายพานเข้าสู่เครื่องล้างกระป๋อง แล้วใช้น้ำที่ผสมน้ำยาทำความสะอาดสำหรับผลิตภัณฑ์ในการล้าง หากกระป๋องที่มีการเติมสารละลายที่ผสมน้ำมันจะต้องใช้ไอน้ำในการล้างด้วย เมื่อล้างเสร็จนำกระป๋องดังกล่าววางเรียงในตะกร้าหรือตะแกรงก่อนนำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

3.2.3.2 การหาสาเหตุเบื้องต้นโดยใช้แผนผังก้างปลา

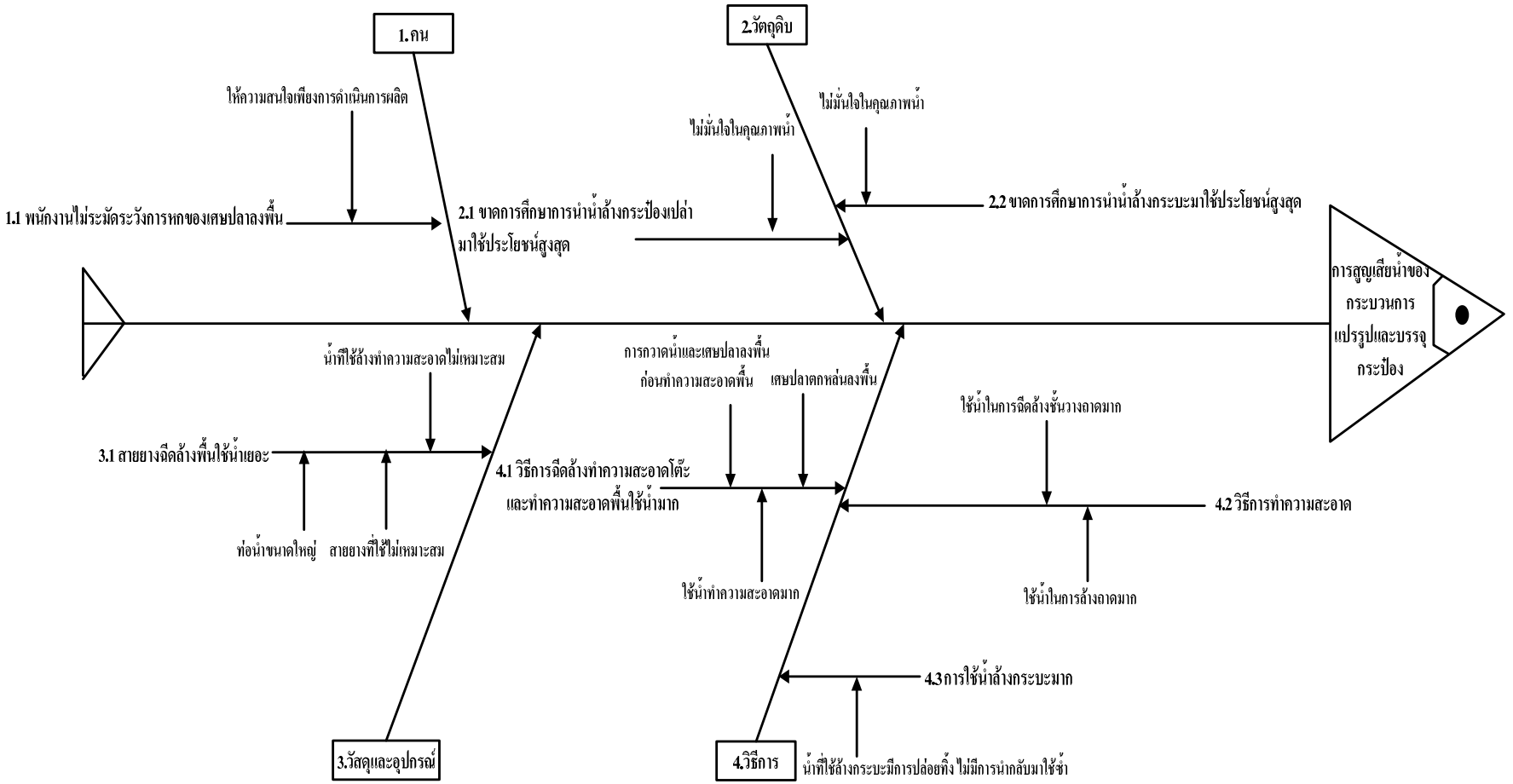
จากการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง แล้วทำการหาสาเหตุเบื้องต้นด้วยแผนภาพก้างปลา เพื่อค้นหาสาเหตุในเชิงโครงสร้าง พบว่า ปัญหาการสูญเสียน้ำในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง เกิดจาก 4 ประเด็นหลักๆ (ภาพประกอบที่ 3-11) นั่นคือ

(1) ปัญหาจากคน เนื่องจากกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง ใช้คนในการควบคุมการปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว จึงมีความเป็นไปได้ของการเกิดความผิดพลาดระหว่างการปฏิบัติงาน โดยปัญหาที่พบคือ สาเหตุหลักเกิดจากพนักงานไม่ระมัดระวังการตกหล่นของเศษปลาลงพื้น เกิดสาเหตุรองคือพนักงานให้ความสนใจเพียงการดำเนินการผลิตจึงละเลยในจุดนี้ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการฉีดน้ำล้างทำความสะอาด ซึ้งต้องใช้น้ำในปริมาณมาก โดยเป็นผลจากการขาดความตระหนักการใช้น้ำทำความสะอาดพื้นและการให้ความสนใจของพนักงานในการเพิ่มปริมาณการผลิตเพียงอย่างเดียว

(2) ปัญหาจากวัตถุดิบ เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง เป็นน้ำประปาเพียงอย่างเดียว โดยส่วนใหญ่นำมาใช้ทำความสะอาดพื้นและอุปกรณ์ ซึ่งน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นและน้ำครั้งแรกที่ใช้ในการทำความสะอาดไม่จำเป็นต้องใช้น้ำใหม่ ดังนั้นการใช้น้ำในบางจุดจึงยังไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

- การขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระป๋องเปล่ามาใช้ประโยชน์สูงสุด เนื่องจากน้ำล้างกระป๋องเปล่า ใช้เพียงเพื่อทำความสะอาดกระป๋องก่อนการบรรจุ ซึ่งคุณภาพน้ำในส่วนนี้น่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในส่วนอื่นได้ ซึ่งสาเหตุเบื้องต้นมาจาก ความไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ เนื่องจากขาดการศึกษาคุณสมบัติของน้ำล้างกระป๋องเปล่าเพื่อหาแนวทางกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่
- การขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระบะมาใช้ประโยชน์สูงสุด เนื่องจากการล้างกระบะนั้น โดยมากเป็นการขจัดคราบมันของกระบะที่บรรจุชิ้นเนื้อปลา ซึ่งกระบะปราศจากคราบสกปรก ดังนั้นน้ำที่ใช้ล้างกระบะจึงน่าจะมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ในส่วนอื่นได้ ซึ่งสาเหตุเบื้องต้นมาจาก ความไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ เนื่องจากขาดการศึกษาคุณสมบัติของน้ำล้างกระบะหาแนวทางกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

(3) ปัญหาจากวัสดุและอุปกรณ์ จากกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง มีการใช้อุปกรณ์แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ อุปกรณ์ล้างเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ เช่นเครื่องล้างกระบะ อุปกรณ์ล้างถาด ล้างกระป๋องเปล่าและล้างกระป๋องหลังปิดผนึก และอุปกรณ์ทำความสะอาดพื้น เช่นสายยาง แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่มีสาเหตุหลักจาก สายยางที่ฉีดล้างพื้นใช้น้ำมาก เกิดจากท่อน้ำมีขนาดใหญ่และสายยางที่ใช้ไม่เหมาะสมกับงาน จึงทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมาก และน้ำที่ใช้ล้างนั้นไม่เหมาะสมกับการล้างทำความสะอาดคราบมันจากเศษชิ้นเนื้อปลา จึงก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำในการฉีดล้างมาก



ภาพประกอบที่ 3-11 แผนภาพก้างปลาของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

(4) ปัญหาจากวิธีการ เนื่องจากการใช้น้ำแบ่งออกเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือการใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดพื้นที่และการใช้น้ำทำความสะอาดอุปกรณ์ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 3 ประการ คือ

- วิธีการฉีดล้างทำความสะอาดโต๊ะและทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมากเป็นสาเหตุหลัก เกิดจากการกวาดเศษปลาลงพื้นก่อน ฉีดล้างทำความสะอาดด้วยน้ำ ซึ่งเศษปลายิ่งมากคราบมันก่อเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เศษปลาตกหล่นลงพื้นระหว่างปฏิบัติงานและเป็นผลจากการใช้น้ำทำความสะอาดมากเป็นผลโดยตรงจากการใช้ขันตักน้ำล้างทำความสะอาด
- วิธีการฉีดล้างทำความสะอาดถาดและชั้นวางถาดเป็นสาเหตุหลัก เกิดจากการใช้สายยางฉีดล้างทำความสะอาด เนื่องจากสายยางดังกล่าวมีขนาดใหญ่ แรงดันน้ำต่ำ เมื่อฉีดล้างทำความสะอาดที่มีคราบมันสูง จึงต้องใช้น้ำปริมาณมาก ส่วนการล้างทำความสะอาดถาดเป็นอีกสาเหตุของการใช้น้ำทำความสะอาดมาก เนื่องจากการล้างถาดเป็นการล้าง 3 ขั้นตอน ซึ่งสามารถนำน้ำจากกระบวนการอื่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมมาใช้เป็นน้ำแรกได้ แต่ยังขาดการศึกษาและเมื่อใช้น้ำใหม่ทั้งหมดทำความสะอาดถาดที่มีคราบสกปรกและคราบมันมากด้วย น้ำประปาและน้ำที่ผสมคลอรีน ยังทำความสะอาดคราบมันได้น้อยจึงต้องใช้น้ำในปริมาณมาก
- การใช้น้ำล้างกระบะมากเป็นสาเหตุหลัก เกิดจากการไม่ใช้น้ำล้างกระบะให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากน้ำที่ใช้ล้างกระบะนั้นจะทำการปล่อยทิ้ง ไม่มีการนำน้ำกลับมาใช้ในส่วนที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำ เป็นผลจากความไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ

การพิสูจน์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาเพื่อค้นหาสาเหตุในภาพกว้าง ทำให้พบสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องมากมาย แต่ยังไม่ใช่สาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหา ดังนั้นจึงทำการศึกษาผ่านตารางทำไม-ทำไม เพื่อหาสาเหตุที่เจาะลึกที่เกิดจากกลไกการทำงานที่แผนภาพก้างปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3.2.3.3 การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าโดยใช้ตาราง ทำไม-ทำไม

จากการศึกษาผ่านตาราง ทำไม-ทำไมดังรายละเอียด (ภาคผนวก ง-1) สามารถสรุปประเด็นสาเหตุรากเหง้าของกระบวนการละลายปลาจาก 4 ประเด็นหลักๆได้ดังนี้

(1) สาเหตุจากคน การขาดความตระหนักเกี่ยวกับการใช้น้ำ ส่งผลให้พนักงานไม่ระมัดระวังการหกของเศษปลาลงพื้น ทำให้ต้องใช้น้ำในการทำความสะอาดมาก

(2) สาเหตุจากวัตถุดิบ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 2 ประการ คือ

➢ การขาดการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำในกระบวนการที่มีการปนเปื้อนน้อยกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากการขาดการศึกษาคุณสมบัติน้ำ น้ำล้างกระป๋องเปล่ากลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้การใช้น้ำไม่เกิดประโยชน์สูงสุด

➢ การขาดการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำในกระบวนการที่มีการปนเปื้อนน้อยกลับมาใช้ใหม่ เนื่องจากการขาดการศึกษาคุณสมบัติน้ำล้างกระบะกลับมาใช้ประโยชน์อีกครั้งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ส่งผลให้การใช้น้ำไม่เกิดประโยชน์สูงสุด

(3) สาเหตุจากวัสดุและอุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ที่ไม่เหมาะกับงานการขาดการศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะสมสำหรับการฉีดล้างชั้นวางถาด และถาดพลาสติกที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะกับการใช้งาน รวมถึงขาดการศึกษาวิธีการล้างภาชนะและอุปกรณ์ที่มีคราบมันสูง ส่งผลโดยตรงต่อการใช้น้ำมากในการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์

(4) สาเหตุจากวิธีการ ซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 3 ประการ คือ

➢ การใช้อุปกรณ์ที่ไม่เหมาะกับวิธีการดำเนินงาน เช่นการใช้ขันตักน้ำล้างและใช้น้ำประปาในการทำความสะอาดคราบมัน รวมถึงการขาดการออกแบบการป้องกันเศษปลาตกลงพื้น ส่งผลโดยตรงต่อการใช้น้ำทำความสะอาดโต๊ะและพื้น

➢ การใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดพื้นมีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เช่น ท่อน้ำขนาดใหญ่ ไม่มีหัวฉีดแรงดันสูง ส่งผลโดยตรงต่อการใช้น้ำในปริมาณมากในการล้างทำความสะอาด

➢ การขาดการศึกษาอย่างต่อเนื่องเกี่ยวกับคุณสมบัติน้ำเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำหรือนำมาใช้ในกระบวนการอื่น ส่งผลให้การล้างกระบะใช้น้ำมาก

จากการศึกษาสาเหตุรากเหง้าพร้อมทั้งสร้างแนวทางแก้ไขด้วยการวิเคราะห์ตารางทำไม-ทำไมเพื่อลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการละลายปลา โดยเสนอแนวทางจากปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัญหาได้ทั้งหมด 7 ประเด็นปัญหา และแนวทางแก้ไข 12 แนวทาง (ตารางที่ 3-8) นั่นคือ

(1) พนักงานไม่ระมัดระวังการหกของเศษปลาลงพื้น แก้ไขโดยจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ เพื่อให้เห็นความสำคัญของน้ำและส่งเสริมกิจกรรมให้พนักงานมีส่วนร่วมในการประหยัดน้ำ

(2) การขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระป๋องเปล่ามาใช้ประโยชน์สูงสุด แก้ไขโดยทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำ คุณภาพน้ำหลังผ่านการล้างกระป๋องเปล่า รวมถึงศึกษาปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด เพื่อหาแนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์หรือนำน้ำไปใช้เป็นน้ำเริ่มต้นของกระบวนการอื่น

ตารางที่ 3-8 สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

ประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไข
1.พนักงานไม่ระมัดระวังการหกของเศษปลาลงพื้น	1.จัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ เพื่อให้เห็นความสำคัญของน้ำ
2.ขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระป๋องเปล่ามาใช้ประโยชน์สูงสุด	1.การศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพ แนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์
3.ขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระบะมาใช้ประโยชน์สูงสุด	1.การศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพ แนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์
4.สายยางฉีดล้างพื้นใช้น้ำมาก	1.การศึกษาและออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น เช่น เพิ่มแนวขอบป้องกันเศษปลาตกหล่น
	2.สร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดเพิ่มแรงดันเพื่อนำมาใช้ในการฉีดล้างพื้นใช้น้ำ
5.วิธีการล้างทำความสะอาดโต๊ะและพื้นใช้น้ำมาก	1.การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ
6.การฉีดล้างทำความสะอาดใช้น้ำมาก	1.การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ
	2.เพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยาง
	3.ศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ
	4.การเปลี่ยนจากถาดพลาสติกเป็นแบบสเตนเลส เมื่อเกิดมีการชำรุด เนื่องจากง่ายต่อการล้างทำความสะอาดได้ (อ้างตาม Uttamangkabovorn et al., 2005)
	5.ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำจากกระบวนการอื่น เช่น น้ำล้างกระบะ หรือน้ำล้างกระป๋องหลังบรรจุ
7.การใช้น้ำล้างกระบะมาก	1.ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเพื่อล้างแบบสวนกระแส

(3) การขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระบะมาใช้ประโยชน์สูงสุด แก้ไขทำการศึกษาคุณสมบัติและคุณภาพน้ำ เพื่อหาแนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์ และความน่าจะเป็นในการนำน้ำไปใช้เป็นน้ำเริ่มต้นของกระบวนการอื่น หรือนำน้ำไปใช้ทำความสะอาดพื้น

(4) สายยางฉีดล้างพื้นใช้น้ำมาก แก้ไขด้วยการศึกษาและออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น เช่น เพิ่มแนวขอบป้องกันเศษปลาตกหล่น ติดตั้งตะแกรงดักเศษของแข็งหรือเศษปลาบนรางรับน้ำเสีย และมีการดักกวาดเศษปลาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดปริมาณน้ำในการทำความสะอาดพื้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) และการสร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดเพิ่มแรงดันเพื่อนำมาใช้ในการฉีดล้างพื้นใช้น้ำ

(5) วิธีการฉีดล้างทำความสะอาดโต๊ะและพื้นใช้น้ำมาก แก้ไขการศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้าง พร้อมศึกษาการใช้หัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำเพื่อเป็นการประหยัดน้ำ หรือทำการติดตั้งหัวสเปรย์พ่นฝอยในการฉีดล้างโต๊ะแทนการใช้สายยางหรือใช้ขันน้ำ

(6) การล้างทำความสะอาดใช้น้ำมาก แก้ไขโดยการศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ การเพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยาง ศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ การเปลี่ยนจากถาดพลาสติกมาเป็นแบบสเตนเลส เมื่อเกิดมีการชำรุด เนื่องจากง่ายต่อการล้างทำความสะอาดได้ (อ้างตาม Uttamangkabovorn et al., 2005) และศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำจากกระบวนการอื่น เช่น น้ำล้างกระบะ หรือน้ำล้างกระป๋องหลังบรรจุ

(7) การใช้น้ำล้างกระบะมาก แก้ไขโดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเพื่อล้างแบบสวนกระแส

3.2.3.4 แนวทางลดการใช้น้ำ

จากแนวทางบางแนวทางสามารถแก้ปัญหาได้หลายประเด็นปัญหา จึงเหลือเพียง 10 แนวทางสำหรับการแก้ปัญหาจากนั้นจึงทำการจัดแบ่งแนวทางออกเป็น 3 ระดับ คือ แนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถแยกออกได้เป็นแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ซึ่งโดยทั่วไปเป็นแนวทางที่นำการจัดการเข้ามาแก้ปัญหา มีต้นทุนต่ำหรือไม่มีการลงทุน จึงสามารถปฏิบัติได้โดยทันที และแนวทางเลือกที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เป็นแนวทางที่ยังขาดข้อมูลสำหรับการปรับปรุง และมีต้นทุนสูง จึงจำเป็นต้องหาข้อมูลพร้อมทั้งทำการศึกษาโดยละเอียด และคัดแนวทางเลือกที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากไม่เหมาะสมหรือเป็นแนวทางที่ไม่ได้

การสนับสนุนจากทางโรงงาน ด้วยการระดมสมองกับผู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ผลการคัดเลือก (ตารางที่ 3-9) ดังนี้

ตารางที่ 3-9 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

ทางเลือก	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1.การเพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยาง	✓			
2.การจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ	✓			
3.สร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดเพิ่มแรงดัน เพื่อใช้ในการฉีดล้างพื้นใช้น้ำ	✓			
4.การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ หรือทำการติดตั้งหัวสเปรย์พ่นฝอยฉีดล้างโต๊ะ		✓		
5.การเปลี่ยนจากถาดพลาสติกเป็นแบบสเตนเลส เมื่อเกิดมีการชำรุด เนื่องจากง่ายต่อการล้างทำความสะอาดได้ (อ้างตาม Uttamangkabovorn et al., 2005)		✓		
6.การศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ		✓		
7.การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำจากกระบวนการอื่น เช่น น้ำล้างกระบะหรือน้ำล้างกระป๋องหลังบรรจุ		✓		
8.การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเพื่อล้างแบบสวนกระแส		✓		
9.การศึกษาและออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น เช่น เพิ่มแนวขอบป้องกันเศษปลาตกหล่น		✓		
10.การศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพแนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์		✓		

(1) แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ประกอบด้วย 3 แนวทาง ได้แก่

- การเพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยางเนื่องจากเป็นแนวทางที่ง่ายและสะดวก โดยนำหลักการจัดการเข้ามาใช้ ด้วยการเลือกบอลล์วาล์วขนาดสายยาง เพื่อให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ และมีต้นทุนต่ำสำหรับการแก้ปัญหา
- การจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ เพื่อให้เห็นความสำคัญของน้ำ เนื่องจากทางโรงงานมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานอยู่แล้ว จึงเป็นการง่ายสำหรับการเพิ่มกิจกรรมการประหยัดน้ำ ซึ่งแนวทางดังกล่าวเป็นการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการจัดการเข้ามาช่วย โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้อย
- สร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดเพิ่มแรงดันสูง เพื่อใช้ในการฉีดล้างพื้นใช้น้ำ เนื่องจากเป็นแนวทางที่ง่ายและสะดวก โดยนำหลักการจัดการเข้ามาใช้ ด้วยการสร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดแรงดันสูงและไม่มีต้นทุนสำหรับการแก้ปัญหา

(2) แนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ประกอบด้วย 7 แนวทาง เนื่องจากแนวทางดังกล่าวยังขาดข้อมูลและบางแนวทางต้องออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์ หรือเปลี่ยนวิธีการดำเนินงานจากเดิมซึ่งจำเป็นอย่างมากในการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้และศึกษาผลกระทบรวมถึงค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นตามมา ได้แก่แนวทางต่างๆ ดังนี้

- การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ หรือทำการติดตั้งตัวสเปรย์พ่นฝอยฉีดล้างโต๊ะ
- การเปลี่ยนจากถาดพลาสติกเป็นแบบสเตนเลส เมื่อเกิดมีการชำรุดเนื่องจากง่ายต่อการล้างทำความสะอาดได้ (อ้างตาม Uttamangkabovorn et al., 2005)
- การศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำจากกระบวนการอื่น เช่น น้ำล้างกระบะ หรือน้ำล้างกระป๋องหลังบรรจุ
- การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเพื่อล้างแบบสวนกระแส
- การศึกษาและออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น เช่น เพิ่มแนวขอบป้องกันเศษปลาตกหล่น
- การศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพและแนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์

3.2.3.5 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก

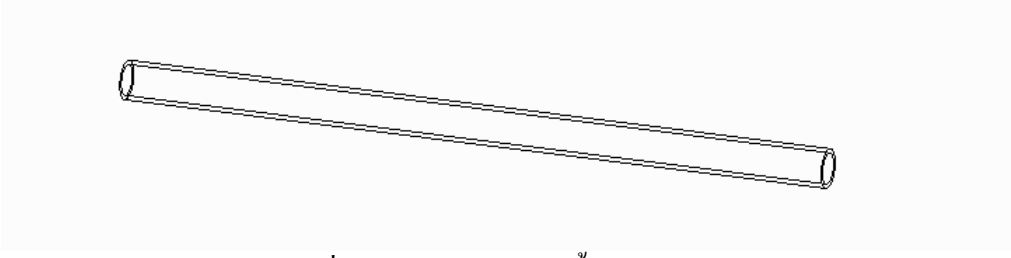
การศึกษากระบวนการแปรรูปและบรรจุเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพียงอย่างเดียว ดังนั้นแนวทางเลือกที่เสนอไปจึงไม่นำไปศึกษาถึงความเป็นไปได้ของแนวทางด้วยการให้คะแนนทั้งด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดลำดับแนวทางที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และแนวทางที่ต้องเพิ่มเติมการศึกษาอย่างละเอียด

3.2.3.6 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางที่ปฏิบัติได้ทันที

การศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อหาแนวทางสำหรับลดปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง จากการสูญเสียน้ำในกระบวนการโดยมีสาเหตุ ได้แก่ วิธีการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม เช่น วิธีการล้างทำความสะอาดที่ไม่มีประสิทธิภาพ ขาดการศึกษาการนำน้ำใช้ประโยชน์สูงสุดเป็นต้น ซึ่งการลดปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดต่อการดำเนินงาน รวมถึงค่าบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงเสนอแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ในทันที เนื่องจากไม่มีต้นทุนหรือต้นทุนสำหรับการปรับปรุงต่ำ และง่ายต่อการปฏิบัติ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ ได้แก่

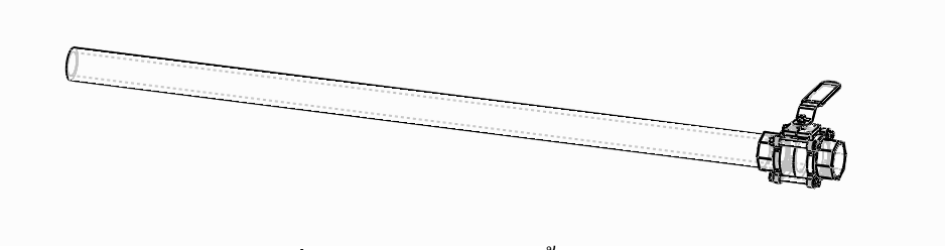
(1) การเพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยาง

การฉีดล้างชั้นวางถาด ซึ่งเดิมใช้สายยางอ่อน ขนาด 3/4 นิ้ว ในการฉีดล้างทำความสะอาด ดังภาพประกอบที่ 3-12



ภาพประกอบที่ 3-12 สายยางฉีดล้างชั้นวางถาดก่อนปรับปรุง

เนื่องจากเป็นสายยางที่อยู่ใกล้กับบริเวณทำความสะอาด จึงเสนอแนวทางเพื่อปฏิบัติได้ทันที โดยการเพิ่มบอลล์วาล์วบริเวณปลายสายยางอ่อนเป็น 1/2 นิ้ว ต่อด้วยบอลวาล์วบริเวณปลายสายยางอ่อน ดังภาพประกอบที่ 3-13 เพื่อเพิ่มแรงดันน้ำและควบคุมอัตราการไหลของน้ำให้เหมาะสมต่อการทำความสะอาด



ภาพประกอบที่ 3-13 สายยางฉีดล้างชั้นวางถาดหลังปรับปรุง

ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.04% ของการใช้น้ำในกระบวนการ ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 972.00 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 590 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 7 เดือน (ภาคผนวก จ-1.3) แต่สำหรับปัญหานี้ทางโรงงานได้มีการแก้ไขแล้ว

(2) การจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ เพื่อให้เห็นความสำคัญของน้ำ จัดกิจกรรมเช่นเดียวกันกับกระบวนการละลายปลา

(3) สร้างมาตรการป้องกันการสูญหายของหัวฉีดเพิ่มแรงดัน เพื่อใช้ในการฉีดล้างพื้นใช้น้ำ

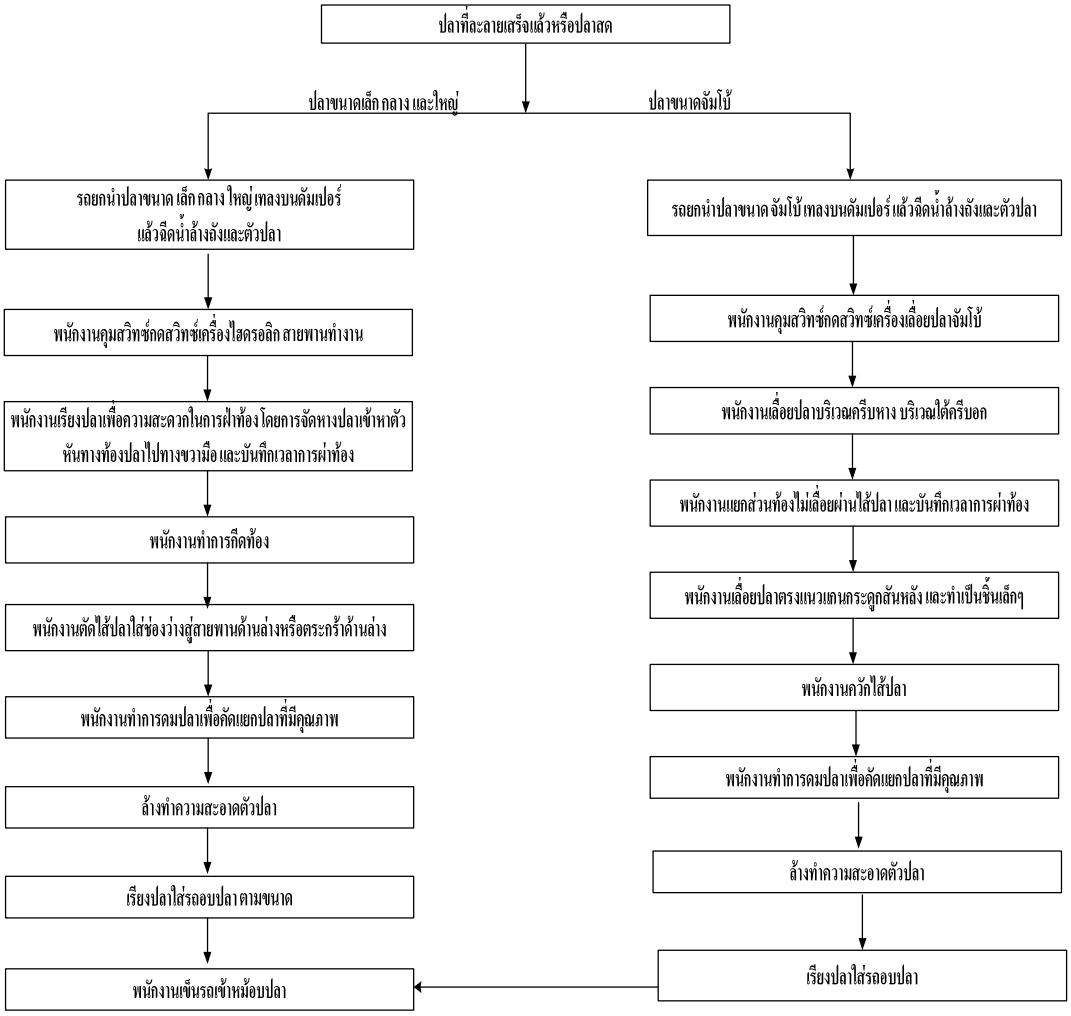
จากการใช้หัวฉีดเพิ่มแรงดันมีส่วนช่วยในการประหยัดน้ำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการทำความสะอาดพื้นในแต่ละกระบวนการผลิต แต่เมื่อนำหัวฉีดเพิ่มแรงดันมาใช้แล้วเกิดการสูญหาย ส่งผลกระทบทั้งต่อค่าใช้จ่ายในการซื้อหัวฉีดเพิ่มแรงดันและการสูญเสียน้ำในการทำความสะอาดมากขึ้นด้วย ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันการสูญหายดังกล่าว ควรให้พนักงานในพื้นที่กระบวนการผลิตทุกคนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้หัวฉีดแรงดันสูง และหาตัวแทนวันละคนเพื่อทำการเบิกจ่ายหัวฉีดแรงดันสูง เพื่อนำมาใช้ในการดำเนินงาน จากนั้นเมื่อใช้เสร็จแล้วในแต่ละกะ ตัวแทนจะต้องในหัวฉีดแรงดันสูงมาคืน หากมีการสูญหายเกิดขึ้น ทุกคนที่อยู่ในพื้นที่รับผิดชอบเดียวกันต้องร่วมรับผิดชอบ ด้วยการร่วมกันซื้อหัวฉีดเพิ่มแรงดันอันใหม่มาใช้ ซึ่งแนวทางดังกล่าวเป็นการสร้างความรับผิดชอบร่วมกันระหว่างพนักงานขณะปฏิบัติงาน เนื่องจากทุกคนเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ในกระบวนการผลิต หากได้รับความร่วมมือร่วมใจของพนักงานแล้ว ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นก็จะหมด โดยไม่มีต้นทุนค่าใช้จ่าย

กระบวนการแปรรูปและบรรจุได้รับการแก้ไขปัญหาแล้ว ระหว่างที่ทำการศึกษาโดยอาศัยแนวทางของโรงงาน

3.2.4 การศึกษาและลดการใช้น้ำในกระบวนการผ่าท้องปลา

3.2.4.1 กระบวนการผ่าท้องปลา

กระบวนการผ่าท้องปลา เป็นการช่วยลดจุลินทรีย์ในตัวปลา ลดสิ่งสกปรกจากเลือดปลา ไส้ปลาและช่วยลดระยะเวลาในการอบปลา ทำให้การขูดหนังทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยแบ่งการผ่าท้องเป็น 2 ส่วน (ภาพประกอบที่ 3-14) เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการผ่าท้อง คือ การผ่าท้องปลาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ใช้มีดขนาดเล็กสำหรับการผ่าท้อง ส่วนการผ่าท้องปลาขนาดจัมโบ้ใช้เครื่องเลื่อยปลา



ภาพประกอบที่ 3-14 ผังกระบวนการผ่าท้องปลา

สำหรับการผ่าท้องปลาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เริ่มจากรถยกยกปลาขนาดเล็ก กลางและใหญ่ เทลงบริเวณที่ทำการผ่าท้องปลา โดยมีการฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดตัวปลาและถัง

น้ำล้างจะไหลเข้าท่อระบายน้ำผ่านตะแกรง จากนั้นพนักงานคุมสวิทซ์กดสวิทซ์เครื่องไฮดรอลิกสายพานทำงานเพื่อเริ่มทำการปล่อยปลา จากนั้นพนักงานทำการเรียงปลาเพื่อความสะดวกในการผ่าท้องปลา โดยการจัดหางปลาเข้าหาตัวหันหางท้องปลาไปทางขวามือ พร้อมกับบันทึกเวลา จากนั้นทำการกรีดท้องปลาโดยพนักงานจะใช้มีดกรีดบริเวณท้องปลา แล้วส่งต่อให้พนักงานตัดไส้ปลาและควักไส้ปลาด้วยสายพานด้านบน โดยไส้ปลาและเครื่องในปลาที่ได้จากการควักไส้ ส่งไปตามสายพานด้านล่างหรือตะกร้ารองรับไข่ด้านล่าง เพื่อนำไปทำการแยกไส้ปลาและไข่ปลาสำหรับนำไปขายเป็นอาหารสัตว์และอาหารสำหรับคน ตามลำดับ เมื่อทำการควักไส้เสร็จพนักงานทำการดมปลาเพื่อคัดแยกปลาที่มีคุณภาพ (หากมีกลิ่นผิดปกติ ทำการบ่งชี้วัตถุดิบก่อนอบปลา) จากนั้นทำความสะอาดตัวปลาโดยใช้การฉีดน้ำลงบนบริเวณท้องปลา แล้วจึงใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดตัวปลา เมื่อทำความสะอาดตัวปลาเรียบร้อยแล้ว ทำการเรียงปลาใส่รถอบปลาโดยพนักงานเรียงปลาตามขนาดปลา จากนั้นพนักงานเข็นรถอบปลาเข้าหม้ออบปลา

ส่วนการเริ่มผ่าท้องปลาทูน่าขนาดจัมโบ้ โดยรถยกยกปลาขนาดจัมโบ้ที่ผ่านการละลายแล้วเทลงบริเวณเครื่องเลื่อยปลาเนื่องจากปลาจัมโบ้มีขนาดใหญ่มาก จึงต้องตัดแบ่งปลาทูน่าออกเป็นชิ้นๆ โดยการใช้เครื่องเลื่อย เริ่มจากพนักงานกดสวิทซ์เครื่องเลื่อยปลาขนาดจัมโบ้เพื่อเทปลาขนาดจัมโบ้ลงมายังบริเวณผ่าท้องปลา จากนั้นพนักงานเริ่มเลื่อยปลาจากบริเวณครีบหาง และบริเวณใต้ครีบอกก่อน แล้วทำการแยกส่วนท้องออกเพื่อไม่ให้เกิดการเลื่อยผ่านไส้ปลา พร้อมกับบันทึกเวลา จากนั้นทำการเลื่อยปลาตรงแนวแกนกระดูกสันหลัง แล้วจึงตัดเป็นชิ้นเล็กลงเพื่อลดเวลาในการนึ่งปลาให้สุก เมื่อทำการเลื่อยปลาเรียบร้อยแล้ว พนักงานควักไส้ปลาโดยใช้มีดช่วยตัดไส้ปลาใส่ตะกร้าด้านล่าง ซึ่งจะมีถาดรองรับน้ำเลือดปลาจากตะกร้าที่บรรจุไส้ปลา เพื่อป้องกันคราบเลือดจากถาดรอง โดยไม่ได้นำไปเทบริเวณคูรับเลือดปลา ทำให้ต้องใช้น้ำทำความสะอาดเศษคราบเลือดเป็นจำนวนมาก จากนั้นพนักงานทำการล้างปลาด้วยการฉีดน้ำล้างบนตัวปลาเพื่อทำการล้างเลือดปลาและเศษปลาที่ติดอยู่ออกจากผิว นอกจากนี้การฉีดน้ำยังช่วยรักษาไม่ให้เนื้อปลามีสีคล้ำในขั้นตอนการทำให้สุก และยังช่วยกำจัดจุลินทรีย์บางส่วนด้วย ส่วนปลาที่ผ่านการล้างเศษเนื้อและเลือดแล้วจะทำการดมปลาเพื่อคัดแยกปลาที่มีคุณภาพแล้วจึงเรียงปลาใส่รถอบปลาเพื่อรอการนำไปนึ่งให้ปลาสุกต่อไป

3.2.4.2 การหาสาเหตุเบื้องต้นโดยใช้แผนผังก้างปลา

จากการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำในกระบวนการผ่าท้องปลา หาสาเหตุเบื้องต้นและอาการของปัญหา ด้วยการใช้ความรู้เฉพาะด้าน และความรู้จากการสังเกตการณ์ในการระดมสมอง

ด้วยแผนภาพก้างปลา เพื่อค้นหาสาเหตุในเชิงโครงสร้าง พบว่า ปัญหาการสูญเสียน้ำในกระบวนการผ่าท้องปลาเกิดจาก 4 ประเด็นหลักๆ (ภาพประกอบที่ 3-15) นั่นคือ

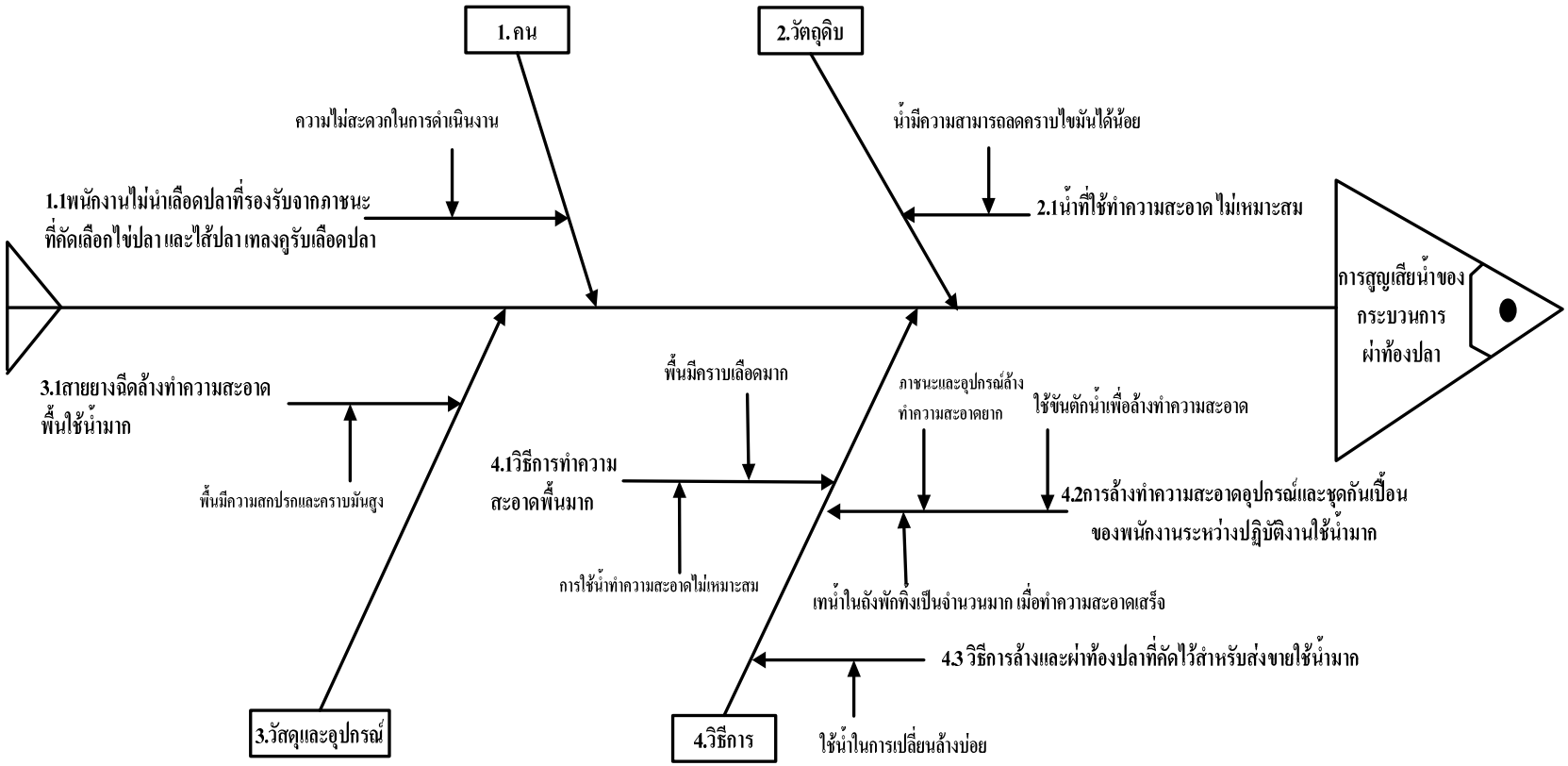
(1) ปัญหาจากคน สาเหตุหลักเกิดจากพนักงานไม่นำน้ำเลือดปลาที่รองรับจากภาชนะที่คัดเลือกไข่ปลาและไส้ปลา ไปเทลงยังคูรับเลือดปลา เนื่องจากความไม่สะดวกในการดำเนินงาน ซึ่งเป็นสาเหตุรองเกิดจากน้ำเลือดปลาจากการรองตะกร้าไส้ปลาและไข่ปลานั้นมีปริมาณมากพนักงานจึงทำการเทน้ำเลือดลงพื้นแทนการยกถาดรับเลือดปลาเทลงในคูรับน้ำเลือด และอีกสาเหตุมาจากสายพานผ่าท้องปลาขนาดเล็ก กลางและใหญ่ กีดขวางการนำน้ำเลือดไปเทยังคูรับน้ำเลือด จึงต้องใช้น้ำในการทำความสะอาดพื้นที่มีคราบเลือดและเศษปลาเป็นจำนวนมาก

(2) ปัญหาจากวัตถุดิบ ซึ่งน้ำประปาที่ใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา ใช้เพื่อทำความสะอาดตัวปลาโดยล้างเลือดปลาและเศษปลาที่ติดอยู่กับผิวปลาเป็นหลักและใช้น้ำทำความสะอาดพื้นและทำความสะอาดอุปกรณ์รองลงมา ซึ่งน้ำประปาที่ใช้ทำความสะอาดพื้น ไม่เหมาะสมสำหรับการทำความสะอาดอุปกรณ์และพื้นที่มีคราบมันจากเศษปลาและเลือดปลาจึงเป็นสาเหตุหลักทำให้ต้องใช้น้ำทำความสะอาดมาก

(3) ปัญหาจากวัสดุและอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลาที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้น้ำ ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อทำความสะอาดพื้น ซึ่งใช้สายยางในการฉีดล้างทำความสะอาดพื้น มีสาเหตุจากการที่พื้นมีความสกปรกและคราบมันสูง เนื่องจากเลือดปลาและเศษปลาหกลงพื้นจำนวนมาก การฉีดล้างด้วยสายยางจึงสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมาก

(4) ปัญหาจากวิธีการ เนื่องจากกระบวนการผ่าท้องปลามีวิธีการใช้น้ำหลายรูปแบบด้วยกันเช่น วิธีการใช้น้ำฉีดล้างทำความสะอาดท้องปลาและตัวปลา วิธีการใช้น้ำล้างทำความสะอาดพื้น ใช้น้ำทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานระหว่างการปฏิบัติงาน และวิธีการใช้น้ำล้างจากการผ่าไส้ปลาที่คัดไว้สำหรับส่งขาย ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีล้วนแต่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำทั้งสิ้น เมื่อเข้าไปศึกษาพบว่า สาเหตุหลักๆ 3 ประการด้วยกัน คือ

- วิธีการทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก เนื่องจากการใช้สายยางฉีดล้างทำความสะอาดเศษและเลือดจากการเลื่อยปลาจัมโบ้ โดยไม่มีการกวาดชิ้นส่วนที่ตกลงพื้นก่อน และขาดการป้องกันการตกหล่นของเศษปลาและเลือดปลา ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำในการทำความสะอาดพื้นมาก



ภาพประกอบที่ 3-15 แผนภาพก้างปลาของกระบวนการผ่าท้องปลา

➢ วิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานระหว่างปฏิบัติงานใช้น้ำมาก เนื่องจากภาชนะและอุปกรณ์ล้างทำความสะอาดยาก มีคราบมันสูง และน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดบรรจุอยู่ในถังน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งบางครั้งน้ำที่มีปริมาณเกินความจำเป็นสำหรับการทำความสะอาดทำให้ต้องเทน้ำในถังทิ้งเป็นจำนวนมากเมื่อทำความสะอาดเสร็จ และการใช้ขันตักน้ำจากถังเพื่อล้างทำความสะอาด ทำให้เกิดการใช้น้ำเกินความจะเป็นในแต่ละครั้ง เกิดการสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมาก

➢ วิธีการล้างปลาที่ผ่ากระเพาะปลาที่คัดไว้สำหรับส่งขายใช้น้ำมาก เนื่องจากต้องเตรียมกระเพาะปลาโดยทำการผ่าแล้วล้างทำความสะอาดด้วยการจุ่มล้างในกระบะขนาดเล็กที่บรรจุน้ำอยู่ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำจำนวนมากในการเปลี่ยนน้ำล้างกระเพาะปลา

การพิสูจน์สาเหตุของปัญหาด้วยผังก้างปลาเพื่อค้นหาสาเหตุในภาพกว้าง ทำให้พบสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตผ่าท้องปลามากมาย แต่ยังไม่ใช่สาเหตุรากเหง้าที่แท้จริงของปัญหาต่อไป ดังนั้นจึงทำการศึกษาผ่านตาราง ทำไม-ทำไมเพื่อหาสาเหตุที่เจาะลึกที่เกิดจากกลไกการทำงานที่แผนภาพก้างปลาไม่สามารถวิเคราะห์ได้

3.2.3.3 การวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าโดยใช้ตาราง ทำไม-ทำไม

การศึกษาผ่านตาราง ทำไม-ทำไมดังรายละเอียดใน(ภาคผนวก ง-2) สามารถสรุปประเด็นสาเหตุรากเหง้าของกระบวนการละลายปลาจาก 4 ประเด็นหลักๆได้ดังนี้

(1) สาเหตุจากคน เกิดจากอุปสรรคสำหรับการนำน้ำเลือดปลาไปเทยังคูรับเลือดปลาเนื่องจากมีสายพานผ่าท้องขวางอยู่ และความไม่สะดวกในการยกกระบะรองรับเลือดปลาไปเท ส่งผลโดยตรงให้พนักงานไม่นำเลือดปลาที่รองรับจากภาชนะที่คัดเลือกไข่ปลา ไส้ปลา เทลงคูรับเลือดปลา

(2) สาเหตุจากวัตถุดิบ เกิดจากคุณสมบัติของน้ำที่ใช้ทำความสะอาด ไม่เหมาะกับการนำมาใช้เนื่องจาก มีความสามารถในการลดคราบไขมันได้ต่ำ ส่งผลโดยต่อการใช้น้ำในปริมาณมากในการทำความสะอาด

(3) สาเหตุจากวัสดุและอุปกรณ์ เกิดจากการนำอุปกรณ์ที่ใช้มีคุณภาพไม่เหมาะสม นั่นคือ น้ำประปามีความสามารถในการลดคราบไขมันต่ำ รวมถึงระบบจัดการน้ำเลือดปลาจากถาดรองตะกร้าไส้ปลาและจากท้องปลาที่หกลงตามพื้นสายพาน ส่งผลโดยตรงต่อฉีดล้างทำความสะอาดพื้นด้วยการใช้สายยาง

(4) สาเหตุจากวิธีการซึ่งปัญหาที่พบประกอบด้วยสาเหตุย่อย 3 ประการ คือ

- การใช้น้ำประปาธรรมดามีความสามารถในการลดคราบมันได้น้อย และเมื่อต้องใช้ทำความสะอาดพื้นที่มีคราบเลือดจากการเลื่อยปลาจัมโบ้โดยตัวเครื่องเลื่อยไม่มีรางรองรับเลือดและเศษปลา ส่งผลโดยตรงน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้นนั้นเป็นจำนวนมาก
- การนำถังขนาดใหญ่มาใช้รองรับน้ำเพื่อใช้ทำความสะอาดจากคราบเลือดและไขมันจากตัวปลา และขาดการควบคุมการใช้น้ำ โดยในแต่ละครั้งน้ำที่ใช้มีปริมาณไม่แน่นอน และในบางครั้งน้ำที่เหลือใช้มีคราบไขมันมากเนื่องจากมือที่ใช้จับขันตักน้ำมีคราบความมันสูง ส่งผลโดยตรงต่อการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงาน
- การใช้ภาชนะรองรับน้ำในการล้างกระเพาะปลามีขนาดเล็กไม่เหมาะสมกับงาน จึงทำให้ต้องเปลี่ยนน้ำที่ต้องใช้ล้างบ่อย ส่งผลโดยตรงต่อการใช้น้ำล้างและผ่าท้องปลาที่คัดไว้

จากการศึกษาสาเหตุรากเหง้าพร้อมทั้งสร้างแนวทางแก้ไขด้วยการวิเคราะห์ตารางทำไม-ทำไมเพื่อลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการผ่าท้องปลา โดยเสนอแนวทางจากปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปประเด็นปัญหาได้ทั้งหมด 6 ประเด็นปัญหา และแนวทางแก้ไข 9 แนวทาง (ตารางที่ 3-10) นั่นคือ

ตารางที่ 3-10 สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนผ่าท้องปลา

ประเด็นปัญหา	**แนวทางแก้ไข**
1.ปัญหาพนักงานไม่นำเลือดปลาที่รองรับจากภาชนะที่คัดเลือก ไข่ปลา ไส้ปลา เทลงคูรับเลือดปลา	1.การศึกษาและออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด
2.น้ำที่ใช้ทำความสะอาดไม่เหมาะสม	1.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)
3.สายยางฉีดล้างทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก	1.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

ตารางที่ 3-10 สรุปประเด็นปัญหาและรวบรวมแนวทางแก้ไขของกระบวนผ่าท้องปลา (ต่อ)

ประเด็นปัญหา	แนวทางแก้ไข
3.สายยางฉีดล้างทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก (ต่อ)	2.การเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด
4.วิธีการใช้น้ำในการทำความสะอาดพื้นมาก	1.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)
	2.การออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลา ชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ ให้รองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู่ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัดแยก และติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาล เป็นการป้องกันน้ำล้างปลาหกลงพื้น
5.วิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานใช้น้ำมาก	1.การจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มีประมาณ 1 จุด
	2.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างภาชนะ ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)
6.วิธีการล้างกระเพาะปลาที่คัดไว้สำหรับส่งขายใช้น้ำมาก	1.การเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส

(1) ปัญหาพนักงานไม่นำเลือดปลาที่รองรับจากภาชนะที่คัดเลือก ไข่ปลา ไส้ปลา เทลงคูรับเลือดปลา แก้ไขโดยทำการศึกษาและออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด เพื่อเพิ่มความสะดวกในการดำเนินงานของพนักงาน และจัดการเลือดปลาที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติงานให้เป็นระบบมากขึ้น

(2) ปัญหาน้ำที่ใช้ทำความสะอาดไม่เหมาะสม แก้ไขโดยการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) เพื่อเป็นการใช้วัตถุดิบสำหรับการทำความสะอาดที่เหมาะสมยิ่งขึ้นแทนการใช้น้ำประปาทำความสะอาดเพียงอย่างเดียว ซึ่งก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำเป็นจำนวนมาก

(3) ปัญหาสายยางฉีดล้างทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก จึงแก้ไขด้วยการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้นมาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) และสำหรับการใช้เวลานานในการฉีดล้างทำความสะอาดด้วยสายยาง พื้นมีความสกปรกและคราบมันสูง ออกแบบขอบป้องกันน้ำเลือดไหลออกจากใต้แนวสายพาน พร้อมทั้งสร้างแนวให้เลือดไหลลงคูรับเลือดปลา

(4) ปัญหาวิธีการใช้น้ำในการทำความสะอาดพื้นมาก เนื่องจากเศษปลาและเลือดปลาหกลงพื้นเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อทำการผ่าท้อง แยกไส้ปลา และการตัดแบ่งชิ้นปลา ของปลาขนาดจัมโบ้ เนื่องจากอุปกรณ์และโต๊ะสำหรับการเลื่อยปลาจัมโบ้มีความไม่เหมาะสมต่อการป้องกันการหกของเศษและเลือดปลาลงพื้น จึงควรแก้ไขด้วยการศึกษาเพิ่มการออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลา ชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ ให้สามารถรองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู่ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัดแยก พร้อมทั้งติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาล เป็นการป้องกันน้ำล้างปลาหกลงพื้น และการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้นมาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

(5) ปัญหาวิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานใช้น้ำมาก เนื่องจากการทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนใช้น้ำจากถังพลาสติกขนาดใหญ่ที่วางไว้บริเวณพื้นที่ผ่าท้องปลา และการใช้น้ำในแต่ละครั้งใช้วิธีการตักน้ำจากถังล้างทำความสะอาด โดยการใช้ขันตักน้ำล้างทำความสะอาด ซึ่งก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำในจุดนี้มาก จึงควรแก้ไขโดยจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มี 1 จุด ด้านละจุดของสายพาน และการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ทำความสะอาด ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้นและลดปริมาณการใช้น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)

(6) ปัญหาวิธีการล้างกระเพาะปลาที่คัดไว้สำหรับส่งขายใช้น้ำมาก แก้ไขโดยศึกษาเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส

3.2.3 4 แนวทางการลดการใช้น้ำ

เมื่อได้แนวทางแก้ปัญหาจากสาเหตุรากเหง้าแล้ว นำ 9 แนวทางดังกล่าวมาทำการคัดเลือก พบว่าบางแนวทางสามารถแก้ปัญหาได้หลายประเด็นปัญหา จึงเหลือเพียง 5 แนวทาง สำหรับแก้ปัญหาจากนั้นจึงทำการจัดแบ่งแนวทางออกเป็น 3 ระดับ คือ แนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถแยกออกได้เป็นแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ซึ่ง

โดยทั่วไปเป็นแนวทางที่นำการจัดการเข้ามาแก้ปัญหา มีต้นทุนต่ำหรือไม่มีการลงทุน จึงสามารถปฏิบัติได้โดยทันที และแนวทางเลือกที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เป็นแนวทางที่ยังขาดข้อมูลสำหรับการปรับปรุง และมีต้นทุนสูง จึงจำเป็นต้องหาข้อมูลพร้อมทั้งทำการศึกษาโดยละเอียด และคัดแนวทางเลือกที่ไม่สามารถปฏิบัติได้ เนื่องจากไม่เหมาะสมหรือเป็นแนวทางที่ไม่ได้การสนับสนุนจากทางโรงงาน ซึ่งได้ผลการคัดเลือกมีเพียง 2 ระดับคือแนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที และแนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม (ตารางที่ 3-11) ดังนี้

ตารางที่ 3-11 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ ของกระบวนผ่าท้องปลา

ทางเลือก	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548)	✓			ขาดมาตรฐานการนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง
2.การจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยางโดยกำหนดให้มี 1 จุด	✓			
3.การศึกษาและออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลาพร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง		✓		
4.ออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลา ชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ให้สามรถรองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู่ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัดแยก และติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาลลงพื้น		✓		
5.การเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส		✓		

(1) แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที ประกอบด้วย 2 แนวทาง ได้แก่

➢ การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาด ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดปริมาณการใช้น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) เพื่อเป็นมาตรฐานการดำเนินงานใหม่สำหรับน้ำที่ใช้ทำความสะอาดพื้น อุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงชุดกันเปื้อนของพนักงาน เนื่องจากโรงงานใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับน้ำเพื่อล้างทำความสะอาดเพียงครั้งคราวเท่านั้น ขาดการศึกษาการนำมาใช้อย่างจริงจังและต่อเนื่อง

➢ แนวทางการจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มี 1 จุด

(2) แนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม ประกอบด้วย 3 แนวทาง ได้แก่

➢ แนวทางการศึกษาและออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด

➢ แนวทางการออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลา ชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ ให้สามรถรองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู่ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัด แยก และติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาล เป็นการป้องกันน้ำล้างปลาหกลงพื้น

➢ แนวทางการเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส

ซึ่งแนวทางเหล่านี้ล้วนแต่ต้องปรับปรุงหรือแก้ไขการออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดต่อไป และไม่พบแนวทางที่ไม่สามารถปฏิบัติได้

3.2.4.5 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก

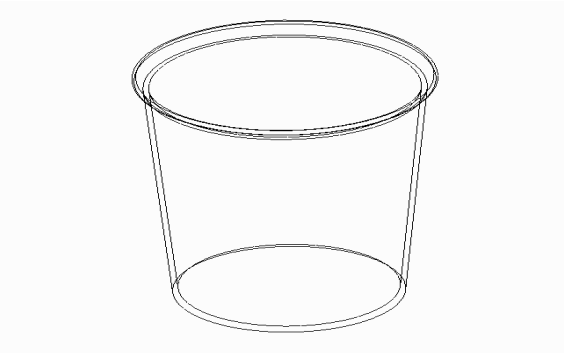
จากการศึกษาผ่าท้องปลาเป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นเพียงอย่างเดียว ดังนั้นแนวทางเลือกที่เสนอไปจึงไม่นำไปศึกษาถึงความเป็นไปได้ของแนวทางด้วยการให้คะแนนทั้งด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม เพื่อจัดลำดับแนวทางที่สามารถนำไปปฏิบัติได้ และแนวทางที่ต้องเพิ่มเติมการศึกษาอย่างละเอียด

3.2.4.6 ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางที่ปฏิบัติได้ทันที

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูล เพื่อหาแนวทางสำหรับลดปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง จากการสูญเสียน้ำในกระบวนการโดยมีสาเหตุ ได้แก่ วิธีการดำเนินงานที่ไม่เหมาะสม เช่น วิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงาน น้ำที่ใช้ทำความสะอาด และอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการผ่าท้องปลาจัมโบ้ เป็นต้น ซึ่งการลดปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดต่อการดำเนินงาน รวมถึงค่าบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นจึงเสนอแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ในทันที เนื่องจากไม่มีต้นทุนหรือต้นทุนสำหรับการปรับปรุงต่ำ และง่ายต่อการปฏิบัติ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิธีต่างๆ ได้แก่

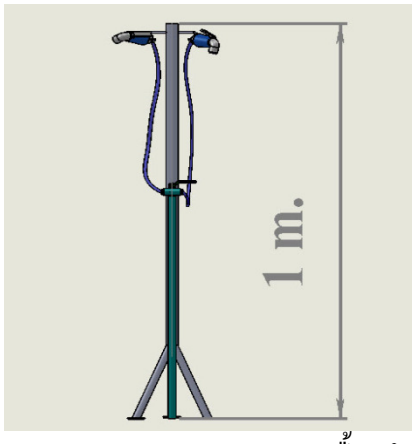
(1) การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาด ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดปริมาณการใช้น้ำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) โดยกำหนดพื้นที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมโซเดียมไฮดรอกไซด์ให้เหมาะสม พร้อมกับจัดทำป้ายขั้นตอนการเตรียมอย่างถูกต้อง เพื่อให้พนักงานปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากปัญหาการใช้น้ำสิ้นเปลืองโดยเฉพาะจากการทำความสะอาดอุปกรณ์และสายการผลิต โดยมีการทำความสะอาดบ่อยถึง 2 ครั้งต่อกะ ในช่วงพักและหลังเลิกงาน ยิ่งส่งผลให้เกิดการสูญเสียโดยใช่เหตุ ดังนั้นจึงควรปรับปรุงการใช้น้ำทำความสะอาดให้มีประสิทธิภาพด้วยการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำล้างภาชนะและอุปกรณ์ เพื่อช่วยในการขจัดคราบไขมันได้ง่ายขึ้น และเนื่องจากทางโรงงานมีการนำโซดาไฟมาใช้ล้างทำความสะอาดบ้างแต่ไม่ต่อเนื่อง เป็นผลจากความไม่ปลอดภัยของการใช้และไม่มีสัดส่วนที่แน่นอนในการนำมาผสมเพื่อใช้ทำความสะอาด ดังนั้นเพื่อการนำโซดาไฟมาใช้โดยเพิ่มเติมมาตรฐานการดำเนินงานด้วยการจัดทำขั้นตอนปฏิบัติงาน (Work instruction) ดังภาคผนวก จ-1.4 ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 3.24% ของการใช้น้ำในกระบวนการผ่าท้องปลา ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 34,020 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 20,520 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 6 เดือน

(2) การจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ เนื่องจากเดิมการทำความสะอาดชุดกันเปื้อนของพนักงานในกระบวนการผ่าท้องปลา ใช้ขันตักน้ำจากถังขนาดกลางที่เติมน้ำจนเต็มถัง ดังภาพประกอบที่ 3-16 เพื่อล้างทำความทำสะอาดระหว่างการทำงานช่วงเวลาพัก และหลังเลิกงาน โดยน้ำที่ใช้ทำความสะอาดไม่หมด จะถูกเททิ้งเมื่อเปลี่ยนกะของพนักงาน ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองน้ำอย่างมาก นอกจากนี้พนักงานบางส่วนยังใช้สายยางขนาด 1/2 นิ้ว ในการฉีดล้างทำความสะอาดชุดกันเปื้อนอีกด้วย เนื่องจากสายยางอยู่ในบริเวณนั้น



ภาพประกอบที่ 3-16 อุปกรณ์รองรับน้ำสำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนก่อนปรับปรุง

จึงเสนอแนวทางเพื่อปฏิบัติได้ทันที โดยการการจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ จำนวน 2 หัว ดังภาพประกอบที่ 3-17 เพื่อลดปริมาณการสูญเสียน้ำสำหรับการทำความสะอาดชุดกันเปื้อนของพนักงานในกระบวนการผ่าท้องปลาการควบคุมการจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ จากการสำรวจคราบเลือดที่เปื้อนชุดกันเปื้อนของพนักงาน แล้วทำการฉีดชำระล้างจากด้านบนของรอยเปื้อน กำหนดเวลาการฉีดล้างประมาณ 5 วินาที พร้อมกับทำการสำรวจชุดกันเปื้อนไม่ให้มีคราบสกปรกหลงเหลือ มีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.72% ของการใช้น้ำในกระบวนการผ่าท้องปลา ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 7,614 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 2,367 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 เดือน (ภาคผนวก จ-1.5)



ภาพประกอบที่ 3-17 อุปกรณ์สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระหลังปรับปรุง

จากการสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลการเข้าตรวจประเมินกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋องโดยละเอียด พบว่าการสูญเสียน้ำใช้บางส่วนเกิดจากระบบการปฏิบัติงาน เป็นแนวทางที่สามารถดำเนินการปฏิบัติได้จริงด้วยการจัดการปัญหาดังกล่าว สามารถดำเนินการปฏิบัติได้ทันที

เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายการลงทุนน้อย และบางทางเลือกนั้นไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม หากแต่เพียงปรับปรุงระบบการจัดการที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และการสูญเสียน้ำใช้อีกส่วนหนึ่งเกิดจากระบบหรืออุปกรณ์ที่ใช้อยู่ไม่เหมาะสม หรือไม่สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียด เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุง แต่เนื่องจากต้นทุนสูงผนวกกับอาจจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพการผลิตทูน่ากระป๋อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวทางศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำเพื่อลดการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา ซึ่งจะเกิดประโยชน์อย่างสูงต่อการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด จึงนำไปสู่การศึกษาในลำดับต่อไป

บทที่ 4
แนวทางลดการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลาต้นทุนสูงอย่างละเอียด

จากแนวทางเลือกการลดการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลา ประกอบด้วย 2 แนวทางหลัก ๆ คือ แนวทางที่ปฏิบัติได้ทันที และแนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียด ซึ่งแนวทางที่ปฏิบัติได้ทันทีได้ทำการศึกษาแล้ว ดังนั้นในบทนี้ จึงทำการศึกษาแนวทางเลือกที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมอย่างละเอียด เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ทางเทคนิค ความคุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากเป็นแนวทางที่มีต้นทุนสูง ผนวกกับอาจจะส่งผลต่อคุณภาพการผลิต นำไปสู่การปรับปรุงอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 การศึกษาการความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้

จากการแนวทางการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ จึงนำเสนอแนวทางการศึกษาเพิ่มเติมในรายละเอียดของแนวทางการนำน้ำที่ใช้ละลายปลาแล้วกลับมาใช้ซ้ำ ดังนี้

4.1.1 ผลการศึกษาวิธีการละลายในรูปแบบปัจจุบัน

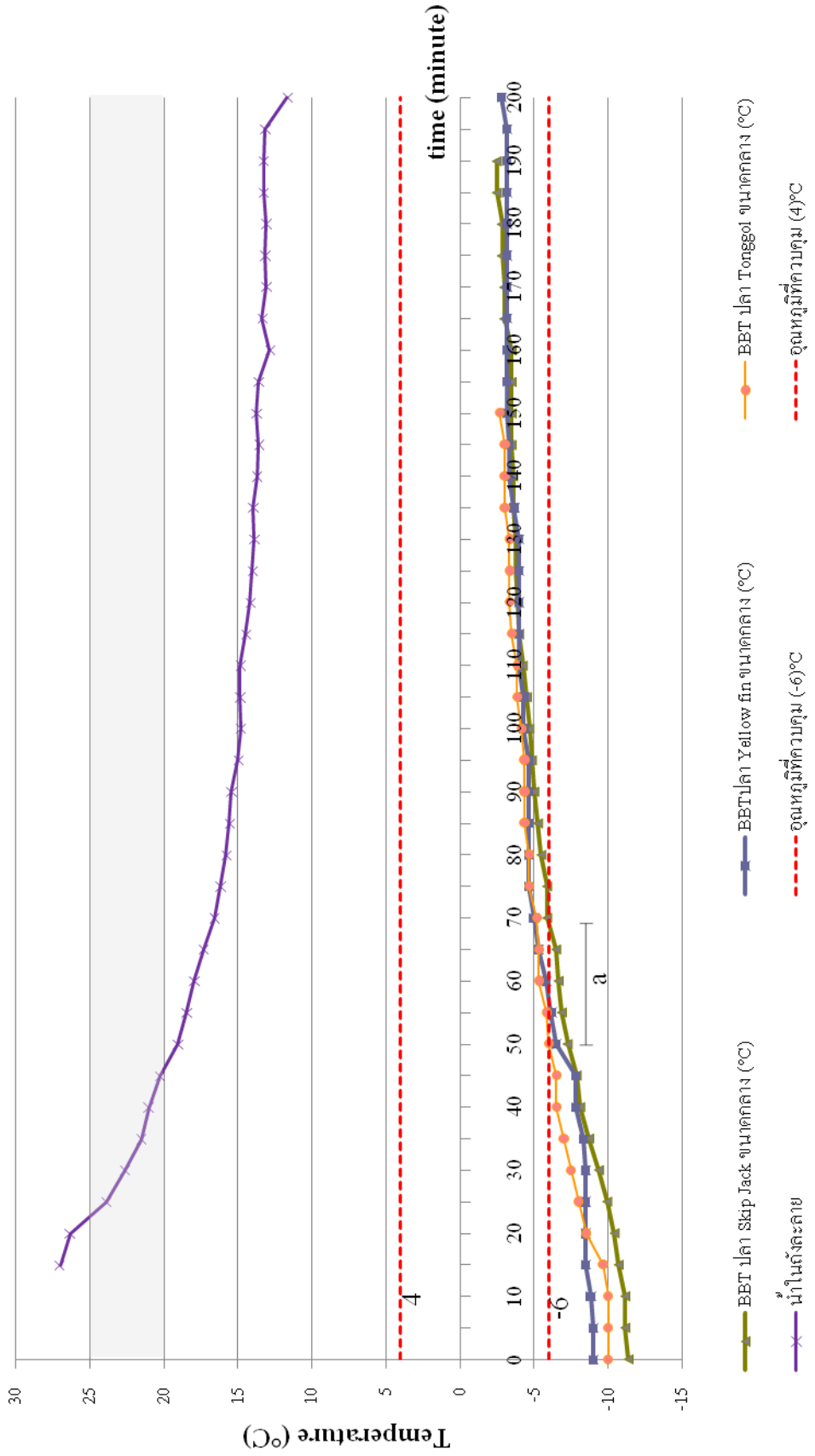
การสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลการเข้าตรวจประเมินกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง พบว่าการสูญเสียน้ำใช้บางส่วนเกิดจากระบบการปฏิบัติงาน ทางเลือกในการจัดการปัญหาดังกล่าว สามารถดำเนินการปฏิบัติได้ทันที เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนน้อย หรืออาจไม่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม หากเพียงแต่ปรับปรุงระบบการจัดการเดิมที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ส่วนอีกทางเลือกซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้จากแนวทางในการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ โดยเริ่มจากการศึกษาวิธีการละลายในรูปแบบปัจจุบัน

การละลายน้ำแข็งปลาทูน่าแช่แข็งเพื่อลดอุณหภูมิภายในตัวปลาและละลายน้ำแข็งออกจากตัวปลา ให้เหมาะสมต่อกระบวนการต่อไป โดยมีเป้าหมายคือ อุณหภูมิปลาที่กระดูกสันหลัง (BBT) อยู่ในช่วง -6°C ถึง 4°C เพื่อทำการตรวจวัดการละลายน้ำแข็งในตัวปลา โดยใช้การกำหนดระยะเวลาที่ใช้ละลายน้ำแข็งในตัวปลาเป็นการควบคุมการละลายปลา ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด

ปลาแช่แข็งเช่น ปลาขนาดเล็ก กลางใหญ่ และจัมโบ้ ใช้เวลาประมาณ 2, 3-5, 5-7 และ 10-12 ชั่วโมง ถ้าหากอุณหภูมิของปลาภายหลังการละลายน้ำแข็งสูงกว่า 5°C จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียของปลาเนื่องจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์ (กรมโรงงานอุตสหกรรม, 2552) แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปจะไม่สามารถผ่าท้องและควักไส้ได้

การละลายปลา Skip Jack Yellow fin และ Tonggol ขนาดกลาง ซึ่งปลามีค่า BBT เริ่มต้นอยู่ในช่วง -9 ถึง -11˚C โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 35 ˚C ในการละลายปลาด้วยการเติมน้ำลงไปในถังที่บรรจุปลาใช้เวลาประมาณ 20 นาที จนน้ำเต็มถัง พบว่าอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลามีค่าประมาณ 27˚C และค่อยๆ ลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง (ภาพประกอบที่ 4-1) ส่งผลให้ค่า BBT ของปลา เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย จากการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำกับตัวปลา และเมื่อทำการละลายปลาไปจนถึงนาทีที่ 50-70 (ช่วง a) นั่นคือช่วงที่ BBT ของปลาเริ่มเข้าอยู่ในช่วงที่กำหนด นั่นคือ อุณหภูมิ BBT ของปลา -6˚C โดยนาทีที่ 50 อุณหภูมิของปลา Tonggol เริ่มเข้าสู่ช่วง BBT ที่กำหนดเป็นลำดับแรก นาทีที่ 55 ปลา Yellow fin อุณหภูมิ BBT ปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดเป็นลำดับต่อมา และนาทีที่ 70 ปลา Skip Jack มีอุณหภูมิ BBT ปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดเป็นลำดับสุดท้าย แต่การละลายปลาดังกล่าวยังไม่สิ้นสุดลง ยังคงดำเนินการละลายต่อไปเรื่อยๆ จนครบเวลาตามแผนการผลิตที่กำหนด โดยปลา Tonggol ใช้เวลาทั้งสิ้น 150 นาที ปลา Skip Jack และปลา Yellow fin ใช้เวลา 190 และ 235 นาที ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Anders Haugland (Haugland, 2002) ถึงค่าอุณหภูมิของปลาแช่แข็งที่ทำการละลายปลาแซลมอลตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิประมาณ -1.5˚C ซึ่งเรียกว่าช่วง Tempering phase เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิภายในตัวปลาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และใช้เวลาสั้นที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงถัดไปนั่นคือช่วง Latent zone phase เนื่องจากมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity: C_p) ต่ำ และค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity) ดังนาทีที่ 1-70 เป็นช่วง Tempering phase ซึ่งช่วง a เป็นช่วงสุดท้ายของช่วงดังกล่าวของการละลายปลาทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากยังมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว

ดังนั้นหากต้องการให้เกิดการละลายสมบูรณ์ต้องใช้เวลาการละลายจนถึงช่วง Latent zone phase เป็นช่วงที่อุณหภูมิปลาเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆและเกือบจะคงที่ ดังการละลายปลาแซวมอลที่อยู่ในช่วงประมาณ -5˚C ถึง 0˚C เป็นช่วงที่มีการดึงพลังงานมาเพื่อใช้ละลายน้ำแข็งที่อยู่ภายในตัวปลา แต่สำหรับการละลายปลา Tonggol ช่วง Latent zone phase เป็นช่วงที่มีค่า BBT ประมาณ -3.5˚C ถึง-2.5˚C ใช้เวลา 75 นาที ปลา Skip Jack ช่วง Latent zone phase มีค่า BBT ประมาณ -6˚C ถึง-2.3˚C ใช้เวลา 115 นาที และปลาYellowfin ช่วง Latent zone phase มีค่า BBT ประมาณ -3.5˚C ถึง 3˚C ใช้เวลา 165 นาที

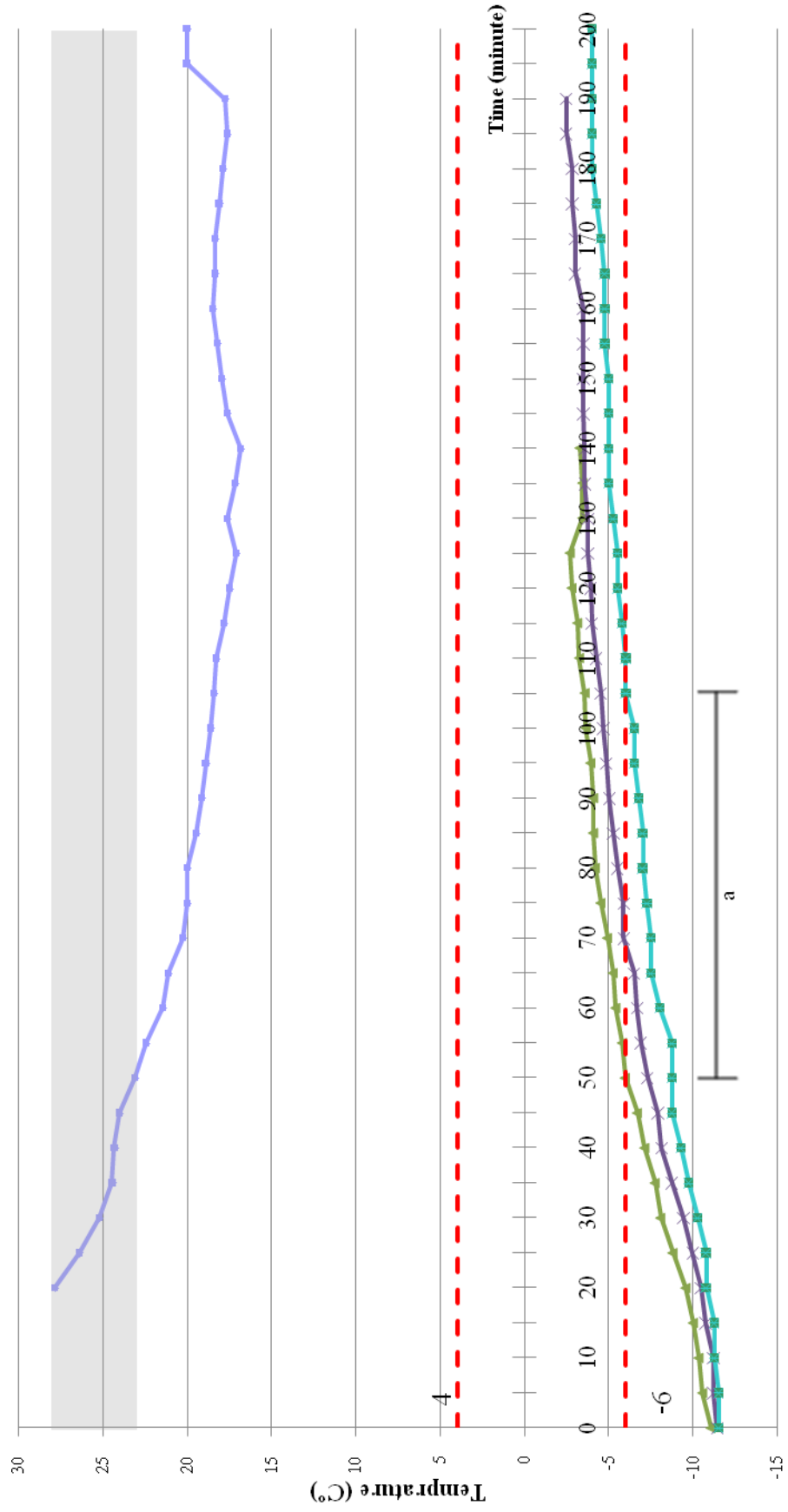


ภาพประกอบที่ 4-1 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack, Yellow fin และปลาTonggol ขนาดกลาง ก้มาลา

ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ช่วง Latent zone phase ใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมินานที่สุด จึงควรหาทางเพิ่มประสิทธิภาพการละลายในช่วงนี้ให้มากขึ้น โดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลาให้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำละลายปลาที่มีช่วงการเปลี่ยนแปลงการละลายสูงสุด นั้นคือช่วงการเปลี่ยนแปลง BBT ของปลาจาก -11°C เป็น -8°C ของปลา Skip Jack และปลา Tonggol จากค่า BBT ของปลา -10°C เป็น -6.5°C ในนาทีที่ 10 ถึง นาทีที่ 45 โดยมีค่าความชันหรือค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลาในช่วงดังกล่าว เท่ากับ 0.09 และ 0.1 องศาต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งช่วงดังกล่าวนั้นมีอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลาประมาณ 20°C ถึง 25°C ดังแถบสีเทาในภาพประกอบที่ 4-1 สอดคล้องกับข้อมูลของ (Knight, 2008) ที่แสดงช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการละลายด้วยน้ำ จึงควรนำมาใช้กำหนดอุณหภูมิน้ำที่ใช้ในการละลาย เนื่องจากมีอัตราการละลายสูงและไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพปลา

การละลายปลา Skip Jack ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งปลามีค่า BBT เริ่มต้นใกล้เคียงกันคือประมาณ -11°C โดยใช้น้ำหล่อเย็นอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 37 °C สำหรับการละลายปลา ด้วยการเติมน้ำลงไปในถังที่บรรจุปลาใช้เวลาประมาณ 20 นาที จนน้ำเต็มถัง พบว่าอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลามีค่าประมาณ 28°C และลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง(ภาพประกอบที่ 4-2) ส่งผลให้ค่า BBT ของปลาแต่ละขนาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วย แต่เนื่องจากขนาดตัวที่แตกต่างกันทำให้ค่า BBT ของปลาแต่ละขนาดที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกัน เนื่องจากการถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำกับตัวปลานั้นจะเห็นว่าปลาขนาดเล็กมีการถ่ายเทดีที่สุด รองลงมาเป็นปลาขนาดกลางและปลาขนาดใหญ่ตามลำดับ จากการละลายปลาไปจนถึงช่วง นาทีที่ 50-105 (a) นั่นคือช่วงที่ BBT ของปลาทั้งสามชนิดเริ่มเข้าอยู่ในช่วงที่กำหนดประมาณ -6°C ถึง 4 °C โดยนาทีที่ 50 อุณหภูมิของปลาขนาดเล็กเริ่มเข้าสู่ช่วง BBT ที่กำหนดไว้เป็นลำดับแรก จากนั้นนาทีที่ 67.5 ปลาขนาดกลางมีอุณหภูมิ BBT ปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดเป็นลำดับต่อมา และนาทีที่ 105 ปลาขนาดใหญ่มีอุณหภูมิ BBT ปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดเป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าขนาดปลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลง BBT ของปลาอย่างมาก โดยปลาขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่กำหนดมากกว่าปลาขนาดเล็กและปลาขนาดกลางประมาณ 55 และ 37.5 นาทีตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Anders Haugland (Haugland, 2002) ถึงค่าอุณหภูมิของช่วง Tempering phase ปลาแช่แข็งที่ทำการละลายปลาแซลมอลตั้งแต่อุณหภูมิเริ่มต้นจนถึงอุณหภูมิประมาณ -1.5°C เป็นช่วงที่มีอุณหภูมิภายในตัวปลาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

สำหรับการละลายปลาทั้ง 3 ขนาดของปลา Skip Jack ดังนาทีที่ 1-50 เป็นช่วง Tempering phase ดังนั้นหากต้องการให้เกิดการละลายสมบูรณ์ต้องใช้เวลาการละลายจนถึงช่วง Latent zone phase เพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลา เนื่องจากเป็นช่วงที่อุณหภูมิปลาเปลี่ยนแปลงอย่าง



ภาพประกอบที่ 4-2 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip jack ขนาดเล็ก, กลางและใหญ่ ถ้ามเวลา

ช้าๆและเกือบจะคงที่ ดังการละลายปลาแซลมอลที่อยู่ในช่วงประมาณ -5°C ถึง 0°C เป็นช่วงที่มีการดึงพลังงานมา เพื่อใช้ละลายน้ำแข็งที่อยู่ภายในตัวปลา แต่สำหรับการละลายปลา Skip Jack ขนาดเล็ก ช่วง Latent zone phase เป็นช่วงที่มีค่า BBT ประมาณ -6°C ถึง-3.5°C ใช้เวลา 90 นาที ปลาขนาดกลางช่วง Latent zone phase มีค่า BBT ประมาณ -7°C ถึง -2.5°C ใช้เวลา 140 นาที และปลาขนาดใหญ่ ช่วง Latent zone phase มีค่า BBT ประมาณ -8°C ถึง -4°C ใช้เวลา 150 นาที ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อเวลาที่ใช้ในการละลาย ซึ่งปลาขนาดเล็ก ใช้เวลาทั้งสิ้น 140 นาที ปลาขนาดกลางและปลาขนาดใหญ่ใช้เวลา 190 และ 200 นาที ตามลำดับ

ดังนั้นจึงควรเพิ่มประสิทธิภาพการละลายสำหรับปลาขนาดกลางและขนาดใหญ่ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลาให้มีค่าใกล้เคียงกับน้ำละลายปลาที่มีช่วงการเปลี่ยนแปลงการละลายสูงสุด นั่นคือช่วงการเปลี่ยนแปลง BBT ของปลาจาก -9°C เป็น-7°C ของปลาขนาดเล็กและปลาขนาดกลางจากค่า BBT ของปลา -10 °C เป็น -8°C และปลาขนาดใหญ่จากค่า BBT ของปลา-10.5°C เป็น-8.5°C ในนาทีที่ 25 ถึง นาทีที่ 50 โดยมีค่าความชันของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิต่อเวลาในช่วงดังกล่าวของปลาทั้ง 3 ขนาดประมาณ 0.08 องศาต่อนาที ซึ่งช่วงดังกล่าวนั้นมีอุณหภูมิน้ำในถังละลายปลาประมาณ 23°C ถึง 28 °C ดังแถบสีเทาในภาพประกอบที่ 4-2 ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลของ (Knight, 2008) เป็นช่วงอุณหภูมิที่ 21°C ถึง 24°C เหมาะสมกับการใช้น้ำละลายปลา

จากการศึกษาวิธีการละลายในรูปแบบปัจจุบันพบว่า การเปลี่ยนแปลง BBT ของชนิดปลาขนาดกลางมีค่าใกล้เคียงกันมาก จากกราฟแสดงให้เห็นว่า ชนิดปลามีผลต่อระยะเวลาการละลาย แม้ว่าการเปลี่ยนแปลง BBT แตกต่างเพียงเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลง BBT ของขนาดปลาแตกต่างกันมาก โดยเห็นอย่างชัดเจนจากกราฟ ซึ่งขนาดปลามีผลต่อระยะเวลาการละลาย จากการเปลี่ยนแปลง BBT แตกต่างกัน ส่วนหนึ่งเป็นผลจากปลาขนาดเล็กมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าปลาขนาดกลางและขนาดใหญ่เมื่อปริมาตรเท่ากัน ทำให้มีการถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่า ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นสามารถศึกษาและหาแนวทางแก้ปัญหา โดยปรับปรุงระบบการละลายปลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการละลายให้เหมาะสมกับชนิดปลาและขนาดปลา ด้วยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำละลายปลา และนอกจากนี้แล้วการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำเป็นส่วนหนึ่งของ

การปรับปรุงระบบการละลายปลา เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อระบบ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ใช้น้ำจำนวนมาก และจากการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงปัญหาดังกล่าว เกิดจากการที่ขาดการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำเพื่อเป็นการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากน้ำที่ใช้แล้วมีอุณหภูมิต่ำมากไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ซ้ำ ซึ่งปัญหาดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการละลายด้วยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้เหมาะสม

จึงศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพดังกล่าว ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการหาแนวทางการปรับปรุงการละลายปลาด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ โดยเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้เหมาะสม และยืนยันความเป็นไปได้ด้วยการศึกษาคุณภาพน้ำ คุณภาพผลิตภัณฑ์ และผลกระทบต่ออัตราการละลายปลา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1.2 การหาแนวทางในการปรับปรุง โดยการใช้น้ำละลายปลาหมุนเวียนมาใช้ซ้ำ

ทางเลือกที่มีความเป็นไปได้สูงและช่วยให้โรงงานประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก แต่มูลค่าการลงทุนและระยะเวลาการคืนทุนย่อมตามไปด้วย สำหรับโรงงานตัวอย่างที่ได้ศึกษาพบว่ามีแนวทางในการลดการใช้น้ำโดยการหมุนเวียนน้ำในการละลายปลาในระหว่างการละลาย 1 ชุดปลาเท่านั้น ซึ่งผลที่ได้อาจจะไม่เต็มประสิทธิภาพของแนวทางดังกล่าว ดังนั้นจึงหาแนวทางเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำในการละลายปลาให้เกิดประสิทธิภาพของระบบสูงสุด สำหรับทางเลือกแบบลงทุนสูง จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำหมุนเวียนกลับมาใช้ซ้ำ ซึ่งจะช่วยประหยัดและลดต้นทุนการใช้น้ำอย่างสูง สอดคล้องกับทางโรงงานตัวอย่างยังขาดการศึกษาความเป็นไปได้ในส่วนนี้ ดังนั้นจึงทำการศึกษาและเก็บข้อมูล ผ่านการทดลองและจากการศึกษาแนวทางการลดการใช้น้ำข้างต้นพบว่า แนวทางดังกล่าวต้องอาศัยการปรับปรุงโครงสร้างและระบบการละลายเดิม ซึ่งอาจจะประยุกต์เป็นแนวทางเลือกต่อไป

4.1.2.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

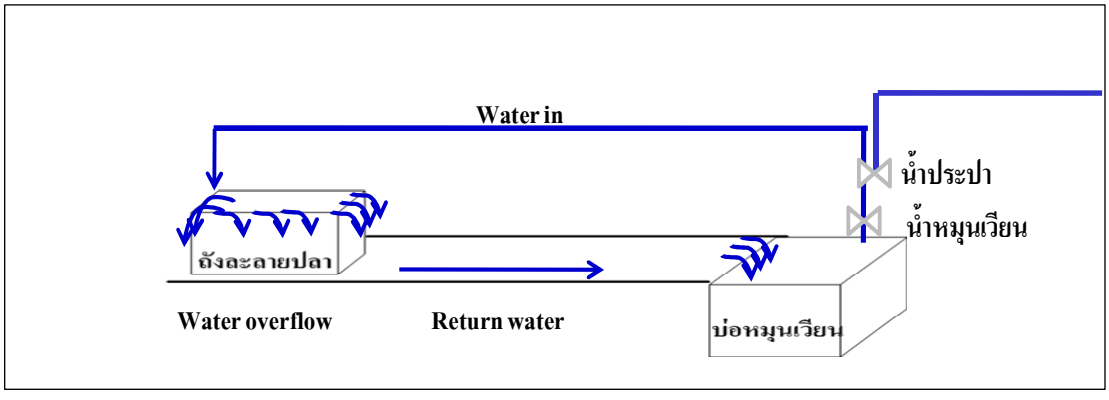
การละลายปลาในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง มีความสำคัญสำหรับการผลิตทูน่ากระป๋อง เนื่องจากเป็นส่วนที่จะช่วยส่งเสริมคุณภาพ ดังนั้นจึงได้มีการควบคุมการละลายเตรียมวัตถุดิบสำหรับการผ่าท้องปลา โดยการละลายน้ำแข็งออกจากปลาทูน่าแช่แข็งจนได้อุณหภูมิที่เหมาะสม ป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ผิวหนังปลา ช่วยรักษาความสดและชุ่มชื่นของปลา ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้ยังส่งผลกระทบต่อกระบวนการถัดไป นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลาเป็นจำนวนมาก โดยมีอัตราการใช้น้ำสูงถึง 480.73 ลบ.ม./วัน และความเหมาะสมในการศึกษาโดยละเอียด ดังนั้นจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ของแนวทางการลดการใช้น้ำในกระบวนการนี้ โดยการให้ความร้อนด้วยไอน้ำแก่น้ำละลายแล้วในรอบหนึ่ง เพื่อนำไปสู่การใช้ซ้ำ

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ถึง ความสามารถในการใช้น้ำละลายมาใช้ซ้ำในกระบวนการผลิต โดยเน้นการตรวจสอบคุณภาพของปลา และกระบวนการหลังจากกระบวนการละลายปลานั้นคือ กระบวนการผ่าท้องปลา ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการล้างทำความสะอาด จึงมีความเป็นไปได้ของการนำน้ำละลายปลาสามารถกลับมาใช้ซ้ำโดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของเนื้อปลา

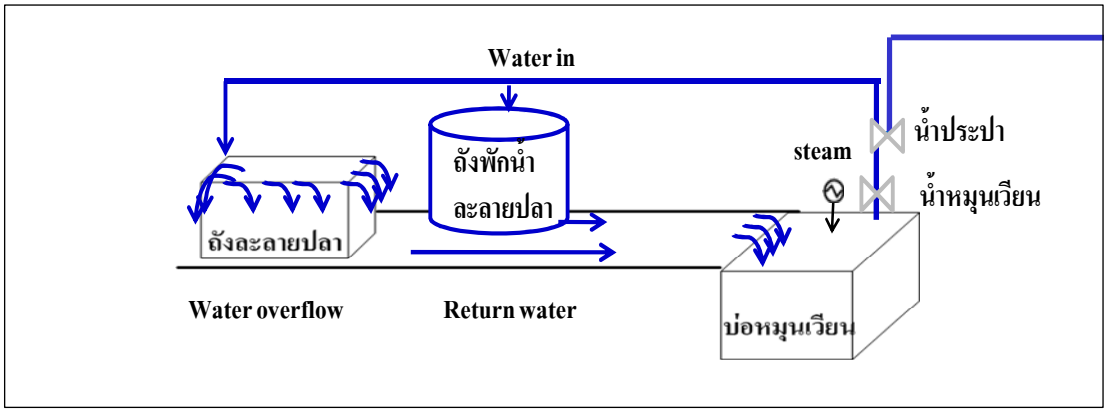
4.1.2.2 การทดลองความเป็นไปได้ของการหมุนเวียนน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงการทดลอง (Experiment research) โดยทำการศึกษาและเก็บข้อมูลในโรงงาน และทำการเปรียบเทียบการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก กับการใช้น้ำละลายหมุนเวียนซ้ำครั้งที่ 1 และ ซ้ำครั้งที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแสดงได้ดังต่อไปนี้

การนำใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และซ้ำครั้ง 2 โดยเริ่มจากเก็บน้ำละลายปลาจากการละลายแรกไว้ในบ่อพักน้ำละลายปลา แล้วสูบน้ำจากบ่อหมุนเวียน จนกระทั้งน้ำล้นออกจากถังละลายปลา พร้อมกับเปิดวาล์วน้ำจากบ่อพักน้ำละลายปลาลงบ่อหมุนเวียนจนหมด และทำการให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำในการควบคุมอุณหภูมิน้ำในบ่อหมุนเวียนให้อยู่ในช่วง 21°C-24°C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลาย (Knight, 2008) จากนั้นหมุนเวียนน้ำในบ่อหมุนเวียนละลายปลา และเริ่มละลายปลาจนได้อุณหภูมิ BBT ดังภาพประกอบที่ 4-3



(a)



(b)

ภาพประกอบที่ 4-3 การละลายปลาที่ใช้ในการทดลอง

(a) การใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก

(b) การใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และ 2

4.1.2.3 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อศึกษาถึงความสามารถของการเพิ่มรอบของน้ำละลายปลากลับมาหมุนเวียนใช้ซ้ำ

4.1.2.4 ขอบเขตการการทดลอง

(1) การทดลองนี้พิจารณากระบวนการละลายในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

(2) การวิจัยนี้พิจารณาเปรียบเทียบการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกกับการใช้น้ำละลายปลาหมุนเวียนใช้ซ้ำครั้งที่ 1 สำหรับปลา Skip Jack ขนาดกลาง และ เปรียบเทียบการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกกับการใช้น้ำละลายปลาหมุนเวียนใช้ซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 สำหรับปลา Skip Jack ขนาดใหญ่

4.1.2.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

(1) การตรวจสอบวัตถุดิบและอุปกรณ์สำหรับละลายปลาให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานได้แก่ ปลาที่ชั่งน้ำหนักและการตรวจวัดเรียบร้อยแล้ว รางละลายปลา บ่อหมุนเวียนสำหรับการละลายปลา และไอน้ำสำหรับให้ความร้อนแก่น้ำในบ่อหมุนเวียน

(2) การเตรียมความพร้อมก่อนละลาย โดยทำการสุ่มเจาะปลาเพื่อวัด BBT ของปลา จำนวน 3 ตัว จากนั้นทำการเก็บน้ำในบ่อหมุนเวียนก่อนการละลายปลา โดยการเปิดปั้มน้ำหมุนเวียนเก็บน้ำตัวอย่างจากสายยาง ดังภาพประกอบที่ 4-4

(3) เริ่มทำการละลายปลาโดยน้ำครั้งแรก นำถังปลาเข้ารางละลายและสอดสายยางไปยังช่องของถังละลายปลาแล้วเปิดปั้มและวาล์วน้ำเพื่อเริ่มการละลายปลา ทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียนน้ำในถังละลายปลา และ BBT ในตัวปลา ทุกๆ 10 นาที จับเวลาการเปิด -ปิด จนกระทั้ง BBT ปลาเท่ากับ -2 °C จึงเอาสายยางออกเพื่อเตรียมเอาปลาขึ้น

(4) การเก็บตัวอย่างในกระบวนการลายปลาสำหรับทำการวิเคราะห์ ด้วยการสุ่มการตัดชิ้นเนื้อปลาส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนหลังอย่างละตัว เพื่อตรวจวัดค่าฮีสตามีนที่ควบคุม พร้อมทั้งทำการเก็บน้ำละลายปลาใส่ขวดเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ค่า TPC

(a)

(b)

(c)

ภาพประกอบที่ 4-4 เตรียมความพร้อมก่อนละลาย

(a) การเจาะปลาเพื่อวัด BBT ของปลา

(b) การวัด BBT ของปลาด้วยการใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้หัววัด

(c) การเสียบสายยางลงในถังละลายปลาเตรียมความพร้อมก่อนละลาย

(5) การเตรียมความพร้อมก่อนการละลายปลา โดยหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ทำการเก็บน้ำหมุนเวียนประมาณ 0.5 ลบ.ม.ในบ่อพักน้ำละลายปลาจากการนำสายยาง และดึงกระดาษที่ปิดรูด้านข้างของถังละลายปลาเพื่อระบายน้ำออก จนกระทั้งน้ำละลายปลาไหลออกจนหมด ซึ่งน้ำดังกล่าวจะไหลลงไปยังบ่อหมุนเวียน แล้วรถยกทำการยกถังปลาเพื่อทำการผ่าท้องและนึ่งปลาต่อไป (เมื่อผ่านกระบวนการนึ่งปลาแล้วทำตามขั้นตอนที่ 9) และทำการเจาะปลาที่จะละลายปลาโดยใช้น้ำละลายครั้งที่ 2 เพื่อวัด BBT ปลา จำนวน 3 ตัว ด้วยการสุ่ม

(6) เริ่มทำการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 โดยนำถังปลาเข้ารางละลายและสอดสายยางไปยังช่องของถังละลายปลาแล้วเปิดปั้มและวาล์วน้ำเพื่อเริ่มการละลายปลา พร้อมทั้งทำการปล่อยน้ำจากบ่อพักน้ำละลายปลาไปยังบ่อหมุนเวียน และเปิดไอน้ำเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำหมุนเวียนตามระดับที่กำหนด (ช่วงอุณหภูมิ 21°C -24°C) ไว้สำหรับบ่อหมุนเวียน จากนั้นทำการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน น้ำในถังละลายปลา และ BBT ในตัวปลา ทุก 10 นาที จับเวลาการเปิด-ปิด จนกระทั้ง BBT ปลาเท่ากับ -2 °C เอาสายยางออกเพื่อเตรียมเอาปลาขึ้น

(7) การเก็บตัวอย่างในกระบวนการละลายปลา โดยทำการตัดชิ้นเนื้อปลาส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนหลัง โดยการสุ่มสำหรับการวิเคราะห์ฮีสตามีนที่ควบคุม พร้อมทั้งทำการเก็บน้ำละลายปลาใส่ขวดเก็บตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์ TPC

(8) การหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 ทำเช่นเดียวกับการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1

(9) การเก็บตัวอย่างในกระบวนการนึ่งปลาสำหรับวิเคราะห์ การใช้น้ำละลายครั้งแรก การนำน้ำหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และซ้ำครั้งที่ 2 เมื่อปลาออกจากหม้อนึ่งปลา โดยการสุ่มทำการตัดชิ้นเนื้อปลาส่วนหัว ส่วนกลางและส่วนหลังอย่างละตัว เพื่อตรวจวัดฮีสตามีนที่ควบคุมด้วยวิธี Fluorometric (AOAC, 1987) และตรวจวัด TPC ด้วยวิธี Petri film aerobic count plate (ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ, ม.ป.ป.)

4.1.2.6 ผลและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการทดลองกับปลา Skip Jack ขนาดกลาง จากการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้งและการทดลองกับปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ จากการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 2 ครั้ง ดังนี้

(1) ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้งจากปลาขนาดกลาง

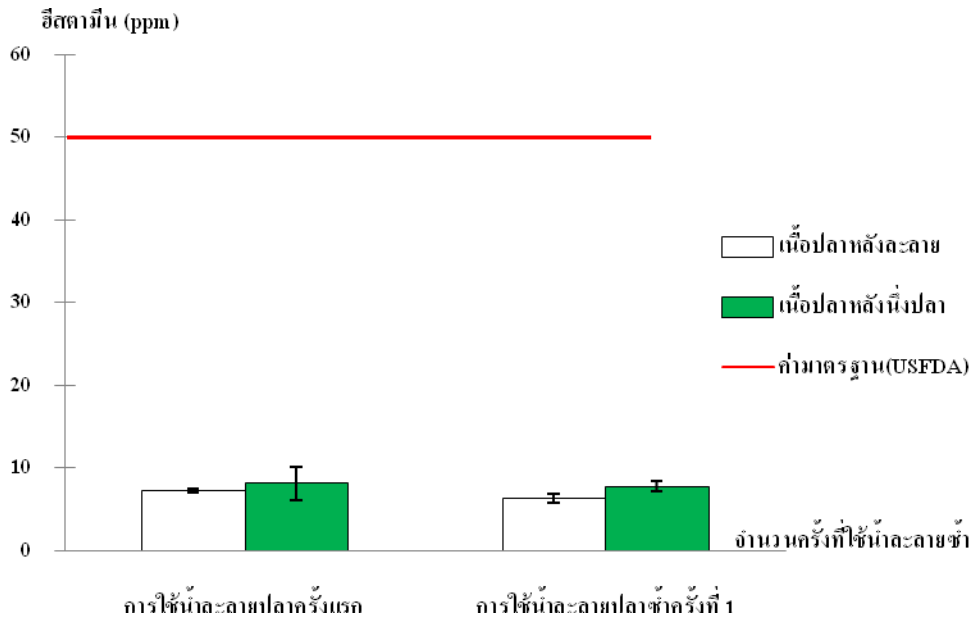
(1.1) ค่าฮีสตามีน

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลาที่ใช้แล้วกลับมาใช้ซ้ำ แทนการเติมน้ำละลายซ้ำในแต่ละครั้งของกระบวนการ ผ่านการพิจารณา ค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายและหลังการนึ่ง และค่า TPC ในเนื้อปลาหลังการนึ่งและในน้ำละลายปลา เริ่มจากการคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) ของค่าฮีสตามีนโดยใช้โปรแกรม MINITAB 14 ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ยที่ทำให้ปฏิเสธสมมุติฐานเท่ากับ 10 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายและหลังการนึ่งเท่ากับ 0.25 และ 2.08 ตามลำดับ ซึ่งได้จำนวนการทดสอบซ้ำเป็น 2 และ 2 การทดสอบ (ภาคผนวก จ-2.2) ตามลำดับเป็นอย่างน้อย สำหรับการทดลองนี้จึงทำการศึกษาจำนวน 3 การทดสอบ โดยใช้กับทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด เพื่อศึกษาความผันแปรเนื่องจากค่า TPC ในเนื้อปลาที่ทำการตรวจวัด มีค่าต่ำกว่า 10 CFU/g หมายถึงไม่พบโคโลนีเกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ตัวอย่างจึงไม่สามารถหาค่าจำนวนการทดสอบได้ และค่า TPC ในน้ำละลายปลามีค่าความผันแปรสูงมากจำนวนการทดสอบมากตามไปด้วย ซึ่งไม่สามารถทำการทดลองได้ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกจำนวนการทดลองจากการคำนวณค่าฮีสตามีน

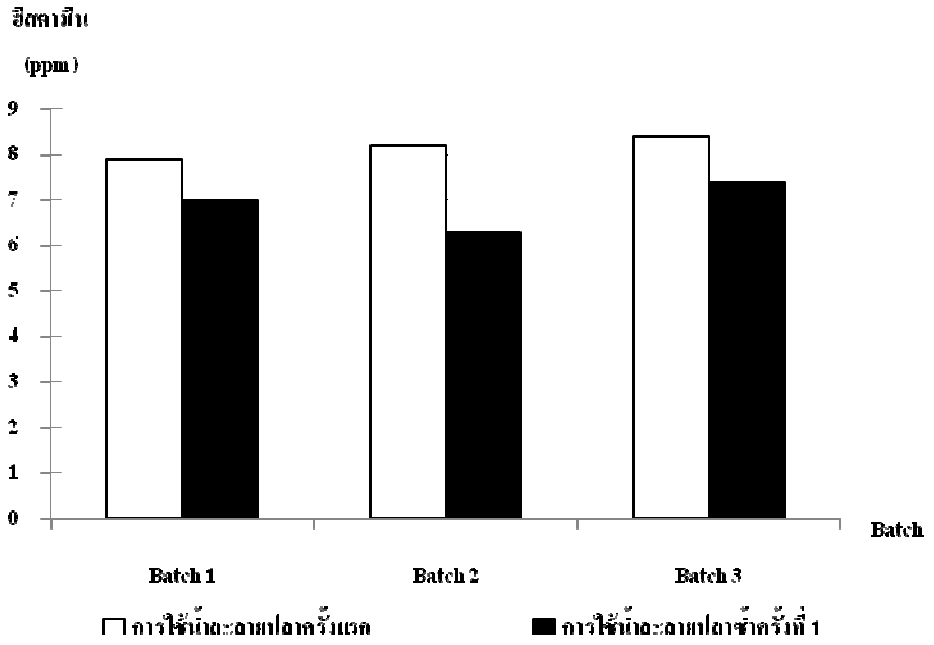
ผลการศึกษาฮีสตามีนในเนื้อปลาดังภาพประกอบที่ 4-5, 4-6 และ 4-7 พบว่าเนื้อปลาหลังละลาย จากการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 7.28 และ 6.32 ppm ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.25 และ 0.56 ppm ตามลำดับ ซึ่งค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลาจากการใช้น้ำละลายซ้ำมีค่าใกล้เคียงกันมาก สำหรับฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่งด้วยการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 8.15 และ 7.8 ppm ตามลำดับ ซึ่งปริมาณฮีสตามีนที่วัดได้นั้นมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.08 และ 0.60 ppm ตามลำดับ ค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่ง จากการใช้น้ำละลายซ้ำมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ ชุด 1 มีค่าแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด เป็นผลมาจากความแตกต่างของคุณภาพปลา ค่าฮีสตามีนเมื่อรับวัตถุดิบ ซึ่งปริมาณฮิสตามีนของปลาที่ตายแล้วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เก็บรักษา เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญ (จริยา, 2551) และค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่งนั้น ส่วนใหญ่มีปริมาณสูงกว่าหลังกระบวนการละลายปลา ซึ่งสอดคล้องกับผลของ Iwan Setiyonoko (Setiyonoko, 2006) และเนื่องจากฮีสตามีนเป็นสารพิษ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพ

และทนความร้อน จึงไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ (ปราณี และคณะ, 2538) และจากการกำหนดปริมาณฮีสตามีนโดยองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา(U.S.Food and Drug Administration, 2001) ไม่เกิน 50 ppm โดยปริมาณที่ตรวจวัดเนื้อปลาทั้งหลังกระบวนการละลายปลาและหลังกระบวนการนึ่งจากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำถึง 1 ครั้ง ไม่พบค่าที่เกินมาตรฐานควบคุม

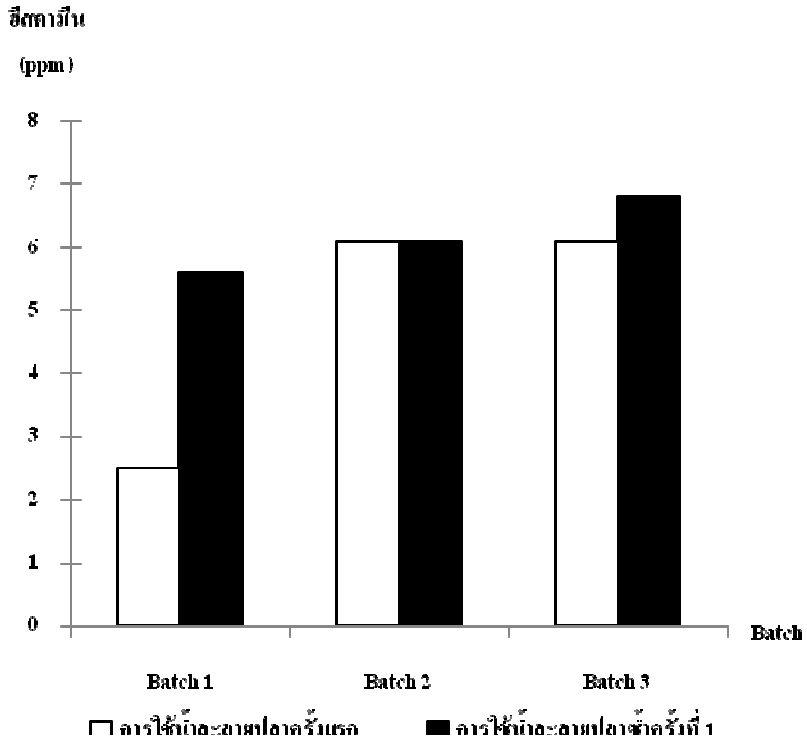
จากผลการทดลอง เมื่อใช้โปรแกรม MINITAB 14 ทดสอบ Paired T-test (ภาคผนวก ค) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายและหลังการนึ่งจากการใช้น้ำละลายซ้ำ สำหรับการทดสอบความแตกต่างค่าฮีสตามีนทั้งเนื้อปลาหลังการละลายและเนื้อปลาหลังการนึ่งด้วยสิ่งตัวอย่างคู่ พบว่าการวนซ้ำน้ำละลายปลาไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าฮีสตามีนอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value > 0.05)



ภาพประกอบที่ 4-5 กราฟเปรียบเทียบฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลาและนึ่งปลาด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง



ภาพประกอบที่ 4-6 กราฟค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลาย ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง



ภาพประกอบที่ 4-7 กราฟค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังนึ่ง ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง

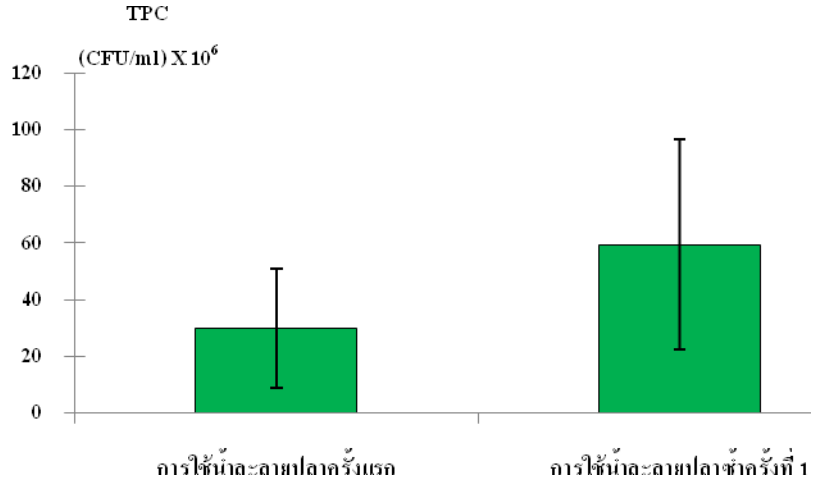
(1.2) เชื้อ T□C ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่ง

เชื้อ TPC ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่งจากการตรวจวัดเชื้อ TPC หลังกระบวนการนึ่งปลาจากการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 พบการปนเปื้อนของเชื้อ TPC เมื่อทำการตรวจสอบจากข้อมูลเดิมจากโรงงาน การละลายโดยใช้น้ำละลายครั้งแรกไม่ส่งผลกระทบต่อการปนเปื้อนของเชื้อ TPC ในเนื้อปลาหลังการนึ่ง สำหรับการปนเปื้อนที่ตรวจพบในครั้งนี้ เกิดจากการขาดทักษะในการเก็บตัวอย่างจากการใช้เทคนิคปลอดเชื้อ ดังนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลใหม่ โดยให้ความสำคัญในการเก็บตัวอย่างมากขึ้น พบว่าการปนเปื้อนมีค่าต่ำกว่า 10 CFU/g หมายถึงไม่พบโคโลนีเกิดขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ตัวอย่างที่ตรวจวัด ด้วยระดับความเจือจางต่ำสุด(10^{-1}) โดยตัวอย่างถูกเจือจาง 10 เท่า นั่นคือเชื้อ TPC มีปริมาณน้อยกว่าระดับการเจือจาง ซึ่งปริมาณ TPC จุดนี้ไม่เป็นจุดควบคุมวิกฤต (Critical control point) จึงไม่มีเกณฑ์มาตรฐาน แต่ค่าที่ควบคุมคือ ไม่พบเชื้อ TPC ซึ่งการวนซ้ำน้ำละลายจึงไม่มีผลต่อเชื้อ TPC ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่ง (ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ, ม.ป.ป.) และปริมาณเชื้อ TPC ในน้ำละลายปลาครั้งแรก และน้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ TPC

(1.3) เชื้อ T□C ในน้ำหลังกระบวนการละลายปลา

การละลายปลาครั้งแรก (ภาพประกอบที่ 4-8) ซึ่งใช้เวลาในการละลายปลาโดยเฉลี่ยประมาณ 3 ชั่วโมง พบค่าเฉลี่ยของเชื้อ TPC ที่ปนเปื้อนในน้ำหลังกระบวนการเท่ากับ 3.00 x10^7 CFU/ml เปรียบเทียบกับการละลายโดยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ซึ่งใช้เวลาละลายปลาเกือบ 3 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนเฉลี่ยประมาณ 5.9 x10^7 CFU/ml ซึ่งการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ ส่งผลโดยตรงต่อการปนเปื้อนของเชื้อ TPC โดยมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คิดเป็นประมาณ 2 เท่า สำหรับเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนที่เพิ่มมากขึ้นของการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 เนื่องมาจากการทดลองของ ชุด 1 นั้นมีปริมาณน้ำที่ใช้หมุนเวียนในระบบน้อยกว่าในชุดอื่นๆ จึงส่งผลกระทบโดยตรงต่อสัดส่วนปริมาณปลากับน้ำที่ใช้ในการละลาย ทำให้เกิดการปนเปื้อนสูงขึ้นมากกว่าปกติ ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการปนเปื้อนโดยทั่วไปนั้น เกิดจากปริมาณปลาที่ใช้ละลายประมาณ 800 - 1,000 กิโลกรัม จากช่วงน้ำหนักที่กว้างนี้ มีผลต่อสัดส่วนการปนเปื้อนระหว่างน้ำละลายปลากับปลา แม้ว่าค่าที่ตรวจวัดมีปริมาณสูง แต่เนื่องจากเป็นน้ำที่ใช้เพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลาและเตรียมการผลิต โดยส่วนใหญ่ภายหลังจากการลดความเย็นปลาทูน่าแล้วจะทำการล้างปลาเพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก ซึ่งการล้างทำโดยการลำเลียงปลาบนสายพาน พร้อม

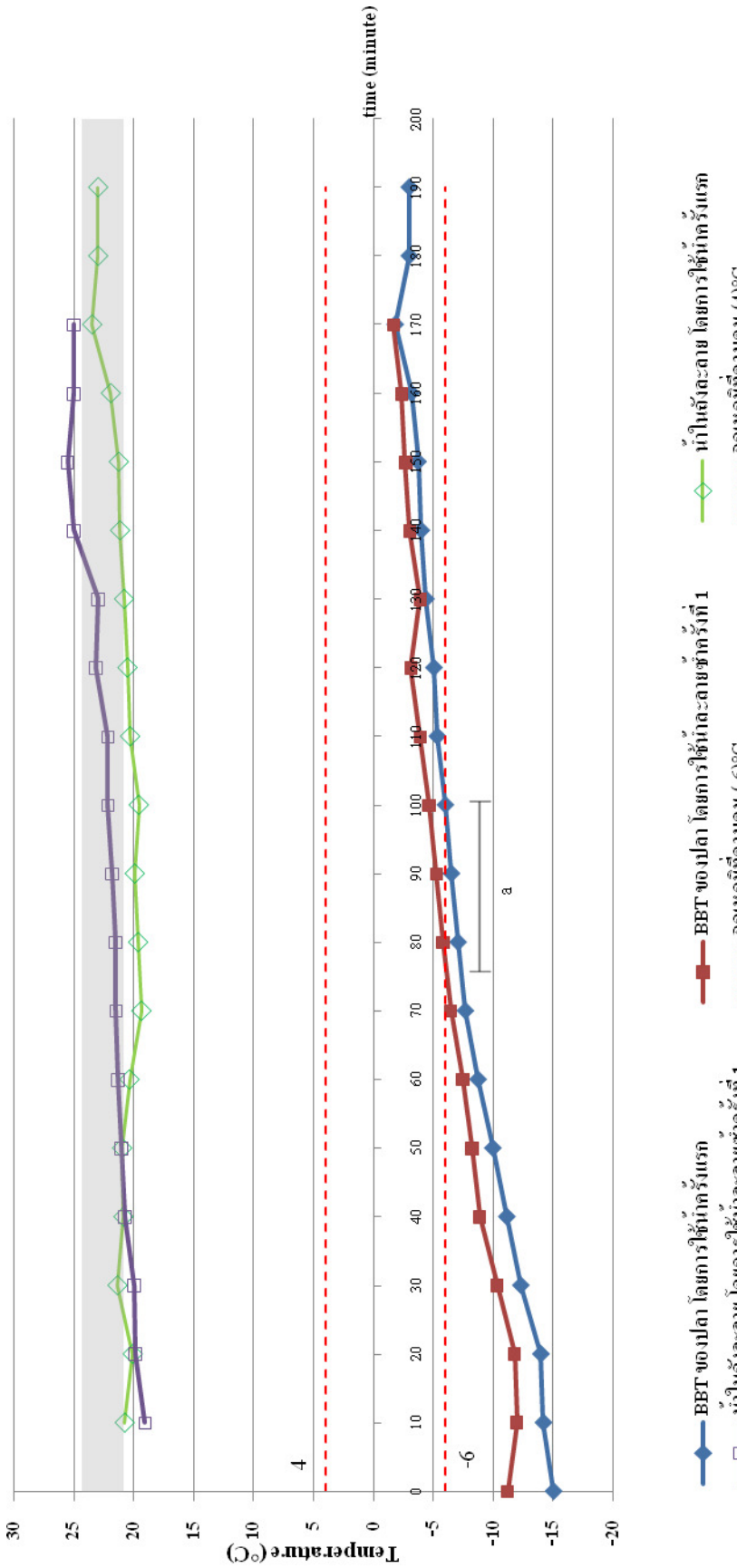
กับสเปรย์น้ำล้างบนตัวปลา สำหรับการวัดค่าการปนเปื้อนของเชื้อ TPC ที่จุดนี้เป็นเพียงการวัดปริมาณการเพิ่มที่เกิดขึ้น และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการวนซ้ำน้ำละลายที่ส่งผลต่อปริมาณการปนเปื้อน เนื่องจากไม่มีเกณฑ์ที่ใช้ควบคุม และเพื่อสังเกตผลกระทบที่จะส่งผลต่อคุณภาพปลา



ภาพประกอบที่ 4-8 กราฟเปรียบเทียบ TPC ของน้ำละลายปลา ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง

(1.4) ความผันแปรของ BBT ปลา

สำหรับการละลายปลา Skip Jack ขนาดกลางด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง (ภาพประกอบที่ 4-9) พบว่า การละลายปลาครั้งแรกโดยใช้น้ำประปาอุณหภูมิเริ่มต้น 28°C เมื่อละลายไปจนถึงนาทีที่ 75 ค่า BBT ของปลาที่ใช้น้ำละลายครั้งแรก เริ่มเข้าอยู่ในช่วง BBT ที่กำหนด ส่วนการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ค่า BBT ของปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดในนาทีที่ 100 จาก โดยช่วงนาทีที่ 75-105 (ช่วง a) เป็นช่วงที่เปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาของ BBT ปลาที่เริ่มเข้าสู่ช่วงที่กำหนด ซึ่ง BBT ของปลาจากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 เข้าสู่ช่วงที่กำหนดเร็วกว่าการใช้น้ำละลายครั้งแรกประมาณ 30 นาที เนื่องจาก ค่า BBT เริ่มต้นของปลาที่ละลายครั้งแรกอุณหภูมิประมาณ -15°C แต่ค่า BBT ของปลาใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 อุณหภูมิประมาณ -12°C เนื่องจากปลาถูกนำมาวางเพื่อรอการละลายประมาณ 1 ชั่วโมง ส่งผลให้การใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 รวดเร็วกว่าการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก เมื่อละลายต่อไปอัตราการละลายมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกนั้นอุณหภูมิของน้ำในถังละลายปลาที่ถ่ายเทความร้อนให้กับปลาอยู่ในช่วง 18°C ถึง 23°C แม้จะไม่มีการรักษาอุณหภูมิน้ำแต่อุณหภูมิแกว่งในช่วงแคบๆ



ภาพประกอบที่ 4-9 ความผันแปรของ BBT ของปลาขนาดกลาง ด้วยการใช้น้ำละลายซ้ำ 1 ครั้งกับเวลา

และลดต่ำเพียงเล็กน้อย เนื่องจากความร้อนที่เกิดปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการละลายสูงกว่าปกติ ส่วนการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 มีการรักษาระดับอุณหภูมิน้ำในบ่อหมุนเวียนอยู่ในช่วง 21°C -24°C ทำให้อัตราการละลายสูงเช่นกัน ซึ่งการละลายด้วยการใช้น้ำครั้งแรกและการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1ใช้เวลา 190 นาที และ 170 นาที ตามลำดับ

ดังนั้นการละลายโดยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ด้วยการรักษาระดับอุณหภูมิช่วยให้อัตราการละลายปลาดี และใช้ระยะเวลาใกล้เคียงกับ การใช้น้ำละลายครั้งแรก จึงมีความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลาที่ผ่านกระบวนการใช้แล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ซ้ำ จากนั้นจึงได้ศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเพิ่มรอบการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำเป็น 2 ครั้ง โดยการเปรียบเทียบคุณภาพเนื้อปลาและน้ำละลายปลา

(2) ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 2 ครั้ง จากปลาขนาดใหญ่

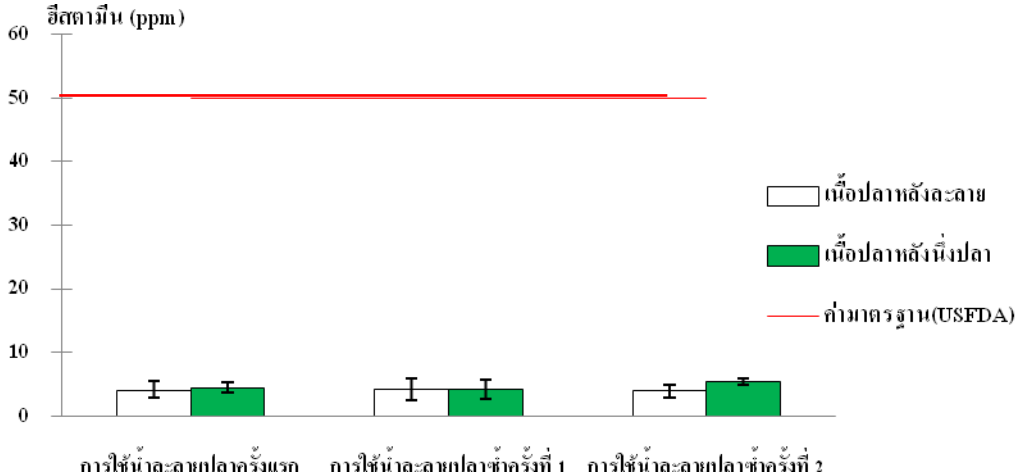
(2.1) ค่าฮีสตามีน

เริ่มจากการคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) โดยใช้โปรแกรม MINITAB 14 ที่ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างของค่าความแตกต่างสูงสุดของค่าเฉลี่ยที่ทำให้ปฏิเสธสมมุติฐาน เท่ากับ 10 ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายและหลังการนึ่งเท่ากับ 1.32 และ 0.78 ตามลำดับ ได้จำนวนการทดสอบซ้ำ 2 และ 3 ครั้ง (ภาคผนวก ง-3) ตามลำดับเป็นอย่างน้อย สำหรับการทดลองนี้ได้ทำการศึกษาจำนวน 3 การทดสอบ ใช้กับทุกพารามิเตอร์ที่ตรวจวัด จึงเลือกจำนวนการทดลองตามการคำนวณจากค่าฮีสตามีน

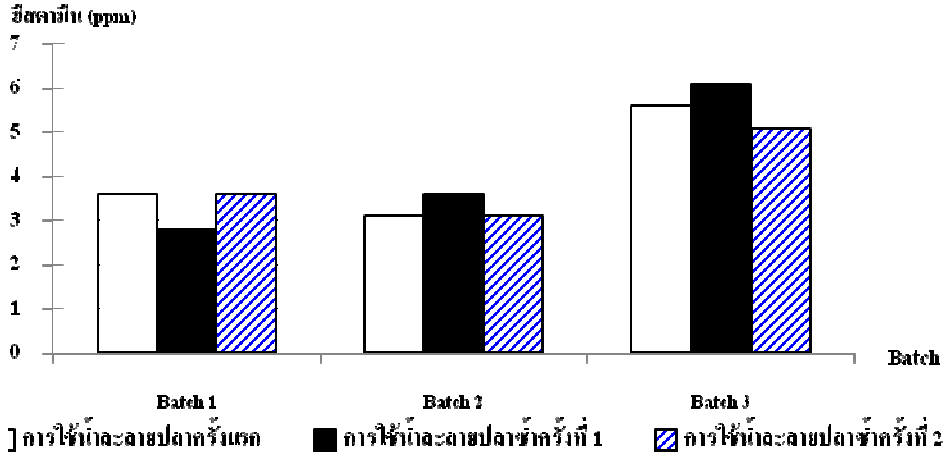
ผลการศึกษาฮีสตามีนในเนื้อปลาดังภาพประกอบที่ 4-10, 4-11 และ 4-12พบว่าเนื้อปลาหลังละลาย จากการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก การใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.10, 4.17 และ 3.93 ppm ตามลำดับ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.32, 1.72 และ 1.04 ppm ตามลำดับ ซึ่งค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลา จากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ มีค่าใกล้เคียงกันมาก และสำหรับฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่ง พบว่าการใช้น้ำละลายครั้งแรก การใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.47, 4.13 และ 5.40 ppm ตามลำดับ ซึ่งปริมาณฮีสตามีนที่วัดได้นั้นมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 , 1.5 และ 0.53 ppm ตามลำดับ จากการใช้น้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำส่งผลต่อค่าความแตกต่างของฮีสตามีนเพียงเล็กน้อย จากความแตกต่างของคุณภาพปลา ค่าฮีสตามีนในเนื้อปลา

หลังการนึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เนื่องจากความแตกต่างของชุดข้อมูลที่ทำการทดลองค่าฮีสตามีนของเนื้อปลาหลังกระบวนการละลาย และเนื้อปลาหลังการนึ่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยมีเพียงการใช้น้ำละลายกลับมาใช้ละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 ค่าฮีสตามีนแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างค่าฮีสตามีนหลังกระบวนการละลายและหลังกระบวนการนึ่ง โดยค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่งมีปริมาณสูงกว่าหลังกระบวนการละลายปลา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Iwan Setiyonoko (Setiyonoko, 2006) เนื่องจากฮีสตามีนเป็นสารพิษ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสามารถทนความร้อน จึงไม่สามารถทำลายสารนี้ได้ และจากการกำหนดปริมาณฮีสตามีนโดยองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาและแคนนาดา (U.S.Food and Drug Administration, 2001) ไม่เกิน 50 ppm สำหรับการทดลองนี้ปริมาณฮีสตามีนที่ตรวจวัดทั้งเนื้อปลาหลังกระบวนการละลายปลาและหลังกระบวนการนึ่งด้วยการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก การใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่ควบคุม

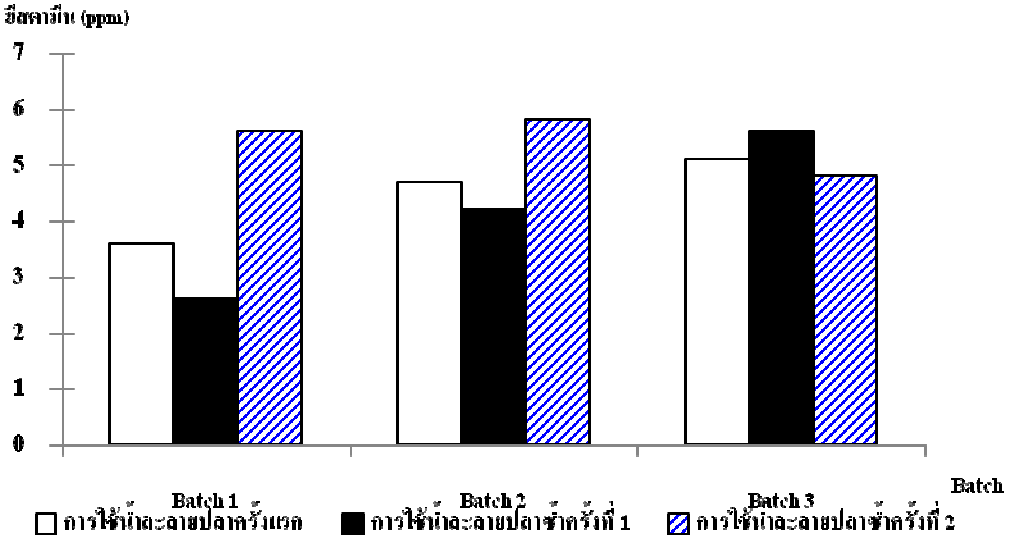
จากผลการทดลอง เมื่อใช้โปรแกรม MINITAB 14 ทดสอบ Paired T-test (ภาคผนวก ข) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายและหลังการนึ่งจากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ สำหรับการทดสอบความแตกต่างค่าฮีสตามีนทั้งเนื้อปลาหลังการละลายและเนื้อปลาหลังการนึ่ง ด้วยสิ่งตัวอย่างคู่ พบว่าการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่ส่งผลต่อความแตกต่างของค่าฮีสตามีนอย่างมีนัยสำคัญ (P-Value > 0.05)



ภาพประกอบที่ 4-10 กราฟเปรียบเทียบฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการละลายปลาและนึ่งปลาด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง



ภาพประกอบที่ 4-11 กราฟความผันแปรฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลาย ด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง



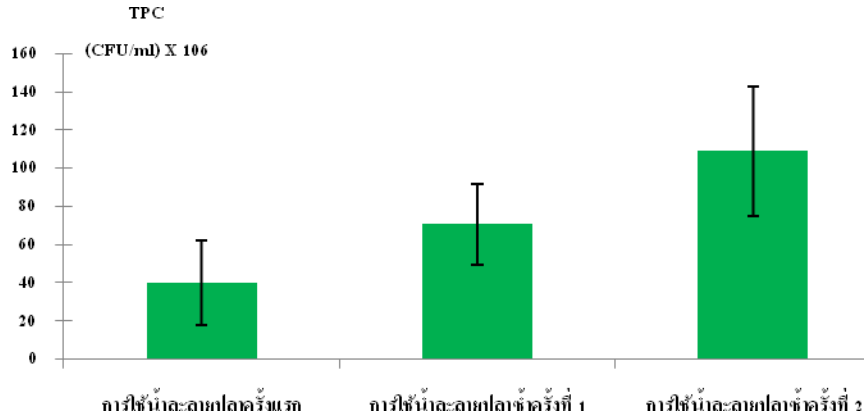
ภาพประกอบที่ 4-12 กราฟความผันแปรฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังนึ่ง ด้วยการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง

(2.2) เชื้อ T□C ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่ง

จากการตรวจวัดเชื้อ TPC หลังกระบวนการนึ่งปลาจากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 มีค่าต่ำกว่า 10 CFU/g คือ ไม่พบเชื้อ TPC ซึ่งการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำไม่มีผลต่อเชื้อ TPC ในเนื้อปลาหลังกระบวนการนึ่ง และปริมาณเชื้อ TPC ในน้ำหลังกระบวนการละลายปลาไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณเชื้อ TPC

(2.3) เชื้อ T□C ในน้ำหลังกระบวนการละลายปลา

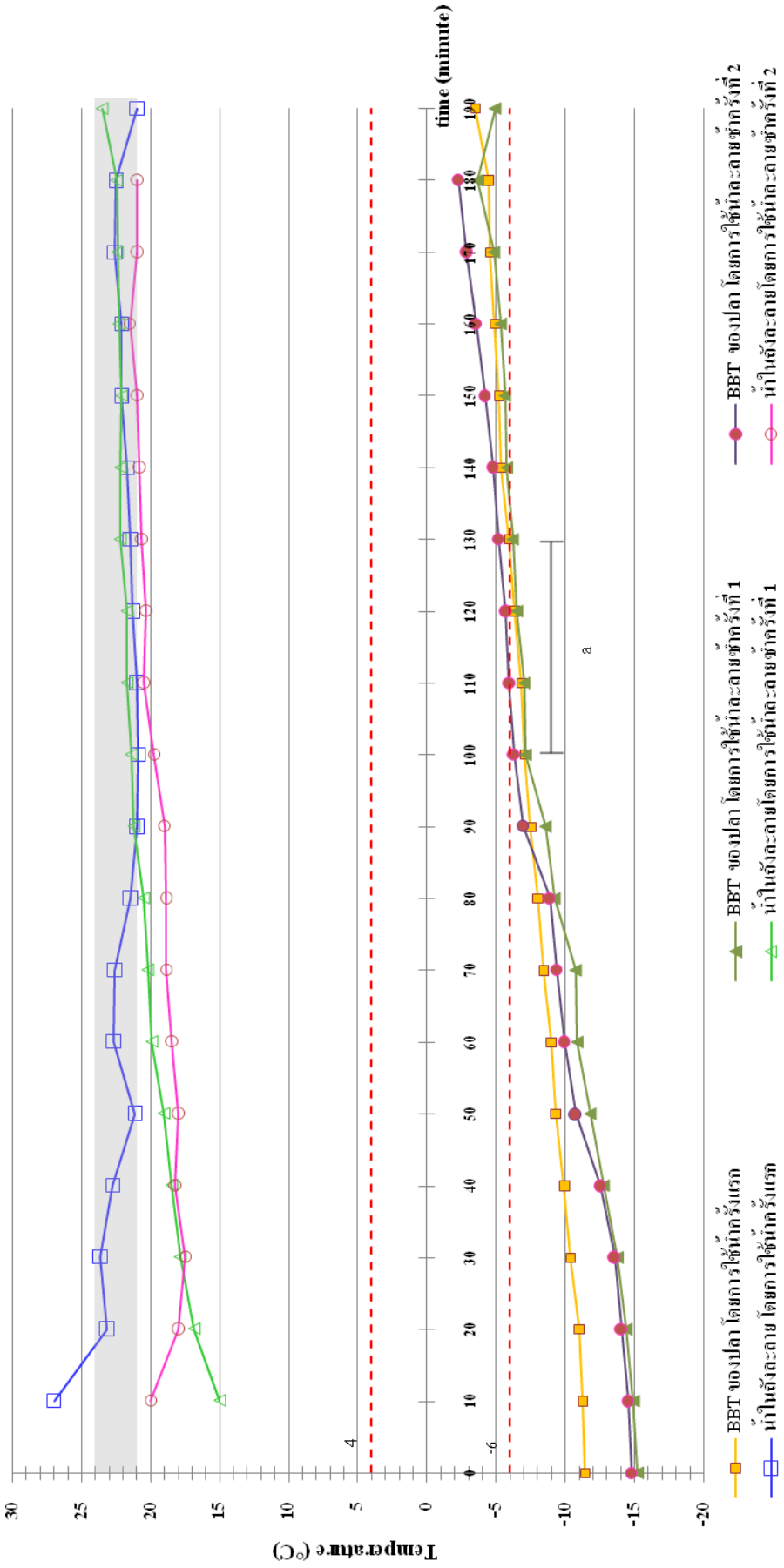
จากปริมาณเชื้อ TPC ที่ปนเปื้อนในน้ำหลังกระบวนการละลายปลาครั้งแรก (ภาพประกอบที่ 4-13) ซึ่งใช้เวลาในการละลายปลานาน 3 ชั่วโมงกว่า พบเฉลี่ยประมาณ 4.0 $x10^7$ CFU/ml เปรียบเทียบกับการละลายด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 ซึ่งทำการละลายปลาประมาณ 3 ชั่วโมงพบว่า มีปริมาณการปนเปื้อนเฉลี่ยประมาณ $7.1x10^7$ CFU/ml และ $10.9x10^7$ CFU/ml ตามลำดับ ซึ่งการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำส่งผลโดยตรงต่อการปนเปื้อนของเชื้อ TPC โดยปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเกือบเท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 กับการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรก และเมื่อเพิ่มรอบในการวนซ้ำเป็นน้ำละลายครั้งที่ 2 พบว่า ปริมาณการปนเปื้อนเกิดการสะสม โดยเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2.7 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำละลายครั้งแรก สำหรับเการปนเปื้อนที่เพิ่มมากขึ้น ค่าที่ตรวจวัดมีปริมาณสูงมาก แต่เนื่องจากเป็นน้ำที่ใช้เพียงเพื่อละลายน้ำแข็งในตัวปลาและเตรียมการผลิต สำหรับการวัดค่าการปนเปื้อนของเชื้อ TPC ที่จุดนี้เป็นเพียงการวัดปริมาณการเพิ่มที่เกิดขึ้น และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการวนซ้ำน้ำละลายที่ส่งผลต่อปริมาณเชื้อ เนื่องจากไม่มีเกณฑ์ที่ใช้ควบคุม



ภาพประกอบที่ 4-13 กราฟเปรียบเทียบ TPC ในน้ำละลายปลาจากการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง

(2.4) ความผันแปรของ BBT ปลา

การละลายปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ด้วยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 2 ครั้ง (ภาพประกอบที่ 4-14) พบว่า เมื่อนำน้ำประปามาใช้ละลายปลา อุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 27.5˚C สำหรับการละลายปลาครั้งแรก และการละลายปลาครั้งที่ 2 และ 3 เป็นการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ละลายซ้ำ โดยรักษาระดับอุณหภูมิน้ำละลายปลาในช่วง 21˚C-24˚C เรียกว่าการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 โดยน้ำละลายปลาที่นำมาใช้ละลายซ้ำอุณหภูมิเริ่มต้นประมาณ 15˚C และ 20˚C ตามลำดับ เมื่อละลายปลาไปจนถึงนาทีที่ 105 ค่า BBT ของปลาที่ใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 เริ่มเข้าอยู่ในช่วงที่กำหนด ส่วนการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกและการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ค่า BBT ของปลาอยู่ในช่วงที่กำหนดในนาทีที่ 130, 135 ตามลำดับ โดยช่วงนาทีที่ 105-135 (ช่วง a) เป็นช่วงที่เปรียบเทียบความแตกต่างของระยะเวลาของ BBT ของปลาที่เริ่มเข้าสู่ช่วงที่กำหนด ซึ่ง BBT ของปลาจากการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 เข้าสู่ช่วงที่กำหนดเร็วกว่าการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกและการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ประมาณ 25 และ 30 นาที ตามลำดับ เนื่องจากค่า BBT เริ่มต้นของปลาที่ใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 มีการรักษาระดับอุณหภูมิน้ำในบ่อหมุนเวียนให้อยู่ในช่วง 21˚C-24˚C และมีค่า BBT เริ่มต้นก่อนการละลายปลาประมาณ -14.5˚C ซึ่งต่ำกว่า BBT เริ่มต้นของปลาที่ใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 อุณหภูมิประมาณ-15.5˚C เป็นผลจากการนำปลามาวางเพื่อรอการละลายประมาณ 1/2 -1 ชั่วโมง และ BBT ปลาที่ใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกอุณหภูมิเริ่มต้นต่ำที่สุดประมาณ -11.5˚C โดยไม่มีการให้ความร้อนเพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียนจึงมีอัตราการละลายปลาต่ำที่สุดในช่วงแรก แต่เมื่อละลายปลาต่อไปอัตราการละลายปลาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นผลจากความร้อนที่เกิดจากปั๊มสูบน้ำหมุนเวียน ทำให้อัตราการละลายปลาโดยการใช้น้ำละลายปลาครั้งแรกใกล้เคียงกับอัตราการละลายปลาโดยใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 เมื่อทำการละลายปลาต่อไปจนเสร็จกระบวนการ การละลายปลาโดยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2 ใช้เวลา 180 นาที ส่วนการละลายปลาโดยการใช้น้ำละลายครั้งแรกและการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 ใช้เวลา 190 นาที ดังนั้นการละลายปลาโดยการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และ 2 ด้วยการรักษาระดับอุณหภูมิช่วยให้อัตราการละลายปลาดีขึ้น แม้ว่าอุณหภูมิน้ำที่ใช้ละลายปลาเพียงแค่ 21-24˚C ซึ่งต่ำกว่าการใช้น้ำประปาในการละลายปลาครั้งแรก ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 32˚C ส่งผลให้ระยะเวลาที่ใช้ละลายปลาใกล้เคียงกันกับการนำน้ำกลับมาใช้ละลายปลาซ้ำครั้งที่ 1 และการใช้น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2



ภาพประกอบที่ 4-14 ความผันแปรของ BBT ปลาขนาดใหญ่ ด้วยการนำน้ำละลายกลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง ตามเวลา

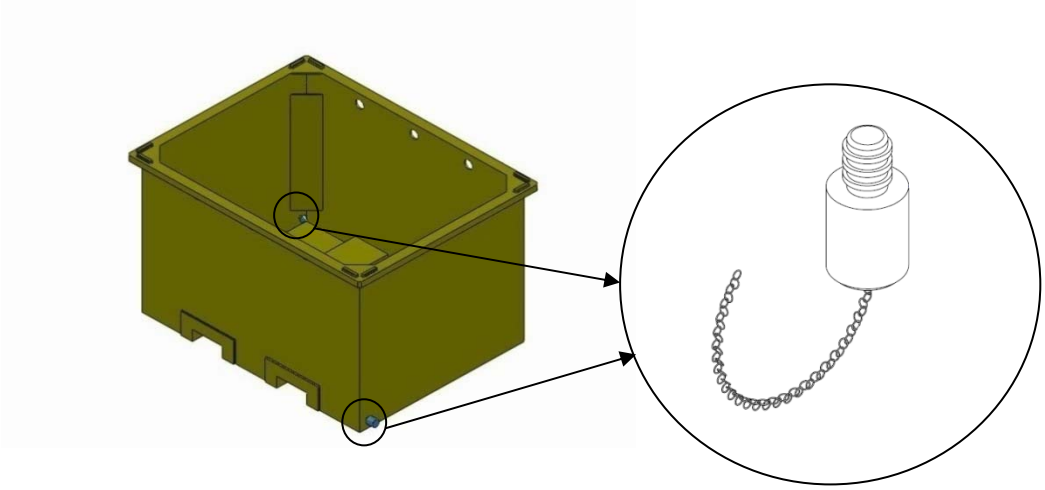
จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ละลายปลาซ้ำ 2 ครั้ง เพื่อให้แนวทางดังกล่าวสามารถนำมาปรับใช้ได้จริง จำเป็นต้องปรับปรุงระบบการละลาย พร้อมกับประเมินความเป็นไปได้ดังนี้

4.1.3 การปรับปรุงระบบละลายปลาและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเพิ่มการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

การปรับปรุงระบบการละลายปลาในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง โดยจัดทำเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่ 1 ปรับปรุงระบบถังละลายปลา และส่วนที่ 2 ปรับปรุงระบบรางละลายปลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ซ้ำได้ 100% จะต้องปรับปรุงรางละลายปลาที่มีอยู่ให้สามารถรองรับน้ำเพื่อ นำกลับมาใช้ซ้ำได้ และปรับปรุงถังละลายปลาเพื่อให้การถ่ายน้ำได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ดังนี้

4.1.3.1 ปรับปรุงระบบถังละลายปลา

ถังละลายปลาเดิมทางโรงงานมีการเจาะถังอยู่แล้ว แต่เป็นแค่ส่วนหนึ่ง จึงเสนอการปรับปรุงถังละลายปลา ด้วยการเจาะรูด้านล่าง 2 ข้าง ซึ่ง เพื่อให้ช่วยในการระบายน้ำออกจากถังให้หมด สำหรับการหมุนเวียนน้ำมาใช้ละลายรอบต่อไป และออกแบบจุกยางปิดรูเพื่อใช้ปิดระหว่างการละลาย ดังภาพประกอบที่ 4-15



ภาพประกอบที่ 4-15 การปรับปรุงถังละลายปลา

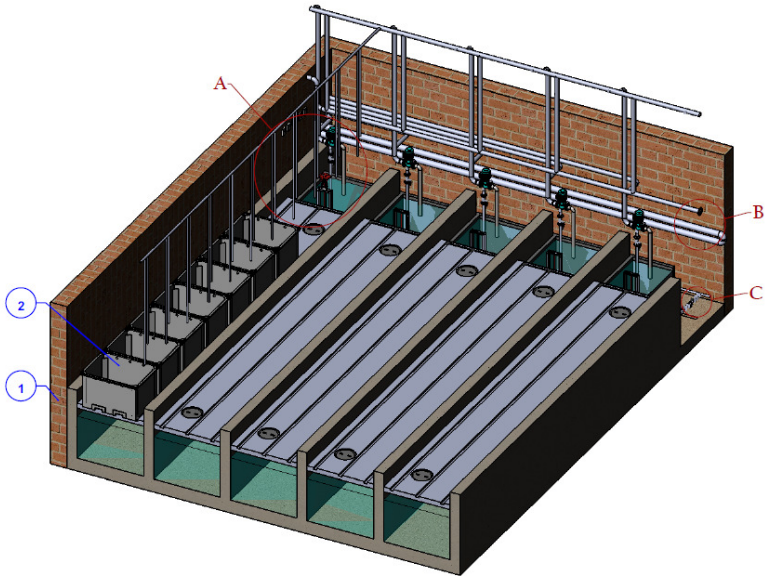
4.1.3.2 ปรับปรุงระบบรางละลายปลา

(1) การปรับปรุงรางละลายปลา

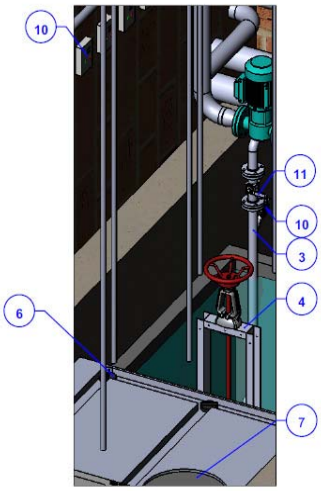
การปรับปรุงระบบรางละลายปลา เนื่องจากแบบเดิมไม่สามารถเก็บน้ำไว้สำหรับหมุนเวียนได้ 100% เนื่องจากบ่อหมุนเวียนมีความจุเพียง 3.74 ลบ.ม. จึงออกแบบบ่อสำหรับรองรับน้ำที่ใช้ละลายปลาแล้ว เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ละลายซ้ำ ให้สามารถเก็บน้ำได้เพิ่มเป็น 34 ลบ.ม. ดังภาพประกอบที่ 4-16 และรายละเอียดดังตารางที่ 4-1

การปรับปรุงรางละลายปลาโดยการขยายพื้นด้านล่าง (1) โดยเจาะช่องสำหรับการดูแลรักษาบ่อรองรับน้ำด้านล่าง 2 ช่องโดยปิดเปิดด้วยฝาคอนกรีต (7) และจุกยาง (6) สำหรับรับน้ำที่ละลายปลาครั้งแรกลงยังบ่อรองรับน้ำด้านล่าง ซึ่งจุกยางจะอยู่ใกล้กับบ่อหมุนเวียนและมีทั้งหมด 3 รู เพื่อเป็นพื้นที่รองรับน้ำละลายปลาที่ใช้แล้ว จากถังละลายปลา (2) ด้วยการใช้วาล์วปิดเปิดน้ำ (4) ด้านบนเพื่อถ่ายเทน้ำจากบ่อรองรับน้ำละลายที่ใช้แล้วยังบ่อหมุนเวียน พร้อมทั้งให้ความร้อนจากท่อไอน้ำหลัก (5) ด้วยการออกแบบท่อไอน้ำหุ้มฉนวนและปิดท่อด้วยฝาปิดท่อไอน้ำ (8) ซึ่งจะส่งไอน้ำเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยขดลวดความร้อน (3) ซึ่งประกอบด้วย โซลินอยด์วาล์ว (9) กล่องอิเล็กทรอนิกส์ (10) และบอลล์วาล์ว (11) เมื่อไอน้ำผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะกลายเป็นคอนเดนเสท โดยคอนเดนเสทดังกล่าวจะถูกขับออกทางท่อปล่อยคอนเดนเสท (13) ซึ่งเชื่อมต่อด้วยข้อต่อระบบปล่อยคอนเดนเสท (14) เพื่อขับออกยังท่อหลักคอนเดนเสท (12)

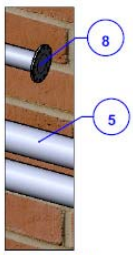
ซึ่งระบบการทำงานของการปรับปรุงรางละลายปลา เริ่มจากเมื่อทำการละลายปลาครั้งแรกเสร็จแล้ว ทำการดึงสายยางออกจากถังละลายปลา จากนั้นทำการดึงจุกยางเพื่อให้น้ำละลายปลาไหลลงไปยังบ่อรองรับน้ำละลายปลา เมื่อน้ำละลายปลาออกจากถังจนหมด ทำการปิดจุกยาง แล้วนำถังละลายปลาออก จากนั้นทำการปิดวาล์วปิด เปิด ที่อยู่ระหว่างบ่อรองรับน้ำกับบ่อหมุนเวียน พร้อมกับเปิดวาล์วของท่อไอน้ำ เพื่อส่งความร้อนจากไอน้ำเข้าไปยังขดลวดความร้อน ที่จุ่มแช่ในบ่อหมุนเวียน เพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำละลายปลาให้อยู่ในช่วง 24°C จากนั้นสามารถนำปลาแช่แข็งชุดใหม่เข้ารางละลายปลา เพื่อทำการละลายน้ำแข็งในตัวปลาโดยใช้น้ำที่ละลายแล้ว



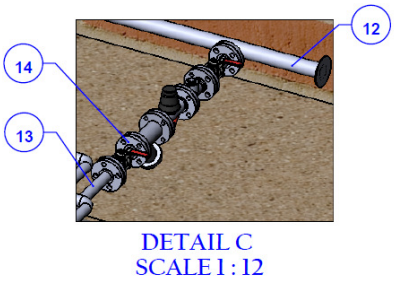
(a)



(b)



(c)



(d)

ภาพประกอบที่ 4-16 การปรับปรุงรางละลายปลา

(a) การปรับปรุงพื้นที่ละลายปลา

(b) รายละเอียดของ A บริเวณใกล้บ่อหมุนเวียน

(c) รายละเอียดของ B บริเวณผนังด้านบนบ่อหมุนเวียน

(d) รายละเอียดของ C บริเวณเหนือบ่อหมุนเวียน

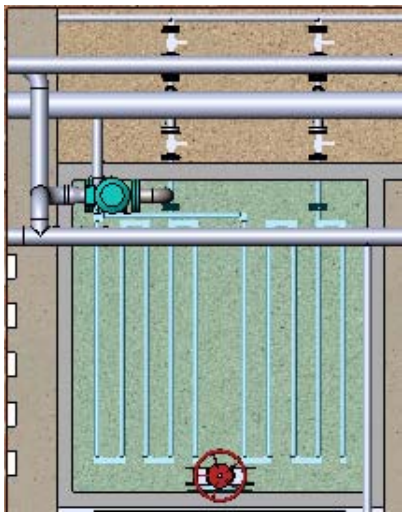
ตารางที่ 4-1 รายละเอียดแบบการปรับปรุงรางละลายปลา

ตารางแสดงรายละเอียด						
ลำดับ	**รายการ**	**คำอธิบาย**	**วัสดุ**	**พื้นผิว(m^2)**	**น้ำหนัก**	**จำนวน**
1	พื้นที่รองรับน้ำละลายปลาที่ใช้แล้ว	ขุดเป็นบ่อรองรับด้านล่างของพื้นที่ละลายปลา	คอนกรีต	-	-	1
2	ถังละลายปลา	-	-	-	-	-
3	ขดลวดความร้อน	Ø 1- 2 นิ้ว	SUS 304 TP	9.43	15.47	5
4	วาล์วบ่อรองรับน้ำด้านล่าง	ปิดเปิดระหว่างบ่อหมุนเวียนกับบ่อรองรับน้ำละลายปลาที่ใช้แล้ว	-	4.33	11.0	5
5	ท่อไอน้ำหลัก	6 นิ้ว	SUS 304 TP	27.36	145.36	1
6	จุกยางปิดช่องรับน้ำละลายปลา	Ø 110 มม. X มม.มม.	ยาง	0.03	0.31	15
7	ฝาครอบพื้นบ่อละลาย	ปิดช่องสำหรับการซ่อมบำรุง Ø 580 มม.X 12 มม.	SS400	0.56	3.12	10
8	ฝาปิดท่อไอน้ำ	Ø 216 มม. x 3 มม.	SUS 304	0.08	0.11	1
9	โซลินอยด์วาล์ว	1 นิ้ว	ทองเหลือง	75.32	0.68	5
10	กล่องอิเล็กทรอนิกส์	-	อลูมิเนียม	0.11	1.50	5
11	บอลล์วาล์ว	2 นิ้ว	-	0.04	0.08	5
12	ท่อหลักคอนเดนเสท	2 นิ้ว	SUS304 TP,	3.71	7.31	1
13	ท่อปล่อยคอนเดนเสท	1 นิ้ว x 780 มม.	SEE DWG. 6 OF 6	0.37	3.67	10
14	ข้อต่อระบบปล่อยคอนเดนเสท	1 นิ้ว x 300 มม.	SUS 304 TP	0.11	0.29	10

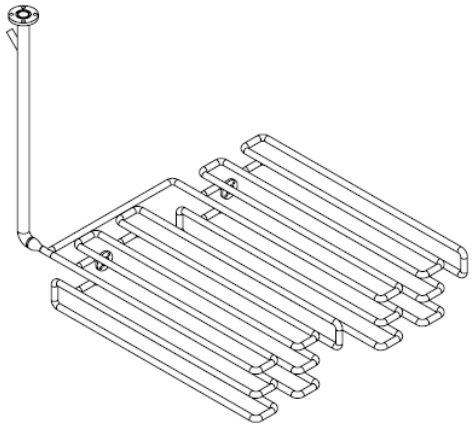
(2) การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

การศึกษาการเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลา โดยนำเสนอการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดท่อ (Submerged coil exchanger) เนื่องจากโครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นแบบง่าย และราคาย่อมเยา โดยใช้ท่อสเตนเลส เกรด SUS 304 เป็นวัสดุ มี

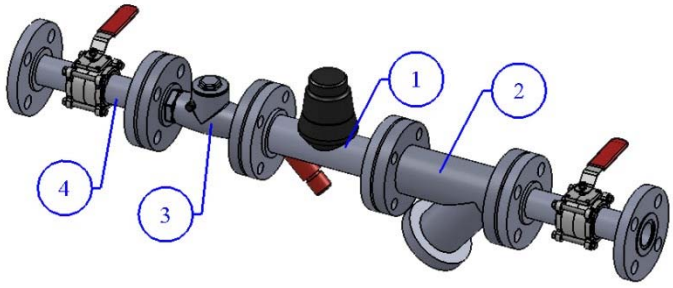
การใช้แพร่หลายมากที่สุดในหลายๆ ผลิตภัณฑ์ในหลายๆ อุตสาหกรรมทั้งภาคอุตสาหกรรม การขนส่ง ภาคการเกษตร มีคุณสมบัติในการถูกขึ้นรูป การเชื่อม โดยไม่เสียหาย และยังทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ในหลายๆสภาพแวดล้อม มีการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอาหาร อีกทั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดท่อ มีความแข็งแกร่งสูง แม้ของไหลในท่อจะมีความดันสูง ดังนั้น ปัญหาของการรั่วไหลจึงมีน้อย ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ จึงเหมาะสำหรับการควบคุมอุณหภูมิของของเหลวในถังเก็บให้มีค่าอยู่ในช่วงที่ต้องการ (พงษ์ธร, 2536) ผ่านการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ โดยใช้ขดท่อเหล็กขนาด 1 นิ้ว ความยาวประมาณ 47 เมตรเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่น้ำละลายปลาดังภาพประกอบที่ 4-17 ช่วยลดปัญหาการสูญเสียน้ำปริมาณมากในการละลายปลาขนาดจัมโบ้ ซึ่งเมื่อทำการละลายไปได้ช่วงหนึ่งอุณหภูมิน้ำละลายปลาต่ำมาก ไม่เหมาะสำหรับการละลายปลาต่อไป จึงทำการเติมน้ำใหม่ และเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำละลายปลาให้อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลายและต่อการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ ซึ่งจะควบคุมอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24°C ผ่านการควบคุมด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) พร้อมทั้งติดตั้งระบบปล่อยน้ำคอนเดนเสทที่เกิดการควบแน่นของไอน้ำระหว่างการถ่ายเทความร้อน ซึ่งมีรายละเอียดแบบการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนดังตารางที่ 4-2



(a)



(b)



(c)

ภาพประกอบที่ 4-17 การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

(a) การติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนในบ่อหมุนเวียน

(b) ท่อขดลวดความร้อน

(c) อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับปล่อยน้ำคอนเดนเสท

ตารางที่ 4-2 รายละเอียดแบบการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ตารางแสดงรายละเอียด						
ลำดับ	**รายการ**	**คำอธิบาย**	**วัสดุ**	**พื้นผิว(m^2)**	**น้ำหนัก**	**จำนวน**
1	สตีมแทรป	Ø 1นิ้ว	SUS304 TP	0.11	0.44	1
2	สแตนเนอร์	Ø 1นิ้ว	-	0.10	0.64	1
3	เช็ควาล์ว	Ø 1นิ้ว	-	0.08	2.44	1
4	บอลล์วาล์ว	Ø 1นิ้ว	-	0.04	0.08	2

4.1.3.3 การคำนวณการประหยัดน้ำในกระบวนการละลายปลา

(1) การคำนวณหาปริมาณไอน้ำที่ใช้ในการทำให้น้ำที่อุณหภูมิ 23˚C เป็น 24˚C ได้ดังนี้

(1.1) การคำนวณความต้องการปริมาณความร้อน ดังสมการ 4-1

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p\Delta T \qquad 4\text{-}1$$

เมื่อ

$\dot{Q}$ = ค่าเฉลี่ยอัตราการถ่ายเทความร้อน (Mean quantity of heat energy) kW หรือ kJ/s

$\dot{m}$ = ค่าเฉลี่ยอัตราการไหลของของไหล (Secondary fluid flow rate) kg/s

Cp = ค่าความจุความร้อนของของไหล (Specific heat capacity of the water) kJ/kg°C

ΔT = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของของไหล (Temperature rise of the substance) ˚C

ขั้นที่ 1 คำนวณค่าเฉลี่ยอัตราการถ่ายเทความร้อนของความต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ $\dot{Q}_{M\ (start\text{-}up)}$

ก.ความร้อนที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับของไหล $\dot{Q}_{M\ (liquid)}$

อุณหภูมิเริ่มต้น T_1 = 23 ˚C

อุณหภูมิสุดท้าย T_2 = 24 ˚C

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ΔT = 1 ˚C

อัตราการไหลของน้ำ $\dot{m}$ = 8.90 kg/s

ค่าความจุความร้อนของของไหล Cp = 4.1868 kJ/kg ˚C

$\dot{Q}_{M\ (liquid)} = \dot{Q} = \dot{m}Cp\Delta T$

$\dot{Q}_{M\ (liquid)}$ = 37.28 kW

ขั้นที่ 2 คำนวณค่าเฉลี่ยปริมาณไอน้ำที่ต้องการดังสมการ 4-2

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{Q}}{h_{fg}} \qquad 4\text{-}2$$

เมื่อ

$\dot{m}_s$ = ปริมาณไอน้ำ (Steam consumption kg/s)

$\dot{Q}$ = ค่าเฉลี่ยอัตราการถ่ายเทความร้อน kW หรือ kJ/s

h_{fg} = ค่าความร้อนแฝง (Specific enthalpy of evaporation kJ/kg)

(h_{fg}) at 2.5 bar g = 2,147.51 kJ/kg (จากตารางไอน้ำ)

$$\dot{m}_s = \frac{\dot{Q}}{h_{fg}} = \frac{37.28\ kJ/s}{2{,}147.51\ kJ/kg}$$

$\dot{m}_s$ = 0.064 kg/s (สำหรับปลา 10 ตันวัตถุดิบ)

ขั้นที่ 3 คำนวณปริมาณไอน้ำที่ใช้ทั้งหมด

ปริมาณไอน้ำทั้งหมด = 0.064 ลิตร/วินาที X 3,600 วินาที/ชม. X 16 ชม/วัน X 300 วัน/ปี

= 293,760 ลิตร/ปี (สำหรับหนึ่งหน่วยการผลิต)

= 1,468,800 ลิตร/ปี (สำหรับกระบวนการละลายปลาทั้งหมด)

ดังนั้น ปริมาณไอน้ำที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิความร้อนให้แก่น้ำละลายปลาในหนึ่งปี 1,468,800 ลิตร/ปี

ขั้นที่ 4 คำนวณปริมาณไอน้ำที่ใช้โดยเฉลี่ยเทียบเป็นน้ำมันเตาเกรด C

เมื่อ น้ำมันเตา 1 ลิตร ผลิตไอน้ำได้ 12 ลิตร

ดังนั้นปริมาณไอน้ำ 1,468,800 ลิตร/ปี ใช้น้ำมันเตาในการผลิตเท่ากับ 122,400 ลิตร/ปี

คิดเป็นจำนวนเงินที่ใช้ไอน้ำจากน้ำมันเตา = 122,400 ลิตร/ปี X 16 บาท/ลิตร

= 1,958,400 บาท/ปี

ดังนั้น จำนวนเงินที่ใช้ไอน้ำเทียบจากน้ำมันเตา เท่ากับ 1,958,400 บาท/ปี

4.1.3.4 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ภาคผนวก จ-3)

ค่าก่อสร้างบ่อละลายปลา	=	1,034,254.59 บาท
ค่าติดตั้งอุปกรณ์	=	467,260.00 บาท
การลงทุนทั้งหมด	=	1,501,514.59 บาท
ค่าไอน้ำเทียบกับน้ำมันเตา	=	1,958,400.00 บาท/ปี
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลายปลา	=	480.73 ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 66%	=	317.28 ลบ.ม./วัน
จำนวนวันดำเนินการต่อปี	=	300 วัน/ปี
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	=	317.28 ลบ.ม./วัน X 300 วัน/ปี
	=	95,184.54 ลบ.ม./ปี

ต้นทุนน้ำ

น้ำซื้อ 20 บาท /ลบ.ม.

ค่าการบำบัดน้ำเสีย 7 บาท /ลบ.ม.

รวมต้นทุนน้ำ 1 ลบ.ม. เป็นเงิน 27 บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	95,184.54 ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.
	=	2,569,982.58 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	2,569,982.58 บาท/ปี - 1,958,400.00 บาท/ปี
	=	611,582.5 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	1,501,514.59 บาท ÷ 2,569,982.58 บาท/ปี
	=	2 ปี 5 เดือน

ดังนั้นแนวทางนี้มีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้มากที่สุดประมาณ 66% ต่อวันของการใช้น้ำในกระบวนการ ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 2,569,982.58 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 1,501,514.59 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี 5 เดือน

จากการศึกษาเพิ่มเติมของทั้งสองแนวทางเลือก มีความเป็นไปได้สำหรับนำแนวทางมาประยุกต์ใช้กับโรงงาน เพื่อลดการสูญเสียน้ำ และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต คุณภาพ และเวลาที่ใช้ในการผลิต อีกทั้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง ควบคู่ไปกับการดูแลสิ่งแวดล้อม

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้น้ำของโรงงานผลิตทูน่ากระป๋อง โดยการประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดร่วมกับเทคนิคทางวิศวกรรมอุตสาหการ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้แนวทางการทำงานที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ ลดต้นทุนการผลิต และให้ความสำคัญกับการดูแลสิ่งแวดล้อม

โรงงานกรณีศึกษาประกอบกิจการผลิตทูน่ากระป๋อง ซึ่งมีขนาดกำลังการผลิตขนาดใหญ่ โดยผลิตภัณฑ์หลักคือ ทูน่ากระป๋อง ส่งออกและจำหน่ายไปยังตลาดต่างประเทศ การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นที่การผลิตทูน่ากระป๋อง ใน 2 หน่วยกระบวนการผลิต เนื่องมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษา นั่นคือ กระบวนการละลายปลา และกระบวนการผ่าท้องปลา โดยการศึกษากระบวนการละลายปลาจะทำการศึกษาอย่างละเอียดเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างง่ายซึ่งเน้นการจัดการและมีต้นทุนต่ำ และแนวทางเลือกที่มีต้นทุนสูง ส่วนกระบวนการผ่าท้องปลาจะทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางเบื้องต้นแก้ปัญหาอย่างง่ายที่มีต้นทุนต่ำ

การค้นหาประเด็นการปรับปรุง ได้ใช้ข้อมูล ปริมาณการใช้น้ำ คุณภาพน้ำ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของปัญหา ด้วยการใช้แผนภาพพาเรโต พร้อมกับใช้แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด จากนั้นใช้การหาสาเหตุเบื้องต้นของปัญหาด้วยแผนภาพก้างปลา และใช้แผนภาพทำไม-ทำไม เพื่อหาสาเหตุรากเหง้าและแนวทางการปรับปรุง พร้อมกับคัดเลือกแนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ และศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือกจนได้แนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ทันทีและแนวทางเลือกต้นทุนสูง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 แนวทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ทันที

1. กระบวนการละลายปลา

การจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ

การส่งเสริมให้พนักงานทุกคนได้มีส่วนร่วมกับการใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด ด้วยการรณรงค์เกี่ยวกับการใช้น้ำ โดยการจัดกิจกรรมให้ทุกคนเป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรม ซึ่งมีความเป็นไป

ได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำอย่างน้อย 0.5% ของการใช้น้ำสำหรับกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 108,431.87 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 29,400 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3 เดือน

การศึกษาแนวทางการติดตั้งสัญญาณเตือน

การเพิ่มอุปกรณ์ตรวจสอบการเติมน้ำของกระบวนการละลายปลา ด้วยการเพิ่มลูกลอยวัดระดับน้ำ เมื่อน้ำเติมเต็มระบบพร้อมส่งสัญญาณต่อไปแสดงยังโต๊ะทำงานของพนักงาน ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.54% ของการใช้น้ำในกระบวนการละลายปลา ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 20,862.00 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 12,000 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 6 เดือน

2. กระบวนการผ่าท้องปลา

การการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น

การชะล้างคราบสกปรกและคราบไขมัน คราบเลือดปลา ได้สะอาดและใช้น้ำในการทำความสะอาดน้อยลงด้วยการเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 3.24% ของการใช้น้ำในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 34,020 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 20,520 บาท และระยะเวลาคืนทุนประมาณ 6 เดือน

การจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ

การกำหนดพื้นที่และใช้หัวฉีดช่วยล้างทำความสะอาดชุดกันเปื้อนของพนักงาน ช่วยให้การทำความสะอาดคราบเลือดสะดวกและประหยัดน้ำ ซึ่งมีความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการใช้น้ำได้อย่างน้อย 0.72% ของการใช้น้ำในกระบวนการ ช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 7,614 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 2,367 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 4 เดือน

5.1.2 แนวทางเลือกต้นทุนสูงกระบวนการละลายปลา

การศึกษาการความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้ พบว่า มี

ความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลามาใช้ละลายซ้ำ 1 ครั้ง จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำในกระบวนการกลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการละลายปลา Skip jack ขนาดกลาง เนื่องจากการทดสอบคุณภาพเนื้อปลา ไม่กระทบต่อฮีสตามีนในเนื้อปลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเชื้อ TPC รวมถึงเวลาที่ใช้ในการละลายที่ไม่ได้รับผลกระทบ เช่นกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้น้ำต่อวันได้สูงถึง 50% และ มีความเป็นไปได้ในการนำน้ำละลายปลามาใช้ละลายซ้ำ 2 ครั้ง จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำในกระบวนการกลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการละลายปลา Skip jack ขนาดใหญ่ เนื่องจากการทดสอบคุณภาพเนื้อปลา ไม่กระทบต่อฮีสตามีนในเนื้อปลาอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเชื้อ TPC รวมถึงเวลาที่ใช้ในการละลายที่ไม่ได้รับผลกระทบ เช่นกัน ซึ่งสามารถลดปริมาณการใช้น้ำต่อวันได้สูงถึง 66% ของการใช้น้ำในกระบวนการโดยจากเดิมใช้ 3.41 ลบ.ม/ตันวัตถุดิบ เป็น 1.16 ลบ.ม/ตันวัตถุดิบ ซึ่งน้อยกว่าค่าต่ำสุดของปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการละลายปลา จากการเก็บข้อมูลของกรมโรงงาน ซึ่งโรงงานผลิตทูน่ากระป๋องทั่วไปก่อให้เกิดน้ำเสีย 1.2-5.1 ลบ.ม./ตันวัตถุดิบช่วยประหยัดค่าน้ำใช้ และค่าบำบัดน้ำเสีย คิดเป็นเงินประมาณ 2,569,982.58 บาท/ปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่าย 1,501,514.59 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ ประมาณ 2 ปี 5 เดือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋อง ยังมีประเด็นที่น่าสนใจที่สามารถนำไปศึกษาอย่างละเอียด เพื่อลดการสูญเสียน้ำต่อไปในอนาคต ดังนี้

(1) กระบวนการละลายปลา ควรจะศึกษาหาแนวทางการเพิ่มอุณหภูมิน้ำละลายปลาด้วยการนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ใหม่เพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรให้ประสิทธิภาพสูงสุด และศึกษากระบวนละลายด้วยอากาศ แม้ว่าต้นทุนสูงแต่สามารถลดปริมาณการใช้น้ำได้สูงสุด และรวมถึงช่วยลดภาระการบำบัดน้ำเสียของทางโรงงานด้วย

(2) กระบวนการผ่าท้องปลา ควรมีการศึกษาออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลาพร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด ออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลาชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ ให้สามารถรองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู่ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัดแยก และติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาล เป็นการป้องกันน้ำล้างปลาหกลงพื้น และเปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นหรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. 2548. *แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง: ประเภทปลา*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. http://infofile.pcd.go.th/water/fish.pdf?CFID=1397282&CFTOKEN=68462176. (สืบค้นเมื่อ 13/7/2552)

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2552. *คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมปลากระป๋อง*. โครงการส่งเสริมการพัฒนาระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม. EMS for SMEs. http://www.diw.go.th/EMS%20for%20SMEs%20Website/page/page%2013.htm. (สืบค้นเมื่อ 5/3/2552)

กรมส่งเสริมสถิติ. 2551. *อุตสาหกรรมอาหารไทย ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร*. ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. http://www.nfi.or.th/bi2/th/thaifood/product.asp#tuna. (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

กรุงเทพธุรกิจ. 2550. *โลกร้อน-เอฟทีเอดันยอดส่งออกอาหารปีนี้ทะลุ 6 แสนล้านบาท*. FTA กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. http://www.thaifta.com/thaifta/NewsFTA/tabid/67/ctl/Details/mid/426/ItemID/3386/Default.aspx?language=en-US (สืบค้นเมื่อ 29/07/2551)

กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2545. *เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology-CT) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม*.กรุงเทพฯ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม. http://www2.easywebtime.com/ctu2004/pdf/ct_industry.pdf (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2546. *หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง*. กรมโรงงานอุตสาหกรรม. http://hawk.diw.go.th/ctu/index.php (สืบค้นเมื่อ 14/6/2549)

บรรณานุกรม (ต่อ)

กลุ่มเทคโนโลยีการผลิต สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน. 2548. *หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมปลากระป๋อง*. กรุงเทพฯ, กรมโรงงานอุตสาหกรรม. http://hawk.diw.go.th/ctu/index.php (สืบค้นเมื่อ 14/6/2549)

กิติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2548. *แผนภาพก้างปลา*. การแก้ปัญหาธุรกิจด้วยวิธีทางสถิติ Statistical Problem Solving (SPS). สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ. หน้า 167-174

คุณาวุฒิ เทียมทอง. 2549. *เทคโนโลยีสะอาด Clean Technology (CT)*. http://www.eng.cmu.ac.th/Rctept/ray/ct/ct.html (สืบค้นเมื่อ 14/6/2549)

จริยา ภู่เจริญ. 2551. *ผลของอุณหภูมิที่เก็บรักษาปลาทูและปลาซาร์ดีนสดต่อปริมาณฮีสตามีน*. ศูนย์วิจัยและตรวจสอบคุณภาพสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ สุมทรสาคร. http://www.fisheries.go.th/rgm- samutsa/content_list.asp? Cat_ID=7&SubCat_ID=23 &Content_ID=28 (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

จุฑารัตน์ อริยะธรรมถาวร 2546. "*การนำเทคโนโลยีสะอาดมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ*", วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (สำเนา)

ชุมพล ยวงใย. 2541. *โครงการศูนย์เทคโนโลยีสะอาด*. บริษัท ชวี่เฉวี่ยน ฟูดส์จำกัด.

ฐานข้อมูลสถาบันอาหาร. 2530. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง (มอก. 142-2530)*, สถาบันอาหาร. http://www.foodmarketexchange.com/datacenter/product/seafood/tuna/detail/dc_pi_sf_tuna0605_01.htm (สืบค้นเมื่อ 27/ 11/2551)

ตรี วาทกิจ. 2552. *การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ประมง*. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2501-2304 ผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ (Fishery Product). คณะวิชาอุตสาหกรรมเกษตร วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครพนม มหาวิทยาลัยนครพนม. http://202.143.172.194/publication/Aj.TREE/Fishery/fishery%20product.pdf. (สืบค้นเมื่อ 5/10/2552)

บรรณานุกรม (ต่อ)

ธีรพร กงบังเกิด. 2546. *จุลชีววิทยาอาหาร (Food Microbiology)*.ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร http://www.agi.nu.ac.th/agmis/download/publication/41_file.pdf (สืบค้นเมื่อ 27/10/2552)

ประชาสรรณ์ แสนภักดี. 2552. *ผังก้างปลากับแผนภูมิความคิด Fish Bone Diagram and Mind map*. Knowledge management ศูนย์ฝึกอบรมภูมิปัญญาสากล. http://www.prachasan.com/mindmapknowledge/fishbonemm.htm (สืบค้นเมื่อ 15/6/2552)

ปราณี ศรีสมบูรณ์, จันทร์ฉาย แจ้งสว่าง และมาลี เจริญวิทย์วรกุล. 2538. *การศึกษาฮีสตามีนในผลิตภัณฑ์ปลาบางชนิด*. วารสารอาหาร 25(1):35-42

ปิยรัตน์ ลดาวรรณ และ ปิยะรัตน์. 2550. *การลดปริมาณการใช้น้ำเย็นในกระบวนการผลิตซูริมิ, โครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมด้วยเทคโนโลยีสะอาด ประจำปี 2550 เครือข่ายมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (สำเนา)

ฝ่ายตรวจวิเคราะห์ทางจุลชีวะ. มปป. *วิธีการปฏิบัติมาตรฐานในการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์*. การควบคุมตรวจสอบผลิตภัณฑ์และการแปรรูปสัตว์น้ำ กรมประมง ศูนย์ควบคุมตรวจสอบสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ สมุทรสาคร

ฝ่ายวิจัยธนาคารนครหลวงไทย. 2551. *บทวิเคราะห์ทูน่ากระป๋องส่งออกไปยังตลาดหลัก เริ่มประสบปัญหามากขึ้น*.กรุงเทพธุรกิจ. http://www.bangkokbiznews.com (สืบค้นเมื่อ 13/09/2551)

พงษ์ธร จรัญญากรณ์. 2536. *อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับงานอุตสาหกรรม Industrial Heat Exchangers*. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรี ธรรมเดชศักดิ์. 2545. *ประเมินการนำ เทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในอุตสาหกรรมนม*, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (สำเนา)

พีรภัทร ชวนานันท์. 2549. *สินค้าประมง ในเงื้อมเงา FTA . ข่าวแวดวงอุตสาหกรรมเกษตร*. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. http://agro.psu.ac.th/index.php? (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. 2541. *คู่มือการเก็บตัวอย่างน้ำเสียอุตสาหกรรม*. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

บรรณานุกรม (ต่อ)

รุ่งเรือง กิจผาติ. 2545. *กรรมการและเลขานุการมูลนิธิส่งเสริมการศึกษาไข้หวัดใหญ่.* หัวหน้าศูนย์ประสานงานการตรวจวิเคราะห์และเฝ้าระวังโรคทางห้องปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. http://www.cclts.org/ (สืบค้นเมื่อ 13/7/2552)

วงศ์ทิพา โรจนประภพ. 2551. *ฮีสตามีน (histamine) สารที่ทำให้เกิดอาการแพ้เมื่อรับประทานอาหารทะเล*. บทความวิทยุกระจายเสียงรายการวันนี้กับวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 3 .กระจายเสียงจากสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย. http://siweb.dss.go.th/dss_doc/fulltext/radio/R3.pdf (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

วิชัย หงส์เกียรติขจร และสยาม รัศมีเฟื่อง. 2543. *การลดปริมาณน้ำใช้ในอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง 3 ประเภท*, โครงงานนักศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(สำเนา)

วิชัย หฤทัยธนาสันติ์ และคณะ. 2545. *การพัฒนาระบบการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสาที่ไม่ก่อปัญหาสิ่งแวดล้อมเพื่ออุตสาหกรรมขนาดเล็ก*. โครงการวิจัยย่อยที่ 3 การปรับปรุงกระบวนการผลิตเยื่อและกระดาษจากปอสา. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สำเนา)

วิภาเพ็ญ เจียสกุล. 2549. *หลักการเทคโนโลยีสะอาดเพื่อป้องกัน/ลดมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม*. สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย. http://healthnet.md.chula.ac.th/text/forum3/technology3/index.html (สืบค้นเมื่อ 14/6/2549)

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะ. 2544. *การป้องกันและควบคุมมลพิษ*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 185-202

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. 2551. *สินค้าส่งออกสำคัญ 15 รายการแรกของไทย ปี 2547 - 2551 (ม.ค.-ส.ค.)*. สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร. http://www.2.ops3.moc.go.th/export/export_topn_5y/report.asp (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

สมชัย อัครทิวา. 2545. *Why-Why Analysis เทคนิคการวิเคราะห์อย่างถึงแก่นเพื่อปรับปรุงสถานประกอบการ*. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ.

บรรณานุกรม (ต่อ)

เสกสรร พาป้อง. 2544. *เทคโนโลยีสะอาดในการผลิตเยื่อกระดาษจากสา*, วิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.(สำเนา)

อเนก มุ่งอ้อมกลาง และคณะ. 2552. *การระบาดของโรคอาหารเป็นพิษฮิสตามีน จากดักแด้หนอนไหมทอด ใน 7 จังหวัด ประเทศไทย ระหว่างเดือนธันวาคม 2550 ถึง มกราคม 2551*. วารสารวิชาการสาธารณสุข. ปีที่ 18 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม 2552. http://www.mnrh.in.th/site_data/mykku_hos/message/1214795216-%CB%B9%CD%B9%E4%CB%C1%E0%BB%E7%B9%BE%D4%C9_%E0%B5%C3%D5%C2%C1%BE%D4%C1%BE%EC.doc. (สืบค้นเมื่อ 27/10/2552)

อรัญ หันพงศ์กิตติกูล และคณะ. 2547. *โครงการลดมลพิษในโรงงานอาหารทะเล โรงงานน้ำยางข้นและโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม*. สกว. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.(สำเนา)

เอกวิชช ไพรสุวรรณ. 2546. "*การลดต้นทุนการผลิตของโรงงานผลิตน้ำแข็งหลอดโดยใช้เทคโนโลยีสะอาด*", โครงงานศึกษาทางวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. (สำเนา)

A.C. Booman, M.A. parin and A.Zugarramurdi. 1997. *"Efficiency of size sorting of fish"*, CONICET National Council of Scientific and Technical Research, Argentina. http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VF8-3T7HKY9-5/2/e1f9609af92ecd8f95d1af694b3320cf. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

A. C. JASON. 2001. *Thawing frozen fish*. MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. Torry Research Station. FAO Corporate Document Repository. TORRY ADVISORY NOTE No. 25 http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5904e/x5904e00.HTM (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

Anders Haugland. 2002. *INDUSTRIAL THAWING OF FISH - to improve quality, yield and capacity*. A Thesis submitted for the Degree of Doktor Ingeniør (Ph.D) . Department of Energy and Process Engineering. Faculty of Engineering Science and Technology. Norwegian University of Science and Technology .

บรรณานุกรม (ต่อ)

AOAC. 1987. *Histamine in seafood fluorometric Method*. AOAC Official Methods of Analysis. AOAC International. Maryland. Chapter 35.

CJ Brouckaert and CA Buckley. 2000. *Water Pinch Analysis: A Strategic Tool For Water Management in The Food Processing Industry*. Pollution Research Group, University of Natal, Durban. South Africa (สืบค้นเมื่อ 14/6/2549)

H. Ohmori et, al. 1981. *A Study on the thawing process of frozen fish blocks in water*. Volume 4 Numéro 1 Janvier. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

Iwan Setiyonoko. 2006. *Histamine Level in Indonesian Canned Albacore Tuna (THUNNUS ALALUNGA)*. A thesis Master of Science in Interna . Factor Affecttional Fishering Management. Department of Marine Biotechnology Norwegian College of Fishery Science University of TromsØ.

K. Farag and W. Clarence de Silva. 2000 *"Optimal portion control of natural objects with application in automated cannery processing of fish "* Journal of Operation Research Vol. 94, page 477-487. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T8J-40F1R0H-4&_user=267327&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000015658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=267327&md5=413332599903ec27764b07d51e7187fc. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

Mel Knight. 2008. *Proper Ways to Thaw Frozen Food. Country of Sacramento Environmental Management Department*. http://www.ci.the- colony.tx.us/Depts/Planning/Health/Documents/Proper_Ways_to_Thaw_Food.pdf (สืบค้นเมื่อ 31/7/2551)

Michael Leung et al. 2005. *Fluid dynamics and heat transfer in cold water thawing*. Journal of Physics D: Applied physics. 38 (2005): 477-482. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T8J-4JGJHWF-1&_user=267327&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000015658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=267327&md5=b99d930aee0b28a047fde3061b9ca34f (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

บรรณานุกรม (ต่อ)

Michael Leung et al. 2006. *Theoretical study of heat transfer with moving phase-change interface in thawing of frozen food*. Journal of Food Engineering 78 (2007) :1221–1227 http://iopscience.iop.org/0022-3727/38/3/020/pdf?ejredirect=.iopscience (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

Michaela Archer, Mark Edmonds and Martin George. 2008. *Seafood thawing*. Research & Development Department SR598. www.seafish.org/pdf.pl?file=seafish/Documents/SR598_Thawing.pdf (สืบค้นเมื่อ 31/7/2551)

Munlika Uttamangkabovorn , Poonsuk prasertsan and Aran H. KittiKun. 2005. *"Water conservation in canned tuna (pet food) plant in Thailand"*, The joint Graduate School of Energy and Environment,King Mongkut's University of Technology Thonburi. Department of Industrial Biotechnology, Faculty of Argo-Industry, Prince of Songkla University. Journal of Cleaner Production 13(2005): 547-555. (สำเนา)

N.K. Saha, M. Balakrishnan and V.S. Batra. 2004. *Improving industrial water use: case study for an Indian distillery*. Resources Conservation & Recycling. 43(2005): 163-174. http://nurma.staff.uns.ac.id/files/2009/03/improving-industrial-water-use_indian-distillery.pdf. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2551)

Nikki Slade-Robinson, Wellington. 2000. *Thawing Seafood Seafood Industry Training Organisation (Seafood ITO)*.www.sito.co.nz (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

Orathai Chavalparit and Maneerat Ongwandee. 2008. *Clean technology for the tapioca starch industry in Thailand*. Journal of Cleaner Production: 1-6. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VFX-4SR6FPW-1&_user=267327&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000015658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=267327&md5=72eda68ae58f1621c4d02a5921bb3273. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2551)

บรรณานุกรม (ต่อ)

Queensland Water. 2009. *Commission Water use in the food processing*. www.qwc.qld.gov.au/myfiles/uploads/wemp/Food_processing_151106.pdf (สืบค้นเมื่อ 5/3/2552)

R. Harte and W.B.Krätzig. 2002. *"Large-scale cooling towers as part of an efficient and cleaner energy generating technology"*, Thin-Walled Structures 40 (2002) 651-664. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6V59-45CDFHK-4&_user=267327&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000015658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=267327&md5=b420918f6546a65b647020492fa31981. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

Sandra Casani and Susanne KnØchel. 2002. *Application of HACCP to water reuse in the food industry*. Food Control 13 (2002): 315–327. http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6T6S-45GKK83-2&_user=267327&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000015658&_version=1&_urlVersion=0&_userid=267327&md5=9fe0ca015e35027378af9ce4e1965a48. (สืบค้นเมื่อ 31/7/2549)

U.S.Food and Drug Administration. 2001. *Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance: Third edition*. Office of Seafood. Washington,D.C. 20204.326 pp http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/haccp-2g.html (สืบค้นเมื่อ 5/10/2551)

Wat Sci Tech 1990:22(9):113-21. APHA, AWWA and WEF. 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Maryland: American Public Health Association

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลประเมินเบื้องต้น

ก-1.รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้น้ำ

ตารางที่ ก-1 ปริมาณการใช้น้ำของโรงงานผลิตทูน่ากระป๋อง (ลบ.ม.)

เดือน	ฝ่ายการผลิต					
	TN	GN	PF	SF	CS	FE
ม.ค.48	64,850	14,150.3	11,168	8,819.73	3,864.07	1,311
ก.พ.48	57,861	13,792	7,825	9,801.11	4,915.99	1,638
มี.ค.48	68,940	17,013.4	20,756	12,890.57	3,177.93	2,198
เม.ย.48	67,445	16,629.6	21,874	12,085.45	1,934.2	2,115
พ.ค.48	70,874	18,245.6	24,985	13,067.38	1,103.34	1,764
มิ.ย.48	80,621	18,579.8	26,462	14,343.33	3,270.84	1,941
ก.ค.48	81,072	16,074.1	26,384	12,769.63	4,187.32	2,392
ส.ค.48	78,483	17,289.65	30,294	14,713.79	4,686.19	3,767
ก.ย.48	71,695	22,107.3	35,246	15,644.39	4,755.63	2,608
ต.ค.48	83,737	24,099.4	36,424	16,691.6	4,978.4	2,018
พ.ย.48	84,641	23,040.3	35,531	16,104.74	4,233.26	1,863
ธ.ค.48	72,671	23,487.9	36,434	12,779.73	2,756.29	1,598
ม.ค.-49	76,065	20,402.3	35,614	20,634.02	3,679.35	1,149
ก.พ.-49	87,152	21,420.1	37,063	20,548.87	4,119.13	1,715
มี.ค.-49	89,969	21,429.2	46,147	21,978.06	4,780.94	2,345
เม.ย.-49	73,630	19,062.7	40,821	19,957.69	4,708.31	1,852
พ.ค.-49	76,836	22,355.609	45,689	20,705.98	5,162.02	2,084
ทั้งหมด	128,6542	329,179.26	518,717	263,536.07	66,313.21	34,358

ก-2.รายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในโรงงาน

ตารางที่ ก-2 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังเข้าระบบบำบัดของโรงงานทูน่ากระป๋อง ระหว่าง เดือนมกราคม – พฤษภาคม 2549

	Jan-49		Feb-49		Mar-49		Apr-49		May-49		Jun-49	
คุณภาพน้ำ	**in**	**out**	**in**	**out**	**in**	**out**	**in**	**out**	**in**	**out**	**in**	**out**
pH	6.65	6.8	6.91	6.94	6.73	6.46	6.7	7.39	6.76	6.77	6.83	7.39
BOD	712	19	617	22.4	850	6.87	1380	12.6	859	7	1110	5.42
COD	1294	106	1239	91.5	1707	55.2	1862	83.6	1764	62.7	1882	76.8
TSS	150	33.5	208	449	410	34	250	49.5	750	26	655	18
O&G	34.5	1.1	55	3.66	123	1	440	3.2	107	3.4	407	3.4
ลักษณะ	น้ำสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำขุ่นสีเหลืองอ่อน	น้ำสีน้ำตาลมีตะกอนสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำสีเขียวอ่อน	น้ำสีดำขุ่นมีตะกอนสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำขุ่น	น้ำสีน้ำตาลมีตะกอนสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำสีเขียวอ่อน	น้ำมีตะกอนสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำสีเขียวอ่อน	น้ำมีตะกอนสีดำ กลิ่นเหม็น	น้ำขุ่นเล็กน้อยสีเขียวอ่อน

ภาคผนวก ข
การประเมินเทคโนโลยีสะอาด

ข-1 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด

ตารางที่ ข-1 การเลือกหน่วยผลิตเพื่อการประเมินโดยละเอียด

หน่วยผลิตหรือประเด็นการทำเทคโนโลยีสะอาดที่เสนอ	เกณฑ์การเลือก(คะแนน) *				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ปริมาณความเป็นพิษ)	การลงทุน**	โอกาสในการทำ CT ที่เห็นได้ชัด	ความสนใจ/ความร่วมมือ		
1.สเปรย์ปลา						
2.ละลายปลา						
3.แปรรูปและบรรจุ						
4.ผ่าท้องปลา						
5.นึ่งฆ่าเชื้อ						

* คะแนน 1=ต่ำ
2=ปานกลาง
3=สูง

** คะแนนสำหรับการลงทุน 1=ลงทุนสูง
2=ลงทุนปานกลาง
3=ลงทุนต่ำ

ตารางที่ ข-2 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางเทคนิค

การประเมินทางเทคนิค

ทางเลือก CT……

		ใช่	**ไม่ใช่**	**ไม่แน่ใจ**
1	เคยมีบริษัทอื่นใช้ทางเลือกนี้มาก่อนหรือไม่			
2	ทางเลือกนี้จะรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้หรือไม่			
3	ทางเลือกนี้ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต			
4	ไม่ต้องการพนักงานเพิ่ม			
5	พนักงานสามารถทำการผลิตโดยใช้ทางเลือกนี้ได้หรือไม่			
6	ไม่ต้องการอบรมพนักงานเพิ่มเติม			
7	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะทำให้เกิดของเสียน้อยลง			
8	แน่ใจหรือว่าทางเลือกนี้จะไม่เป็นการเปลี่ยนชนิดของของเสียจากอย่างหนึ่งไปเป็นอย่างอื่นซึ่งอันตรายมากกว่า			
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับผังของโรงงานหรือไม่			
10	ผู้ขายเทคโนโลยีสามารถรับประกันได้หรือไม่			
11	ทางเลือกนี้จะทำให้สภาพแวดล้อมของการทำงานดีขึ้น ปลอดภัยขึ้นหรือไม่			
12	ทางเลือกนี้ลดของเสียที่แหล่งกำเนิดหรือไม่			
13	อะไหล่หาง่ายหรือไม่			
14	เป็นทางเลือกที่ใช้ง่ายหรือไม่			
15	ทางเลือกนี้ส่งเสริมการนำกลับมาใช้ใหม่หรือไม่			
คะแนนรวม				

ตารางที่ ข-3 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินทางเทคนิค

ทางเลือก CT……

		ใช่	**ไม่ใช่**	**ไม่แน่ใจ**
1	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการใช้วัตถุดิบหรือไม่			
2	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนสาธารณูปโภคหรือไม่			
3	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจัดเก็บวัสดุและของเสียหรือไม่			
4	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนค่าปรับตามกฎหมายหรือไม่			
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนเรื่องการเจ็บป่วย/อุบัติเหตุของคนงานหรือไม่			
6	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการจ่ายค่าประกันหรือไม่			
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดต้นทุนการกำจัดของเสียหรือไม่			
8	ทางเลือกนี้มีระยะเวลาคืนทุนที่น่าพอใจหรือไม่			
9	ทางเลือกนี้เหมาะสมกับการลงทุนหรือไม่(พิจารณาทั้งต้นทุนขั้นแรก และต้นทุนในการบำรุงรักษา)			
คะแนนรวม				

ตารางที่ ข-4 แบบประเมินเทคโนโลยีสะอาด การประเมินความเป็นไปได้ทางสิ่งแวดล้อม

การประเมินทางสิ่งแวดล้อม

ทางเลือก CT……

		ใช่	**ไม่ใช่**	**ไม่แน่ใจ**
1	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของของเสียที่เป็นของแข็ง และกากตะกอนหรือไม่			
2	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของน้ำทิ้งหรือไม่			
3	ทางเลือกนี้ลดความเป็นพิษและปริมาณของมลพิษทางอากาศหรือไม่			
4	ทางเลือกนี้ทำให้ สุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานดีขึ้นหรือไม่			
5	ทางเลือกนี้ทำให้ลดการใช้วัตถุดิบ หรือไม่			
6	ทางเลือกนี้ทำให้ลดการใช้สารเสริมในกระบวนการผลิต (ต่อหน่วยการผลิต)หรือไม่			
7	ทางเลือกนี้ทำให้ลดปริมาณการใช้ หรือไม่			
8	ทางเลือกนี้ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างอื่นๆ			
9	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือไม่			
10	ทางเลือกนี้เพิ่มโอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ของผลิตภัณฑ์หรือไม่			
คะแนนรวม				

ตารางที่ ข-5 การคัดทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้

ทางเลือก	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ

ตารางที่ ข-6 การศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางเลือก

ทางเลือก	ปฏิบัติได้	คะแนนความเป็นไปได้			คะแนนรวม	ปฏิบัติได้/ไม่ได้
		ด้านเทคนิค	ด้านความคุ้มทุน	ด้านสิ่งแวดล้อม		

หมายเหตุ คะแนน 1 = ต่ำ

2 = ปานกลาง

3 = สูง

ภาคผนวก ค
ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

ค-1 ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

ตารางที่ ค-1 แสดงการใช้น้ำทุกกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

กระบวนการ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
แปรรูปและบรรจุ	1	347	352	371	366	373	20	371	350	339	369	321	349	7	334	318	325	374	407	372	49	330	328	327	329	343	359	57	353	371	372
ละลายปลา	148	295	299	336	732	576	149	496	315	513	517	477	307	330	363	395	536	395	482	365	230	515	489	524	412	426	381	272	440	535	423
น้ำหล่อเย็นใช้สำหรับ	0	0	0	37	0	51	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
ผ่าท้องปลา	41	144	134	142	147	114	49	130	127	131	138	119	95	44	135	140	134	139	127	118	44	126	127	146	126	140	113	40	134	138	142
สเปร์ยน้ำ	92	558	731	528	539	628	108	761	647	608	639	543	624	93	610	603	683	599	545	404	105	572	514	530	497	518	473	100	421	501	498
นึ่งฆ่าเชื้อ	0	978	1,185	1,045	1,006	1,038	94	1,024	1,098	1,160	1,235	897	929	0	1,044	1,124	1,017	1,141	1,192	1,176	0	1,218	1,160	1,180	1,167	1,312	1,382	31	1,249	1,202	1,401

ภาคผนวก ง
การค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาด้วยตาราง ทำไม-ทำไม

ง-1 การค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาด้วยตาราง ทำไม-ทำไม ของกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

ตารางที่ ง-1การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง	1.1 พนักงานไม่ระมัดระวังการหกของเศษปลาลงพื้น	ให้ความสนใจเพียงการดำเนินการผลิต	ต้องการเพิ่มปริมาณการผลิตและเปอร์เซ็นต์ yield	ส่งผลต่อค่าแรง			O.K.	
			ขาดความตระหนักการใช้น้ำทำความสะอาดพื้นและอุปกรณ์มากเกินความเหมาะสม				NG	การจัดกิจกรรมเกี่ยวกับการประหยัดการใช้น้ำ เพื่อให้เห็นความสำคัญของน้ำ

ตารางที่ ง-1การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง(ต่อ)	2.1 ขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระป๋องเปล่ามาใช้ประโยชน์สูงสุด	ไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ	ขาดการศึกษาคุณสมบัติน้ำ				NG	ทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพ แนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์
	2.2 ขาดการศึกษาการนำน้ำล้างกระบะมาใช้ประโยชน์สูงสุด	ไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ	ขาดการศึกษาคุณสมบัติน้ำ				NG	ทำการศึกษาคุณสมบัติน้ำ เพื่อทราบถึงสภาพ แนวทางในการนำมาใช้ประโยชน์
	3.1สายยางฉีดล้างพื้นใช้น้ำเยอะ	ท่อน้ำขนาดใหญ่					OK	

ตารางที่ ง-1การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง(ต่อ)	3.1สายยางฉีดล้างพื้นใช้น้ำเยอะ (ต่อ)	การกวาดน้ำและเศษปลาลงพื้นก่อนทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก	ไม่มีภาชนะรองรับน้ำและเศษปลาที่เหมาะสม	ขาดการออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น			NG	ศึกษาและออกแบบการป้องกันเศษปลาลงพื้น เช่น เพิ่มแนวขอบป้องกันเศษปลาตกหล่น
		สายยางที่ใช้ไม่เหมาะสม	สายยางที่ใช้มีขนาดใหญ่				OK	
			แรงดันน้ำต่ำ	เปิดวาล์วน้ำน้อย			OK	
				ไม่มีหัวฉีดแรงดันสูง	เกิดการสูญหาย		NG	เพิ่มมาตรการป้องกันการสูญหาย
	4.1วิธีการล้างทำความสะอาดโต๊ะใช้น้ำมาก	ใช้น้ำทำความสะอาดมาก	ใช้ขันตักน้ำล้างทำความสะอาด				NG	การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ
		เศษปลาตกหล่นลงพื้น					OK	

ตารางที่ ง-1การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง(ต่อ)	4.2 การฉีดล้างทำความสะอาดใช้น้ำมาก	ใช้สายยางขนาดใหญ่ ¾ “ ฉีดล้างชั้นวางถาด ใช้น้ำมาก	ใช้สายยางที่อยู่ใกล้กับบริเวณล้างชั้นวางถาด	ไม่มีสายยางขนาดเล็กเฉพาะฉีดล้างชั้นวางถาด	ขาดการศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้าง		NG	การศึกษาขนาดสายยางที่เหมาะกับการฉีดล้างด้วยหัวฉีดแรงดันสูงที่ใช้ทั้งลมและน้ำ
				สะดวกและง่ายต่อการดำเนินงาน			OK	
		แรงดันน้ำต่ำ	เปิดวาล์วน้อยกว่า 45 องศา	สายยางมีขนาดใหญ่			NG	เพิ่มข้อลดบริเวณปลายสายยาง
		ชั้นวางถาดมีคราบมันสูง	ขาดการศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ				NG	ศึกษาการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีคราบไขมันสูงที่มีประสิทธิภาพ

ตารางที่ ง-1การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง(ต่อ)	4.2 การฉีดล้างทำความสะอาดใช้น้ำมาก(ต่อ)	ถาดมีความสกปรกและมีคราบมันมาก	คราบเศษหนังปลาและน้ำมันจากตัวปลา	คราบมันและเศษติดแน่นกับถาดพลาสติกมาก	ถาดพลาสติกมีคุณสมบัติไม่เหมาะสมกับการใช้งาน		NG	เปลี่ยนจากถาดพลาสติก เป็นแบบสเตนเลส เมื่อเกิดมีการชำรุด เนื่องจากง่ายต่อการล้างทำความสะอาดได้ (อ้างตาม Uttamangkabovorn , prasertsan and KittiKun 2005)
		ขาดการนำน้ำจากกระบวนการอื่นมาใช้เป็นน้ำแรก	ขาดการศึกษาความเป็นไปได้				NG	ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำจากกระบวนการอื่น เช่น น้ำล้างกระบะ หรือน้ำล้างกระป๋องหลังบรรจุ
	4.3 การใช้น้ำล้างกระบะมาก	ไม่มีการนำกลับมาใช้	ไม่มั่นใจในคุณภาพน้ำ	ขาดการศึกษาคุณสมบัติน้ำ			NG	ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำเพื่อล้างแบบสวนกระแส
		กระบะสกปรกและมันมาก					OK	

ง-2 การค้นหาสาเหตุรากเหง้าของปัญหาด้วยตาราง ทำไม-ทำไมของกระบวนการผ่าท้องปลา

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ แผนภาพ ทำไม-ทำไม ของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในผ่าท้องปลา

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ →	ทำไม(1) →	ทำไม(2)	~~ทำไม(3)~~	~~ทำไม(4)~~	~~ทำไม(5)~~ →	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา	1.1พนักงานไม่นำเลือดปลาที่รองรับจากภาชนะที่คัดเลือก ไข่ปลา ไส้ปลา เทลงคูรับเลือดปลา	ความไม่สะดวกในการดำเนินงาน	สายพานผ่าท้องปลาขวางทางการนำน้ำเลือดปลา ไปเทยังคูรับเลือด				NG	ศึกษาและออกแบบเพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด
			ต้องยกกระบะที่รองรับเลือด				NG	
	2.1 น้ำที่ใช้ทำความสะอาด ไม่เหมาะสม	ใช้น้ำจำนวนมากในการล้างคราบความมัน	น้ำมีความสามารถลดคราบไขมันได้น้อย				NG	การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ 2548)

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในผ่าท้องปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา(ต่อ)	3.1 สายยางฉีดล้างทำความสะอาดพื้นใช้น้ำมาก	ใช้เวลานานในการฉีดล้างทำความสะอาดด้วยสายยาง	แรงดันน้ำต่ำ				O.K.	
			น้ำมีความสามารถในการลดคราบไขมันต่ำ				NG	การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้นมาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์(กรมควบคุมมลพิษ 2548)
		พื้นมีความสกปรกและคราบมันสูง	เลือดปลาหกลงพื้นจำนวนมาก	การเทน้ำเลือดปลาจากถาดรองจากตะกร้าไส้ปลา			NG	เพิ่มจุดรับน้ำเลือดปลา พร้อมต่อท่อสำหรับรับน้ำเลือดปลาจากถาดรอง เพื่อให้ลงคูน้ำรับเลือด
				เลือดจากท้องปลาที่หกลงตามพื้นตามแนวสายพาน			O.K.	

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในผ่าท้องปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา(ต่อ)	4.1 วิธีการใช้น้ำในการทำความสะอาดพื้นมาก	การใช้น้ำทำความสะอาดไม่เหมาะสม	น้ำมีความสามารถในการลดคราบไขมันต่ำ				NG	การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น มาใช้อย่างต่อเนื่อง ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ 2548)
		พื้นมีคราบเลือดมาก	เลือดปลาและเศษปลา จากการเลื่อยปลาจัมโบ้	ตัวเครื่องเลื่อยปลาไม่มีรางรองรับเลือดและเศษปลา			NG	ออกแบบโต๊ะแยกไส้ปลา ชิ้นส่วนปลาจัมโบ้ ให้สามรถรองรับปลาจัมโบ้ได้มากขึ้น และมีท่อรับเลือดปลาจากบนโต๊ะไปสู้ท่อรับเลือดเสียเพื่อนำไปบำบัดแยก และติดตั้งหัวสเปรย์ด้านบนโต๊ะเพื่อฉีดล้างทำความสะอาดตามหลักฮาลาล เป็นการป้องกันน้ำล้างปลาหกลงพื้น

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในผ่าท้องปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ	ทำไม(1)	ทำไม(2)	ทำไม(3)	ทำไม(4)	ทำไม(5)	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา(ต่อ)	4.2วิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานใช้น้ำมาก	การล้างทำความสะอาด โดยการใช้ขันตักน้ำล้าง	ใช้ถังขนาดใหญ่เป็นภาชนะรองรับน้ำเพื่อใช้ทำความสะอาด				NG	จัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มีประมาณ 1 จุด
		ภาชนะและอุปกรณ์ล้างทำความสะอาดยาก	ภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้แล้วมีความมันสูง	คราบเลือดและไขมันจากตัวปลา			NG	การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างภาชนะ ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ 2548)
		เทน้ำในถังพักทิ้งเป็นจำนวนมากเมื่อทำความสะอาดเสร็จ	เตรียมน้ำสำหรับทำความสะอาดปลามากเกินความจำเป็น	เติมให้เต็มขนาดถัง ไม่ได้คำนึงถึงความต้องการใช้	ไม่ทราบจำนวนน้ำที่ใช้จริงๆ	จำนวนน้ำที่ใช้ล้างแต่ละครั้งไม่แน่นอน	NG	จัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มีประมาณ 1 จุด

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ ตาราง ทำไม-ทำไมของการสูญเสียน้ำปริมาณมากในผ่าท้องปลา (ต่อ)

ปรากฏการณ์	สิ่งที่ได้สำรวจ →	ทำไม(1) →	ทำไม(2) →	ทำไม(3) →	ทำไม(4) →	ทำไม(5) →	พิจารณา	แนวทางแก้ไข
สูญเสียน้ำใช้ในกระบวนการผ่าท้องปลา (ต่อ)	4.2วิธีการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์และชุดกันเปื้อนของพนักงานใช้น้ำมาก(ต่อ)	เทน้ำในถังพักทิ้งเป็นจำนวนมากเมื่อทำความสะอาดเสร็จ (ต่อ)	เตรียมน้ำสำหรับทำความสะอาดปลามากเกินความจำเป็น (ต่อ)	เติมให้เต็มขนาดถัง ไม่ได้คำนึงถึงความต้องการใช้ (ต่อ)	ไม่ทราบจำนวนน้ำที่ใช้จริงๆ (ต่อ)	ควบคุมการใช้ไม่ได้	NG	จัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฝักบัวแทนการใช้ขันหรือสายยาง โดยกำหนดให้มีประมาณ 1 จุด
			น้ำที่เหลือใช้บางส่วนมีคราบไขมันมาก	มือที่ใช้จับขันตักน้ำมีคราบความมันสูง			NG	
	4.3 วิธีการล้างกระเพาะปลาที่คัดไว้สำหรับส่งขายใช้น้ำมาก	ใช้น้ำในการเปลี่ยนล้างบ่อย	ภาชนะที่ใช้รองรับในการล้างมีขนาดเล็ก				NG	เปลี่ยนภาชนะที่ใช้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือศึกษาวิธีการล้างแบบสวนกระแส

ภาคผนวก จ
แนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง

จ-1. แนวทางที่สามารถปฏิบัติได้ทันที

จ-1.1.แนวทางการจัดกิจกรรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของทรัพยากรน้ำ

กิจกรรม I love water

ลำดับ	กิจกรรม	ระยะเวลา	จำนวนเงิน(บาท)
1	โครงการกระบวนการลดการใช้น้ำดีเด่น	เดือนละ 1 ครั้ง	15,000
2	โครงการเสนอแนวทางลดน้ำชิงรางวัล	เดือนละ 1 ครั้ง	800
3	อบรมสัมมนา หัวข้อ “การประหยัดน้ำเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน	ปีละ3 ครั้ง	12,100
4.	กิจกรรม 3 ป (ประหยัด ปรับปรุง ปรับเปลี่ยน) เพื่อการใช้น้ำ	เดือนละ 2 ครั้ง	1,500
	รวม		29,400

1.โครงการกระบวนการลดการใช้น้ำดีเด่น

เพื่อเป็นการส่งเสริมกิจกรรมการประหยัดน้ำในกระบวนการผลิตของโรงงานปลากระป๋องและเป็นการสร้างแรงจูงใจในการทำกิจกรรม จึงเสนอให้มีการประกวดพื้นที่ที่ลดการใช้น้ำดีเด่นโดย

1.1 เกณฑ์การนำเสนอ เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตที่ลดลงของทุกฝ่ายการผลิตทูน่ากระป๋อง โดยมีเงื่อนไข ดังนี้

(1) เปรียบเทียบการพัฒนาการลดใช้น้ำในกระบวนการผลิตยอดเยี่ยม อาศัยค่าปริมาณการใช้น้ำของแต่ละฝ่ายการผลิต โดยเปรียบเทียบกับเดือนที่ผ่าน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณการใช้น้ำคิดเทียบกับตันวัตถุดิบ

(2) เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้น้ำที่ลดลงของการผลิตทูน่ากระป๋องยอดเยี่ยม อาศัยค่าปริมาณการใช้น้ำของแต่ละแผนก โดยเปรียบเทียบกับทุกฝ่ายการผลิตปริมาณการใช้น้ำของแต่ละฝ่ายการผลิต

1.2 เกณฑ์การรางวัล แบ่งเป็น 2 รางวัล ได้แก่

(1) พัฒนาการลดใช้น้ำในกระบวนการผลิตยอดเยี่ยม 3 รางวัล รางวัลพัฒนาการลดใช้น้ำในกระบวนการผลิตยอดเยี่ยมอันดับ 1 รางวัลพัฒนาการลดใช้น้ำในกระบวนการผลิตยอดเยี่ยมอันดับ 2 และรางวัลพัฒนาการลดใช้น้ำในกระบวนการผลิตยอดเยี่ยมอันดับ 3 รางวัลละ 1,500 บาท 1,000 บาท และ 500 บาทตามลำดับ รวมเป็นเงิน 4,500 บาท

(2) ใช้น้ำที่ลดลงของการผลิตทูน่ากระป๋องยอดเยี่ยม 1 รางวัล เป็นเงิน 5,000 บาท

1.3 รวมเงินทั้งสิ้น 14,500 บาท

2.โครงการเสนอแนวทางลดน้ำชิงรางวัล (U can do it)

เพื่อเป็นการส่งเสริมกิจกรรมลดการใช้น้ำและเป็นการกระตุ้นการทำกิจกรรมการจัดให้พนักงานทุกคนมีส่วนร่วมในการเสนอความคิดเห็นด้วยการเสนอแนวทางลดการใช้น้ำชิงรางวัลแต่ละเดือนตลอดปี และมีของรางวัลสำหรับผู้ร่วมกิจกรรม โดย

1.1 เกณฑ์การคัดเลือก พนักงานทุกคนสามารถส่งแนวทางการลดการใช้น้ำในกระบวนการผลิตได้ที่หัวหน้าแผนก จากนั้นหัวหน้าแผนกจะรวบรวมแนวทางทั้งหมด แล้วคัดเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ จากนั้นทำการสุ่มจับรางวัล แล้วทำการส่งผลการจับรางวัลให้กับประชาสัมพันธ์เพื่อประกาศทางวิทยุกระจายของโรงงานช่วงพักเที่ยง

1.2 เกณฑ์การรางวัล

รางวัลประจำทุกสัปดาห์ (สำหรับผู้เสนอแนวทาง)

(1) สุ่มจับรางวัล จำนวน 1 รางวัล ของรางวัลตั๋วหนัง 2 ใบ หรือ คูปองเงินสดมูลค่า 200 บาท (200 บาท x 24 ครั้ง รวมเป็นเงิน 4,800 บาท)

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 800 บาท

3.อบรมสัมมนา หัวข้อ “การประหยัดน้ำเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน

เพื่อเป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและการนำไปใช้ของกิจกรรมการประหยัดน้ำ ให้เกิดความต่อเนื่องและเป็นการกระตุ้นเตือนและช่วยเพิ่มมุมมองในการประหยัดน้ำให้แก่พนักงาน จึงจัดให้มีการอบรมโดยวิทยากรที่มีความรู้ ในหัวข้อ การประหยัดน้ำสร้างชีวิตเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการทำงาน ให้กับพนักงาน จำนวนผู้เข้าร่วมประมาณ 50 คน ซึ่งเป็นตัวแทนของทุกกระบวนการทั้งหัวหน้างาน และพนักงานในสายการผลิต โดยจัดการอบรมประมาณปีละ 3 ครั้ง

1.1 ประมาณการค่าใช้จ่าย

ค่าตอบแทนวิทยากร (3 ชม. X 1,200 บาท) = 3,600 บาท

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางวิทยากร = 6,000 บาท

ค่าอาหารว่างเครื่องดื่ม (2 มื้อ X 25 บาท X 50 คน) = 2,500 บาท

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 12,100 บาท

4.กิจกรรม 3 ป (ประหยัด ปรับปรุง ปรับเปลี่ยน) เพื่อการใช้น้ำ

เพื่อเป็นการส่งเสริมกิจกรรมลดการใช้น้ำและสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้น้ำ ผ่านการร่วมสนุกของพนักงานทุกคนในการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรม 3 ป (ประหยัด ปรับปรุง ปรับเปลี่ยน) ชิงรางวัลเดือนละ 2 ครั้ง และมีของรางวัลสำหรับผู้ร่วมกิจกรรม ดังนี้

หัวหน้างานทุกแผนกจะช่วยกันตั้งคำถามเกี่ยวกับวิธีลดการใช้น้ำ โดยประกาศคำถามโดยวิทยุกระจายเสียงของโรงงานช่วงพักเที่ยง พนักงานทุกคนสามารถโทรเข้ามาตอบคำถามไดผู้ที่ตอบถูกเป็นคนแรกจะได้รับรางวัน

โดยจะแจกรางวัลวันละ 1 รางวัล คือ บัตรเติมเงิน 50 บาท

(50 บาท X 24 วัน รวมเป็นเงิน 1,200 บาท)

รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 1,200 บาท

3.คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าจัดกิจกรรม = 29,400 บาท

ปริมาณน้ำที่ใช้ของกระบวนการผลิตทูน่ากระป๋อง = 2,677.33 ลบ.ม./วัน

ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 0.5% = 13.39 ลบ.ม./วัน

จำนวนวันดำเนินการต่อปี = 300 วัน/ปี

ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ = 13.39 ลบ.ม./วัน X 300 วัน/ปี = 4,016.00 ลบ.ม./ปี

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = 4,016.00 ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.

= 108,431.87 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = 29,400.00 บาท ÷ 108,431.87 บาท/ปี

= 0.27 ปี

≈ 3 เดือน

จ-1.2.การติดตั้งระบบสัญญาณเตือน

1. คำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสียไป

ลำดับ	ชนิดปลา	ขนาด	เวลาที่ใช้เติมน้ำ	เวลามาตรฐาน	เวลาที่ใช้เกินค่ามาตรฐาน
1	*SJ,YF	B	55	20	
2	*YF	M	40	20	
3	*SJ	S	50	20	
4	SJ	M	15	20	-5
5	SJ	M	25	20	5
6	*YF	B	40	20	
7	SJ	S	25	20	5
8	SJ	S	25	20	5
9	TG	M	20	20	0
10	SJ	M	25	20	5
	ค่าเฉลี่ย		22.5	20	2.5

* ไม่นำมาคิดเนื่องจากเป็นเวลาการนำปลาเข้าละลายไม่พร้อมกัน จึงทำให้เวลาเปิดปิดน้ำไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยการเติมน้ำเกินเวลาที่กำหนด เท่ากับ 2.5 นาทีต่อรอบ

1 วัน ละลายปลาได้มากที่สุด 3 รอบ ของแต่ละรางละลายปลา

ซึ่งกระบวนการละลายปลา มีทั้งหมด 5 รางละลายปลา

ดังนั้น 1 วัน กระบวนการละลายปลาได้ 15 รอบ/วัน จากค่าเฉลี่ยการเติมน้ำเกินเวลาที่กำหนด เท่ากับ 2.5 นาทีต่อรอบ

เพราะฉะนั้น 1 วันของการละลายปลา อาจจะมีการเติมน้ำเกินความต้องการเท่ากับ 15 รอบ/วัน X 2.5 นาทีต่อรอบ นั่นคือ 37.5 นาที/วัน

คิดเป็นปริมาณน้ำที่เติมเกินความต้องการเท่ากับ 37.5 ลบ.ม./วัน X อัตราการไหลของน้ำ 69.3 ลิตร/นาที นั่นคือ 2.6 ลบ.ม/วัน

เมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เติมไปในหนึ่งวัน เทียบกับค่าเฉลี่ยการใช้น้ำในกระบวนการที่มีค่า 480.73 ลบ.ม./วัน เท่ากับ 0.54% ของปริมาณการใช้น้ำของกระบวนการละลายปลา/วัน

2. คำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ลำดับ	รายการ	ราคา	หน่วย	จำนวน	หน่วย	คิดเป็นเงิน	หน่วย
1	ลูกลอย	1,000.00	บาท	5	ตัว	5,000.00	บาท
	ชุดสัญญาณเตือน						
2	ตู้ควบคุม	3,500.00	บาท	1	ตัว	3,500.00	บาท
	ชุดสวิทซ์ปิดเปิด	1,000.00	บาท	1	ตัว	1,000.00	บาท
	สายไฟ	500.00	บาท	5	ตัว	2,500.00	บาท
			รวม			12,000.00	บาท

ค่าไฟฟ้า ไม่เกิน 2 วัตต์ ค่าไฟฟ้า 2.75 บาทต่อกิโลวัตต์- ชั่วโมง
คิดเป็น 0.0055 บาทต่อชั่วโมง หรือ 39.6 บาทต่อปี/หนึ่งบ่อละลาย
เท่ากับ 198 บาทต่อปีพื้นที่บ่อละลายทั้งหมด

3.คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าติดตั้งอุปกรณ์	=	12,000.00	บาท		
ค่าไฟฟ้า	=	198.00	บาทต่อปีพื้นที่บ่อละลาย		
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการละลายปลา	=	480.73	ลบ.ม./วัน		
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 0.54%	=	2.6	ลบ.ม./วัน		
จำนวนวันดำเนินการต่อปี	=	300	วัน/ปี ลบ.ม./ปี		
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	=	2.6	ลบ.ม./วัน X 300 วัน/ปี	=	780 ลบ.ม./ปี
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	780	ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.		
	=	21,060.00	บาท/ปี		
	=	21,060.00	บาท/ปี- 198.00 บาทต่อปี		
	=	20,862.00	บาท/ปี		
ระยะเวลาคืนทุน	=	12,000	บาท ÷ 20,862.00 บาท/ปี		
	=	0.58	ปี		
	≈	6	เดือน		

จ-1.3.การเพิ่มบอลวาล์วบริเวณปลายสายยาง

1. คำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสียไป

จากการเก็บข้อมูล พนักงานใช้สายยางขนาด 3/4 นิ้ว ฉีดล้างชั้นวางถาด

ซึ่งมีอัตราการไหล 39 ลิตร/นาที เป็นเวลา 2 นาที ต่อครั้ง ดังนั้นน้ำที่ใช้ไปในส่วนนี้เท่ากับ 78 ลิตร/ครั้ง

หนึ่งวันทำงาน 3 กะ แต่ละกะทำความสะอาด 2 ครั้ง คือพักเที่ยงและหลังเลิกงาน เพราะฉะนั้นน้ำที่ใช้ในส่วนนี้คือ78 ลิตร/ครั้ง X 6 ครั้ง เท่ากับ 468 ลิตร/วัน หรือ 0.47 ลบ.ม./วัน

ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปและบรรจุกระป๋อง เท่ากับ 336 ลบ.ม./วัน หากทำการติดตั้งข้อลดบริเวณปลายสายยาง เพื่อเพิ่มแรงดันและลดปริมาณการใช้น้ำ ด้วยการติดตั้งบอลวาล์วควบคุมการปิดเปิด น่าจะลดอัตราการไหลของน้ำได้ 25% ดังนั้นน่าจะลดปริมาณน้ำที่ใช้ล้างทำความสะอาดเหลือ 0.12 ลบ.ม./วัน

2. คำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ลำดับ	รายการ	ราคา	หน่วย	จำนวน	หน่วย	คิดเป็นเงิน	หน่วย
1	บอลวาล์ว	590	บาท	1	ตัว	590	บาท
	รวมเป็นเงิน					590	บาท

3.คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าติดตั้งอุปกรณ์	=	590	บาท	
ปริมาณน้ำที่ใช้ของกระบวนการแปรรูปและบรรจุ	=	336	ลบ.ม./วัน	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 0.04%	=	0.12	ลบ.ม./วัน	
จำนวนวันดำเนินการต่อปี	=	300	วัน/ปี	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	=	0.12	ลบ.ม./วัน X 300 วัน/ปี	= 36 ลบ.ม./ปี
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	3 ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.		= 972.00 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	590	บาท ÷ 972.00 บาท/ปี	
	=	0.61	ปี	
	≈	7	เดือน	

จ-1.4.การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างพื้น ช่วยให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น ลดน้ำในการล้างอุปกรณ์ (กรมควบคุมมลพิษ 2548)

ขั้นตอนปฏิบัติงาน(Work instruction) ดังนี้

เรื่องการใช้โซดาไฟสำหรับทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ และทำความสะอาดพื้นในสายการผลิต

1.ผู้ปฏิบัติงาน : พนักงานในกระบวนการแปรรูปและบรรจุ พนักงานในกระบวนการผ่าท้องปลา

2.วัตถุประสงค์ : เพื่อให้พนักงานสามารถผสมโซดาไฟเพื่อช่วยทำความสะอาดได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

3.ขอบข่าย : ผสมโซดาไฟกับน้ำเพื่อทำความสะอาด

4.นิยาม : โซดาไฟ (Caustic soda) NaOH หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide) เป็นด่างแก่ที่ละลายได้ในน้ำ ผลิตได้จากกระบวนการแยกสารทางไฟฟ้า (Electrolysis) ของน้ำเกลือ เป็นสารที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในทางอุตสาหกรรม โซดาไฟถูกใช้ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และยังใช้ประโยชน์ได้อีกมากมาย เช่น ในการผลิตเยื่อและกระดาษ สบู่และผลิตภัณฑ์ซักฟอก เคมีภัณฑ์ การทำความสะอาด โรงกลั่นน้ำมัน การใช้งานทางอุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมอาหาร เส้นใยเรยอน สิ่งทอ และอื่น ๆ

5.วัสดุอุปกรณ์

5.1 โซดาไฟ (NaOH) หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ชนิด 96%)

5.2 น้ำสะอาด

5.3 ช้อนตักสำหรับตักโซดาไฟ

5.4 อุปกรณ์สำหรับกวนควรใช้ประเภทสแตนเลส แก้วทนไฟ หรือ พลาสติกทนความร้อน

5.5 ถังพลาสติกทนความร้อนผสมน้ำกับโซดาไฟ

5.6 ทัพพีสแตนเลส

5.7 เสื้อกันเปื้อน สวมถุงมือ มีผ้าปิดจมูก และมีแว่นตา

6.ขั้นตอนการปฏิบัติ

6.1 สวมเสื้อกันเปื้อน ถุงมือ ผ้าปิดจมูก และแว่นตาป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดจากโซดาไฟกระเด็น เพราะโซดาไฟมีฤทธิ์เป็นด่างรุนแรง ห้ามสัมผัสและเมื่อใช้แล้วต้องเก็บใส่ภาชนะปิดมิดชิด ห้ามปล่อยให้ชื้น

6.2 บริเวณที่ทำการผสมโซดาไฟควรมีอากาศถ่ายเทได้ดีและมีอ่างน้ำ/ก๊อกน้ำ เพื่อป้องกันหากมีอุบัติเหตุขึ้น นอกจากนี้ยังควรใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ปูบริเวณปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันโซดาไฟกระเด็นและกัดพื้นผิวโต๊ะ และเมื่อเทโซดาไฟลงในน้ำจะมีควัน ห้ามสูดดม

6.3 ตักน้ำใส่ถังพลาสติกทนความร้อนขนาด

6.4 ใช้ช้อนตักโซดาไฟใส่ลงไปในน้ำทีละช้อนห้ามเทพรวดเดียว เพราะอาจทำให้เกิดการกระเด็น และห้ามเทน้ำใส่โซดาไฟเด็ดขาด เพราะเมื่อโซดาไฟโดนน้ำแล้ว จะเกิดควันและความร้อน โดยมีสัดส่วนโซดาไฟ 2 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1/2 ปีป ใช้กับบริเวณที่ไขมันจับตัวหนา และโซดาไฟ 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1/2 ปีป ในบริเวณที่ไขมันน้อย

6.5 ใช้ทัพพีสแตนเลสกวนให้ละลายน้ำผสมโซดาไฟให้เป็นเนื้อเดียวกัน มิฉะนั้นจะจับตัวเป็นก้อน

6.6 ใช้น้ำผสมโซดาไปราดลงบนพื้นที่ที่มีคราบไขมัน ทิ้งไว้นาน 15-30 นาที และใช้แปรงลวดถูช่วยในการขจัดคราบไขมัน

6.7 ใช้น้ำสะอาดฉีดล้างบนบนพื้นที่และกวาดล้างลงสู่ร่องระบายน้ำเสีย เพื่อชำระล้างสิ่งสกปรก โซดาไฟให้หมด (รุ่งเรือง, 2545)

1. คำนวณการลดปริมาณน้ำที่สูญเสียไป

จากการเก็บข้อมูล พนักงานจะล้างทำความสะอาดพื้นที่ผ่าท้องปลาประมาณ 30 นาที/กะ

อัตราการไหลของน้ำที่ใช้ประมาณ 69.3 ลิตร/นาที

หนึ่งวันทำงาน 3 กะ

ดังนั้น น้ำที่ใช้ในการฉีดล้างทำความสะอาดพื้นที่ผ่าท้องปลา

เป็น 30 นาที/กะX 69.3 ลิตร/นาทีครั้ง X 6 กะ เท่ากับ 6 ลบ.ม./วัน

เท่ากับ 1,800 ลบ.ม./ปี

หากทำความสะอาดพื้นที่ผ่าท้องปลาด้วยการผสมน้ำกับโซเดียมไฮดรอกไซด์(โซดาไฟ) เพื่อความเหมาะสมต่อการชะล้างคราบไขมันและคราบเลือด รวมถึงป้องกันการสิ้นเปลืองน้ำ เนื่องจากการผสมโซดาไฟกับน้ำ ในอัตราส่วน 1 ช้อนโต๊ะ (15 กรัม) กับน้ำ 1/2 ปีบ (7 ลิตร) ซึ่งใช้น้ำเท่ากับ 1.8 ลบ.ม/วัน หรือ 540 ลบ.ม/ปี

2. คำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

รายการ	**ราคา**	**หน่วย**	**จำนวน**	**หน่วย**	**คิดเป็นเงิน**	**หน่วย**
โซเดียมไฮดรอกไซด์ กก. ละ	19	บาท	1,080	กก.	20,520	บาท

3.คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าโซเดียมไฮดรอกไซด์	=	20,520	บาท
ปริมาณน้ำที่ใช้ของกระบวนการผ่าท้องปลา	=	129.67	ลบ.ม./วัน
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 3.24%	=	4.20	ลบ.ม./วัน
จำนวนวันดำเนินการต่อปี	=	300	วัน/ปี
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	=	4.20	ลบ.ม./วัน X 300วัน/ปี
	=	1,260	ลบ.ม./ปี
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	1,260	ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.
	=	34,020	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	20,520	บาท ÷ 34,020.00 บาท/ปี
	=	0.60	ปี
	≈	6	เดือน

จ-1.5.การจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ

1. คำนวณการลดปริมาณน้ำที่สูญเสียไป

จากการเก็บข้อมูล พนักงานจะล้างทำความสะอาดชุดกันเปื้อน 5-6 ขัน/คน/กะ

น้ำหนึ่งขันที่ใช้ประมาณ 0.5 ลิตร/ขัน

พนักงานผ่าท้องปลามีประมาณ 20 คน

หนึ่งวันทำงาน 3 กะ แต่ละกะทำความสะอาด 2 ครั้ง คือพักเที่ยงและหลังเลิกงาน ดังนั้น น้ำที่ใช้ในการฉีดล้างทำความสะอาดชุดกันเปื้อน

เป็น 5 ขัน/คน X 0.5 ลิตร/ขัน ครั้ง X 20 คน X 6 ครั้ง เท่ากับ 0.3 ลบ.ม. แต่เนื่องจากการใช้น้ำในส่วนนี้ ในการเติมน้ำลงในถัง เพื่อให้พนักงานใช้ขันตักน้ำทำความสะอาด เมื่อเลิกงาน พนักงานจะทำการเทน้ำที่เหลือทิ้ง ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองน้ำ ดังนั้นน้ำที่ใช้ในส่วนนี้ จึงเท่ากับปริมาตรถังน้ำ ประมาณ 0.94 ลบ.ม./วัน

หากทำการจัดทำพื้นที่สำหรับทำความสะอาดชุดกันเปื้อนโดยใช้หัวฉีดชำระ เพื่อความเหมาะสมต่อการทำความสะอาด และป้องกันการสิ้นเปลืองน้ำ เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำเท่ากับ 0.83 ลิตร/นาที ใช้เวลาประมาณ 5 วินาที/ครั้ง ซึ่งพนักงาน 20 คนใน 1 กะทำความสะอาดอย่างน้อย 2 ครั้ง ในหนึ่งวันพนักงานทำความสะอาดชุดกันเปื้อนอย่างน้อย 20 คน/กะ X 3 กะ X 2 ครั้ง/คน เท่ากับ 120 ครั้ง น่าจะใช้น้ำทำความสะอาดชุดกันเปื้อนประมาณ 0.0083 ลบ.ม./วัน

2. คำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

ลำดับ	รายการ	ราคา	หน่วย	จำนวน	หน่วย	คิดเป็นเงิน	หน่วย
1	สายฉีดชำระ	170.00	บาท	2	ตัว	340.00	บาท
2	วาล์วตัดน้ำ	20.00	บาท	1	ตัว	20.00	บาท
3	ข้อต่อสามทาง	7.00	บาท	1	ตัว	7.00	บาท
4	ขาตั้งสแตนเลส	2,000.00	บาท	1	ตัว	2,000.00	บาท
	รวมเป็นเงิน					2,367.00	บาท

3.คำนวณระยะเวลาคืนทุน

ค่าติดตั้งอุปกรณ์	=	2,367.00 บาท	
ปริมาณน้ำที่ใช้ของกระบวนการผ่าท้องปลา		= 129.67 ลบ.ม./วัน	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้ 0.72%	=	0.94 ลบ.ม./วัน	
จำนวนวันดำเนินการต่อปี	=	300 วัน/ปี ลบ.ม./ปี	
ปริมาณน้ำที่ประหยัดได้	=	0.94 ลบ.ม./วัน X 300 วัน/ปี	= 282ลบ.ม./ปี
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	282 ลบ.ม./ปี X 27 บาท/ลบ.ม.	
	=	7,614.00 บาท/ปี	
ระยะเวลาคืนทุน	=	2,367.00 บาท ÷ 7,614.00 บาท/ปี	
	=	0.31 ปี	
	≈	4 เดือน	

จ-2 แนวทางที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียด

จ-2.1 การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ พร้อมกับศึกษาการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนแก่น้ำละลายปลา และออกแบบขยายบ่อหมุนเวียนเพื่อรองรับน้ำที่ใช้

(1) การศึกษาความผันแปรของเวลา สำหรับการละลายในปัจจุบัน

ตารางที่ จ-1 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack Yellow fin และปลา Tonggol ขนาดกลาง กับเวลา

วัน/เดือน/ปี										Batch .ปลา				
ชนิดปลา Skipjack, Yellowfin, Tonggol										ขนาดปลา M				
เวลาเริ่มละลาย					เวลาที่ละลายเสร็จ					เวลาที่ใช้ในการละลาย				
BBT ปลา °C					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย °C					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน °C				
BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	SJ	YF	แถบ	$\bar{X}$		SJ	YF	แถบ	$\bar{X}$		SJ	YF	แถบ	$\bar{X}$
0	-11.4	-9.0	-10.0	-10.1	0					0	36.0	31.5	36.0	34.5
5	-11.2	-9.0	-10.0	-10.1	5					5	36.0	31.5	36.0	34.5
10	-11.2	-8.8	-10.0	-10.0	10			27.0	27.0	10	36.0	31.5	36.0	34.5
15	-10.7	-8.5	-9.7	-9.6	15	27.8		24.8	26.3	15	36.0	31.5	36.0	34.5
20	-10.4	-8.5	-8.5	-9.1	20	27.2	20.7	23.7	23.9	20	30.2	31.5	23.0	28.2
25	-9.9	-8.5	-8.0	-8.8	25	25.4	20.7	21.7	22.6	25	24.6	31.5	23.0	26.4
30	-9.4	-8.5	-7.5	-8.5	30	24.0	20.3	20.2	21.5	30	23.4	31.5	22.0	25.6
35	-8.7	-8.3	-7.0	-8.0	35	22.9	20.3	19.8	21.0	35	23.0	31.5	21.5	25.3
40	-8.1	-7.8	-6.5	-7.5	40	21.9	19.8	19.0	20.2	40	22.8	31.5	21.5	25.3
45	-7.9	-7.8	-6.5	-7.4	45	21.3	18.3	17.5	19.0	45	22.4	17.3	20.5	20.1
50	-7.3	-6.5	-6.0	-6.6	50	20.3	17.3	17.7	18.4	50	22.3	17.3	20.5	20.0
55	-6.9	-6.2	-5.8	-6.3	55	20.1	16.3	17.3	17.9	55	21.2	17.7	19.0	19.3
60	-6.7	-5.8	-5.3	-5.9	60	19.4	15.5	17.0	17.3	60	20.7	16.3	19.0	18.7
65	-6.5	-5.3	-5.3	-5.7	65	19.1	14.2	16.5	16.6	65	19.8	16.3	18.0	18.1
70	-5.9	-5.0	-5.2	-5.4	70	18.0	14.0	16.5	16.2	70	19.4	15.3	18.0	17.6
75	-5.9	-4.7	-4.7	-5.1	75	17.5	13.8	16.0	15.8	75	19.0	15.0	17.0	17.0
80	-5.5	-4.7	-4.7	-4.9	80	17.5	13.2	16.0	15.6	80	18.9	15.3	17.5	17.2
85	-5.3	-4.7	-4.3	-4.8	85	17.7	13.0	15.7	15.4	85	18.3	12.8	17.0	16.1
90	-5.0	-4.7	-4.3	-4.7	90	16.8	12.5	15.7	15.0	90	17.6	12.5	17.0	15.7
95	-4.9	-4.7	-4.3	-4.6	95	16.6	12.3	15.5	14.8	95	17.3	12.3	17.5	15.7
100	-4.7	-4.3	-4.2	-4.4	100	16.2	12.3	16.0	14.9	100	17.2	12.0	17.3	15.5
105	-4.5	-4.3	-3.8	-4.2	105	16.5	12.0	16.0	14.8	105	17.1	12.7	17.0	15.6

ตารางที่ จ-1 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack Yellow fin และปลา Tonggol ขนาดกลาง กับเวลา (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี										Batch .ปลา				
ชนิดปลา Skipjack, Yellowfin, Tonggol										ขนาดปลา M				
เวลาเริ่มละลาย					เวลาที่ละลายเสร็จ					เวลาที่ใช้ในการละลาย				
BBT ปลา °C					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย °C					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน °C				
BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	SJ	YF	แถบ	$\bar{x}$		SJ	YF	แถบ	$\bar{x}$		SJ	YF	แถบ	$\bar{x}$
110	-4.3	-4.0	-3.8	-4.0	110	15.9	12.0	15.5	14.5	110	17.1	12.0	17.0	15.4
115	-4.0	-4.0	-3.5	-3.8	115	15.8	12.0	14.7	14.2	115	16.3	12.0	16.0	14.8
120	-3.9	-4.0	-3.3	-3.8	120	15.3	12.0	14.7	14.0	120	16.1	12.0	16.5	14.9
125	-3.8	-4.0	-3.3	-3.7	125	15.0	12.0	14.7	13.9	125	15.5	12.0	16.5	14.7
130	-3.8	-4.0	-3.3	-3.7	130	14.9	12.3	14.7	14.0	130	15.5	12.0	17.0	14.8
135	-3.6	-3.7	-3.0	-3.4	135	14.4	11.7	15.0	13.7	135	15.5	13.2	16.7	15.1
140	-3.6	-3.3	-3.0	-3.3	140	14.4	11.7	14.7	13.6	140	15.2	12.7	16.0	14.6
145	-3.5	-3.3	-3.0	-3.3	145	14.4	12.0	14.8	13.8	145	15.0	12.0	17.0	14.7
150	-3.5	-3.2	-2.7	-3.1	150	14.3	12.0	14.5	13.6	150	14.7	12.0	17.5	14.7
155	-3.5	-3.2		-3.3	155	14.2	11.5		12.8	155	15.1	12.3		13.7
160	-3.5	-3.2		-3.3	160	14.7	12.0		13.3	160	15.3	12.7		14.0
165	-3.0	-3.2		-3.1	165	14.7	11.5		13.1	165	15.3	12.0		13.7
170	-3.0	-3.2		-3.1	170	14.7	11.7		13.2	170	15.7	12.3		14.0
175	-2.8	-3.2		-3.0	175	14.7	11.5		13.1	175	15.7	11.5		13.6
180	-2.8	-3.2		-3.0	180	14.7	11.8		13.3	180	15.7	12.0		13.8
185	-2.5	-3.2		-2.8	185	14.7	11.8		13.3	185	15.0	12.0		13.5
190	-2.5	-3.2		-2.8	190	14.7	11.7		13.2	190	15.3	12.3		13.8
195		-3.2		-3.2	195		11.7		11.7	195		12.3		12.3
200		-2.8		-2.8	200		12.0		12.0	200		13.0		13.0
205		-2.8		-2.8	205		12.3		12.3	205		12.3		12.3
210		-2.7		-2.7	210		11.8		11.8	210		12.3		12.3
215		-2.3		-2.3	215		12.3		12.3	215		13.7		13.7
220		-2.3		-2.3	220		11.3		11.3	220		13.0		13.0
225		-1.0		-1.0	225		11.8		11.8	225		12.8		12.8
230		0.8		0.8	230		11.7		11.7	230		12.7		12.7
235		1.5		1.5	235		11.8		11.8	235		12.2		12.2
240					240					240				

ตารางที่ จ-2 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack ขนาดเล็ก กลางและใหญ่กับเวลา

BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	S	M	L	$\bar{X}$		S	M	L	$\bar{X}$		S	M	L	$\bar{X}$
0	-11.1	-11.4	-11.5	-11.3	0					0	35.3	36.0	39.0	36.8
5	-10.6	-11.2	-11.5	-11.1	5					5	35.3	36.0	39.0	36.8
10	-10.3	-11.2	-11.3	-10.9	10					10	34.3	36.0	39.0	36.4
15	-10.0	-10.7	-11.3	-10.7	15	27.2	27.8	30.3	28.4	15	34.3	36.0	39.0	36.4
20	-9.6	-10.4	-10.8	-10.3	20	25.5	27.2	30.8	27.8	20	34.3	30.2	39.0	34.5
25	-8.8	-9.9	-10.8	-9.8	25	22.3	25.4	31.5	26.4	25	29.3	24.6	39.0	31.0
30	-8.1	-9.4	-10.3	-9.2	30	19.5	24.0	32.0	25.2	30	28.6	23.4	39.0	30.3
35	-7.7	-8.7	-9.8	-8.7	35	18.7	22.9	31.8	24.4	35	25.2	23.0	39.0	29.1
40	-7.1	-8.1	-9.3	-8.2	40	18.0	21.9	33.0	24.3	40	24.3	22.8	30.0	25.7
45	-6.7	-7.9	-8.8	-7.8	45	17.8	21.3	33.0	24.0	45	20.9	22.4	28.8	24.0
50	-5.9	-7.3	-8.8	-7.3	50	18.3	20.3	30.5	23.1	50	19.8	22.3	28.0	23.4
55	-5.8	-6.9	-8.8	-7.1	55	17.2	20.1	30.0	22.4	55	19.7	21.2	27.5	22.8
60	-5.4	-6.7	-8.0	-6.7	60	15.9	19.4	29.0	21.4	60	19.3	20.7	27.0	22.3
65	-5.2	-6.5	-7.5	-6.4	65	16.3	19.1	28.0	21.1	65	19.0	19.8	27.0	21.9
70	-4.9	-5.9	-7.5	-6.1	70	15.8	18.0	27.0	20.3	70	18.7	19.4	26.0	21.4
75	-4.5	-5.9	-7.3	-5.9	75	15.9	17.5	26.5	20.0	75	17.6	19.0	26.0	20.9
80	-4.2	-5.5	-7.0	-5.6	80	16.3	17.5	26.0	19.9	80	17.2	18.9	25.5	20.5
85	-4.1	-5.3	-7.0	-5.4	85	15.2	17.7	25.5	19.4	85	17.1	18.3	25.3	20.2
90	-4.1	-5.0	-6.8	-5.3	90	15.5	16.8	25.0	19.1	90	16.5	17.6	25.0	19.7
95	-3.9	-4.9	-6.5	-5.1	95	15.1	16.6	25.0	18.9	95	16.6	17.3	24.0	19.3
100	-3.6	-4.7	-6.5	-4.9	100	14.6	16.2	25.0	18.6	100	16.2	17.2	24.0	19.1
105	-3.6	-4.5	-6.0	-4.7	105	14.7	16.5	24.0	18.4	105	15.8	17.1	23.0	18.6
110	-3.2	-4.3	-6.0	-4.5	110	14.9	15.9	24.0	18.3	110	16.2	17.1	23.0	18.8
115	-3.1	-4.0	-5.8	-4.3	115	14.6	15.8	23.0	17.8	115	15.7	16.3	22.5	18.1
120	-2.8	-3.9	-5.5	-4.1	120	14.0	15.3	23.0	17.4	120	15.8	16.1	22.0	18.0
125	-2.7	-3.8	-5.5	-4.0	125	13.7	15.0	22.5	17.1	125	14.6	15.5	22.0	17.4
130	-3.4	-3.8	-5.3	-4.1	130	15.8	14.9	22.0	17.6	130	14.2	15.5	22.5	17.4
135	-3.4	-3.6	-5.0	-4.0	135	15.5	14.4	21.5	17.1	135	13.0	15.5	26.0	18.2
140	-3.3	-3.6	-5.0	-3.9	140	14.5	14.4	21.5	16.8	140	12.3	15.2	25.5	17.7
145		-3.5	-5.0	-4.3	145		14.4	20.8	17.6	145		15.0	22.3	18.6

ตารางที่ จ-2 ความผันแปรของ BBT ปลา Skip Jack ขนาดเล็ก กลางและใหญ่กับเวลา (ต่อ)

BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	S	M	L	$\bar{X}$		S	M	L	$\bar{X}$		S	M	L	$\bar{X}$
150		-3.5	-5.0	-4.3	150		14.3	21.5	17.9	150		14.7	22.0	18.3
155		-3.5	-4.8	-4.1	155		14.2	22.3	18.2	155		15.1	21.0	18.0
160		-3.5	-4.8	-4.1	160		14.7	22.3	18.5	160		15.3	21.3	18.3
165		-3.0	-4.8	-3.9	165		14.7	22.0	18.3	165		15.3	20.8	18.0
170		-3.0	-4.5	-3.8	170		14.7	22.0	18.3	170		15.7	21.0	18.3
175		-2.8	-4.3	-3.5	175		14.7	21.5	18.1	175		15.7	20.8	18.2
180		-2.8	-4.0	-3.4	180		14.7	21.0	17.8	180		15.7	20.3	18.0
185		-2.5	-4.0	-3.3	185		14.7	20.5	17.6	185		15.0	20.3	17.6
190		-2.5	-4.0	-3.3	190		14.7	20.8	17.7	190		15.3	20.0	17.7
195			-4.0	-4.0	195			20.0	20.0	195			20.0	20.0
200			-4.0	-4.0	200			20.0	20.0	200			20.0	20.0

(2) การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการทดลองกับปลา Skip Jack ขนาดกลาง จากการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 1 ครั้ง

(2.1) ค่าฮีสตามีน

การคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) ของการวนซ้ำน้ำละลายปลาครั้งที่ 1 ในเนื้อปลาหลังละลาย

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.25

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
10	2	0.95	1.0000

ภาพประกอบที่ จ-1 ผลการคำนวณจำนวนการทดสอบของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 1 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังละลาย

การคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) ของการวนซ้ำน้ำละลายปลา 1 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังนึ่ง

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 2.08

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
10	3	0.95	0.988979

ภาพประกอบที่ จ-2 ผลการคำนวณจำนวนการทดสอบของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 1 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังนึ่ง

ตารางที่ จ-3 ผลการทดลองค่า ฮีสตามีน (ppm) ในเนื้อปลา

Batch Skipjack กลาง	**การใช้น้ำละลายปลา**			
	น้ำครั้งแรก		**น้ำซ้ำครั้งที่ 1**	
	หลังละลาย	**หลังนึ่งปลา**	**หลังละลาย**	**หลังนึ่งปลา**
Batch 1	4.6	2.5	7.01	5.6
Batch 2	8.2	6.1	4.6	6.1
Batch 3*	15.8	14.5	10	19.4
Batch 4*	7.9	17.9	6.3	12.7
Batch 5*	16.5	24.5	23.4	29.9
Batch 6	8.4	6.1	7.4	6.8

หมายเหตุ * Batch ที่ไม่นำมาศึกษา

Paired T-Test and CI: การใช้น้ำครั้งแรก, การใช้น้ำซ้ำครั้งที่ 1

Paired T for การใช้น้ำครั้งแรก- การใช้น้ำซ้ำครั้งที่ 1

	N	Mean	StDev	SE Mean
ครั้งแรก	3	8.16667	0.25166	0.14530
ซ้ำครั้งที่ 1	3	6.90333	0.55770	0.32199
Difference	3	1.26333	0.55411	0.31991

95% CI for mean difference: (-0.11314, 2.63981)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 3.95 P-Value = 0.059

ภาพประกอบที่ จ-3 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายปลา จากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 1 ครั้ง

Paired T-Test and CI: การใช้น้ำครั้งแรก, การใช้น้ำซ้ำครั้งที่ 1

Paired T for การใช้น้ำครั้งแรก- การใช้น้ำซ้ำครั้งที่ 1

	N	Mean	StDev	SE Mean
ครั้งแรก	3	4.90000	2.07846	1.20000
ซ้ำครั้งที่ 1	3	6.16667	0.60277	0.34801
Difference	3	-1.26667	1.62583	0.93868

95% CI for mean difference: (-5.30546, 2.77213)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.35 P-Value = 0.31

ภาพประกอบที่ จ-4 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่ง จากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 1 ครั้ง

(2.2) ค่าเชื้อ TPC ในเนื้อปลา (CFU/g)

ตารางที่ จ-4 ผลการทดลองค่าเชื้อ TPC ในเนื้อปลา (CFU/g)

Batch Skipjack กลาง	**การใช้น้ำละลาย**	
	ครั้งแรก	**ซ้ำครั้งที่ 1**
Batch 1*	70	230
Batch 2*	70	110
Batch 3*	110	350
Batch 4	<10	<10
Batch 5	<10	<10
Batch 6	<10	<10

หมายเหตุ * Batch ที่ผลการศึกษาผิดพลาดไม่สามารถนำมาใช้ได้

(2.3) ค่าเชื้อ TPC ในน้ำละลายปลา (CFU/ml)

ตารางที่ จ-5 ผลการทดลองค่าเชื้อ TPC ในน้ำละลายปลา (CFU/ml)

Batch Skipjack กลาง	**การใช้น้ำละลาย**	
	ครั้งแรก	**ซ้ำครั้งที่ 1**
Batch 1*	1.3×10^7	48×10^7
Batch 2	5.4×10^7	10×10^7
Batch 3*	7.7×10^7	14×10^7
Batch 4	1.4×10^7	5.2×10^7
Batch 5	2.2×10^7	2.7×10^7
Batch 6*	1.8×10^8	3.1×10^8

หมายเหตุ* ที่ผลการศึกษาผิดพลาดไม่สามารถนำมาใช้ได้

(2.4) ความผันแปรของ BBT ปลา

ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดกลาง ด้วยการใช้น้ำละลายครั้งแรก และการใช้น้ำละลายปลาครั้งที่ 1 กับเวลา

ตารางที่ จ-6 ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดกลาง ด้วยน้ำละลายครั้งแรก

BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	1	2	3	$\bar{X}$		1	2	3	$\bar{X}$		1	2	3	$\bar{X}$
0	-12.5	-17.0	-15.5	-15.0	0					0				
10	-11.8	-16.0	-14.7	-14.2	10	23.0	20.3	19.0	20.8	10				
20	-11.8	-15.8	-14.2	-13.9	20	21.0	20.3	19.0	20.1	20	20.0			20.0
30	-10.7	-13.2	-13.0	-12.3	30	22.0	22.7	19.5	21.4	30	20.0	21.0		20.5
40	-9.2	-11.7	-12.5	-11.1	40	21.7	21.0	20.0	20.9	40	23.0	22.0	21.0	22.0
50	-8.7	-10.0	-11.2	-9.9	50	22.0	20.0	21.0	21.0	50	22.0	22.0	21.0	21.7
60	-7.8	-8.8	-9.5	-8.7	60	22.0	19.8	19.3	20.4	60	23.0	21.0	22.0	22.0
70	-7.2	-7.7	-8.2	-7.7	70	20.0	19.2	19.0	19.4	70	22.0	21.0	22.0	21.7
80	-7.0	-7.0	-7.2	-7.1	80	20.0	19.5	19.5	19.7	80	21.0	21.0	22.5	21.5
90	-6.3	-6.5	-6.7	-6.5	90	20.3	19.5	20.0	19.9	90	22.0	21.0	22.5	21.8
100	-5.5	-6.0	-6.5	-6.0	100	20.0	19.0	19.8	19.6	100	22.0	21.0	23.0	22.0
110	-4.8	-5.2	-6.0	-5.3	110	21.0	20.0	20.0	20.3	110	22.0	21.0	23.0	22.0
120	-4.3	-5.3	-5.5	-5.1	120	21.0	20.2	20.5	20.6	120	22.0	21.0	23.0	22.0
130	-4.3	-4.7	-4.2	-4.4	130	21.0	21.0	20.5	20.8	130	22.0	22.0	23.0	22.3
140	-3.5	-4.3	-4.2	-4.0	140	21.0	21.0	21.5	21.2	140	22.0	22.0	23.0	22.3
150	-3.5	-4.2	-3.5	-3.7	150	21.3	21.0	21.5	21.3	150	22.0	22.0	23.0	22.3
160	-3.3	-3.7	-2.5	-3.2	160	22.0	21.8	22.0	21.9	160	23.0	22.0	24.0	23.0
170	-3		-0.667	-1.8	170	23		24	23.5	170	24		24	24.0
180	-3			-3.0	180	23			23.0	180	25			25.0
190	-3			-3.0	190	23			23.0	190	26			26.0

ตารางที่ จ-7 ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดกลาง ด้วยน้ำละลายซ้ำครั้งที่ 1

BBT ปลา					อุณหภูมิน้ำในถังละลาย					อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน				
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C				เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C			
	1	2	3	$\bar{X}$		1	2	3	$\bar{X}$		1	2	3	$\bar{X}$
0	-8.8	-10.7	-14.0	-11.2	0					0	26.0	23.0		24.5
10	-8.8	-13.0	-14.0	-11.9	10	23.3	17.0	17.0	19.1	10	26.0	23.0	27.0	25.3
20	-8.8	-13.0	-13.5	-11.8	20	23.0	18.7	18.0	19.9	20	27.0	23.0	26.0	25.3
30	-8.3	-11.5	-11.0	-10.3	30	23.0	19.0	18.0	20.0	30	27.0	23.0	24.0	24.7
40	-7.5	-10.3	-8.7	-8.8	40	24.3	20.0	18.0	20.8	40	27.0	23.0	24.0	24.7
50	-7.0	-8.7	-9.0	-8.2	50	25.0	20.0	18.2	21.1	50	26.0	23.0	23.0	24.0
60	-6.5	-7.3	-8.5	-7.4	60	25.0	20.0	19.0	21.3	60	26.0	23.0	23.0	24.0
70	-6.2	-6.7	-6.5	-6.4	70	24.7	20.5	19.3	21.5	70	26.0	23.0	23.0	24.0
80	-5.5	-6.0	-5.8	-5.8	80	24.7	21.0	19.0	21.6	80	26.0	23.0	23.0	24.0
90	-5.2	-5.7	-4.8	-5.2	90	25.0	20.5	20.0	21.8	90	26.0	23.0	23.0	24.0
100	-4.8	-5.7	-3.3	-4.6	100	25.0	20.5	21.0	22.2	100	26.0	23.0	23.0	24.0
110	-4.0	-5.3	-2.3	-3.9	110	24.0	21.0	21.5	22.2	110	26.0	23.0	24.0	24.3
120	-3.7	-4.3	-1.3	-3.1	120	25.0	21.5	23.0	23.2	120	27.0	23.0	24.0	24.7
130	-3.7	-4.1		-3.9	130	25.0	21.0		23.0	130	27.0	23.0		25.0
140	-3.0			-3.0	140	25.0			25.0	140	27.0			27.0
150	-2.7			-2.7	150	25.5			25.5	150	27.0			27.0
160	-2.3			-2.3	160	25.0			25.0	160	27.0			27.0
170	-1.667			-1.7	170	25			25.0	170	27			27.0

3) การศึกษาความเป็นไปได้ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ ด้วยการทดลองกับปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ จากการหมุนเวียนใช้น้ำละลายปลาซ้ำ 2 ครั้ง

(3.1) ค่า ฮีสตามีน (ppm) ในเนื้อปลา

การคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังละลาย

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 1.32

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
10	3	0.95	1.00000

ภาพประกอบที่ จ-5 ผลการคำนวณจำนวนการทดสอบของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังละลาย

การคำนวณจำนวนการทดสอบ (Sample size) ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังนึ่ง

Power and Sample Size

2-Sample t Test

Testing mean 1 = mean 2 (versus not =)

Calculating power for mean 1 = mean 2 + difference

Alpha = 0.05 Assumed standard deviation = 0.74

Difference	Sample Size	Target Power	Actual Power
10	2	0.95	0.999871

ภาพประกอบที่ จ-6 ผลการคำนวณจำนวนการทดสอบ ของการนำน้ำละลายปลากลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง ในเนื้อปลาหลังนึ่ง

ตารางที่ จ-8 ผลการทดลองค่า ฮีสตามีน (ppm) ในเนื้อปลา

Batch Skipjack ใหญ่	**การใช้น้ำละลาย**					
	ครั้งแรก		**ซ้ำครั้งที่ 1**		**ซ้ำครั้งที่ 2**	
	หลังละลาย	**หลังนึ่งปลา**	**หลังละลาย**	**หลังนึ่งปลา**	**หลังละลาย**	**หลังนึ่งปลา**
Batch 1	3.6	3.6	2.8	2.6	3.6	5.6
Batch 2*	5.4	7.2	4.3	7.7	8.3	18.1
Batch 3	3.1	4.7	3.6	4.2	3.1	5.8
Batch 4	5.6	5.6	6.1	5.8	5.1	4.8
Batch 5*	16.7	12.2	15.6	11.7	19.4	17.2

หมายเหตุ * Batch ที่ไม่นำมาศึกษา

Paired T-Test and CI: น้ำละลายปลาครั้งแรก, น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2

Paired T for น้ำละลายปลาครั้งแรก- น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2

	N	Mean	StDev	SE Mean
ครั้งแรก	3	4.10000	1.32288	0.76376
ซ้ำครั้งที่ 2	3	3.93333	1.04083	0.60093
Difference	3	0.166667	0.288675	0.166667

95% CI for mean difference: (-0.550442, 0.883775)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 1.00 P-Value = 0.423

ภาพประกอบที่ จ-7 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังละลายปลา จากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง

Paired T-Test and CI: น้ำละลายปลาครั้งแรก, น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2

Paired T for น้ำละลายปลาครั้งแรก- น้ำละลายปลาซ้ำครั้งที่ 2

	N	Mean	StDev	SE Mean
ครั้งแรก	3	4.46667	0.77675	0.44845
ซ้ำครั้งที่ 2	3	5.40000	0.52915	0.30551
Difference	3	-0.933333	1.159023	0.669162

95% CI for mean difference: (-3.812505, 1.945838)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -1.39 P-Value = 0.298

ภาพประกอบ จ-8 ผลการทดสอบสมมติฐานค่าฮีสตามีนในเนื้อปลาหลังการนึ่ง จากการนำน้ำกลับมาใช้ซ้ำ 2 ครั้ง

(3.2) ค่าเชื้อ TPC ในเนื้อปลา (CFU/g)

ตารางที่ จ-9 ผลการทดลองค่าเชื้อ TPC ในเนื้อปลา หลังนึ่งปลา (CFU/g)

Batch Skipjack กลาง	**การใช้น้ำละลายปลา**		
	ครั้งแรก	**ซ้ำครั้งที่ 1**	**ซ้ำครั้งที่ 2**
Batch 1	<10	<10	<10
Batch 2	<10	<10	<10
Batch 3	<10	<10	<10

หมายเหตุ ค่า <10 CFU/g (หมายถึงตรวจไม่พบเชื้อ TPC) อยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุม

(3.3) ค่าเชื้อ TPC ในน้ำละลายปลา (CFU/ml)

ตารางที่ จ-10 ผลการทดลองค่าเชื้อ TPC ในน้ำละลายปลา CFU/ml)

Batch Skipjack ใหญ่	**การใช้น้ำละลายปลา**		
	ครั้งแรก	**ซ้ำครั้งที่ 1**	**ซ้ำครั้งที่ 2**
Batch 1	$2.2x10^7$	$7.4x10^7$	$15x10^7$
Batch 2	$2.7x10^7$	$4.3x10^7$	$6.7x10^7$
Batch 3	$7.1x10^7$	$9.5x10^7$	$110x10^7$

หมายเหตุ ไม่มีเกณฑ์ในการควบคุม

(3.4) ความผันแปรของ BBT ปลา

ตารางที่ จ-11 ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ด้วยน้ำละลายครั้งแรก

BBT ปลา							อุณหภูมิน้ำในถังละลาย							อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน						
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C					
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$
0	-10.0	-13.3	-10.3	-11.0	-12.5	-11.4	0							0						
10	-10.0	-13.2	-10.3	-10.5	-12.5	-11.3	10				27.0		27.0	10						
20	-10.0	-13.0	-9.8	-10.2	-12.0	-11.0	20			21.0	27.0	21.5	23.2	20					22.0	22.0
30	-9.8	-12.2	-9.5	-9.0	-11.3	-10.4	30			22.0	26.5	22.5	23.7	30			25.0		23.0	24.0
40	-9.7	-11.3	-8.7	-8.8	-11.2	-9.9	40		20.0	21.5	26.5	23.0	22.8	40		26.0	24.0		23.0	24.3
50	-9.3	-11.3	-8.0	-7.8	-10.0	-9.3	50		18.5	19.0	25.0	22.0	21.1	50	21.0	26.0	23.0	25.0	23.0	23.6
60	-9.2	-11.0	-7.7	-7.8	-9.2	-9.0	60	27.0	20.0	21.5	24.0	21.0	22.7	60	21.0	25.0	23.0	25.0	23.0	23.4
70	-9.2	-10.2	-7.0	-7.3	-8.5	-8.4	70	27.0	20.0	20.5	24.0	21.5	22.6	70	22.0	25.0	23.0	25.0	24.0	23.8
80	-8.8	-9.8	-6.8	-6.8	-7.7	-8.0	80	23.0	19.0	20.5	23.5	21.5	21.5	80	23.0	24.0	23.0	24.0	23.0	23.4
90	-8.7	-8.8	-6.5	-6.3	-7.2	-7.5	90	22.0	19.0	21.0	22.0	21.0	21.0	90	22.0	24.0	22.5	24.0	23.0	23.1
100	-8.3	-7.8	-6.0	-6.2	-7.0	-7.1	100	21.0	19.0	20.5	22.0	22.0	20.9	100	21.0	24.0	22.5	24.0	23.0	22.9
110	-8.2	-7.2	-6.0	-5.8	-7.0	-6.8	110	21.0	19.5	20.5	22.0	22.0	21.0	110	20.0	24.0	23.0	24.0	23.0	22.8
120	-7.2	-7.0	-5.2	-5.7	-6.5	-6.3	120	20.5	19.5	21.0	23.0	22.5	21.3	120	21.0	23.0	22.5	24.0	23.0	22.7
130	-7.0	-6.5	-5.0	-5.2	-6.0	-5.9	130	20.5	20.0	21.5	23.0	22.5	21.5	130	21.0	23.0	23.0	24.0	23.0	22.8
140	-5.0	-6.3	-4.5	-4.8	-6.0	-5.3	140	21.0	20.0	21.5	23.0	23.0	21.7	140	21.0	23.0	23.0	23.0	24.0	22.8
150	-4.8	-6.0	-4.5	-4.8	-5.7	-5.2	150	21.0	21.0	22.5	23.0	23.0	22.1	150	21.0	23.0	24.0	23.0	24.0	23.0
160	-4.7	-5.7	-4.5	-4.8	-4.8	-4.9	160	21.0	21.0	22.5	23.0	23.0	22.1	160	21.0	23.0	24.0	22.0	24.0	22.8
170	-4.5	-5.333	-4	-4.667	-4.333	-4.6	170	21	22	23	24	23	22.6	170	21	23	24	22	24	22.8
180	-4.167	-5.333	-4	-4.5	-4.167	-4.4	180	21	22	22.5	24	23	22.5	180	21	23	24	22	24	22.8
190	-3.5					-3.5	190	21					21.0	190	21					21.0

ตารางที่ จ-12 ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ ด้วยน้ำละลายซ้ำครั้งที่ 1

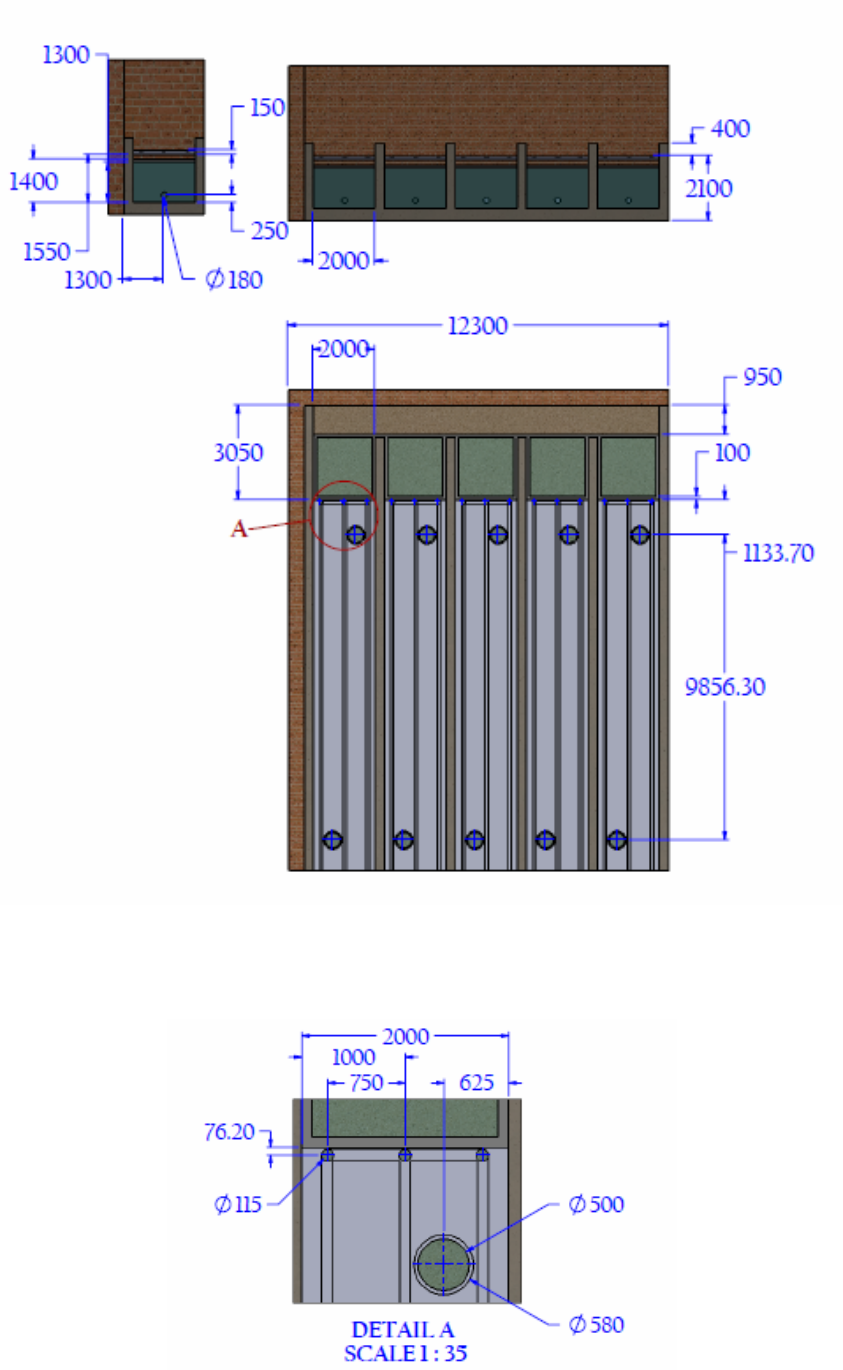
BBT ปลา							อุณหภูมิน้ำในถังละลาย							อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน						
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C					
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$
0	-16.2	-15.0	-15.3	-14.2	-15.5	-15.2	0							0		25.0	22.0	25.0		24.0
10	-15.8	-14.3	-15.3	-14.2	-15.0	-14.9	10	15.0					15.0	10	26.0	25.0	23.0	25.0		24.8
20	-15.0	-13.8	-15.0	-13.8	-14.3	-14.4	20	17.0	18.5		15.0		16.8	20	26.0	25.0	24.0	24.0	25.0	24.8
30	-13.7	-13.2	-14.7	-13.5	-13.8	-13.8	30	18.0	19.0	19.0	17.0	16.3	17.9	30	25.0	24.0	24.0	24.0	25.0	24.4
40	-12.5	-12.2	-13.7	-12.5	-13.0	-12.8	40	18.0	19.0	20.0	18.0	17.3	18.5	40	24.0	24.0	23.0	23.0	25.0	23.8
50	-11.3	-11.2	-12.7	-11.2	-12.7	-11.8	50	18.0	20.0	20.0	19.0	18.2	19.0	50	24.0	24.0	23.0	23.0	24.0	23.6
60	-10.0	-10.7	-11.7	-10.0	-12.0	-10.9	60	20.0	20.5	21.0	19.0	19.0	19.9	60	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
70	-9.0	-10.2	-14.3	-9.0	-11.2	-10.7	70	20.0	20.5	20.5	20.0	20.0	20.2	70	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
80	-8.0	-9.0	-10.7	-8.5	-9.8	-9.2	80	20.0	21.5	21.0	19.0	21.0	20.5	80	23.0	23.0	23.0	24.0	24.0	23.4
90	-7.5	-8.2	-10.0	-8.0	-9.2	-8.6	90	21.0	22.0	21.0	20.0	22.0	21.2	90	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
100	-7.2	-7.8	-9.7	-7.0	-4.0	-7.1	100	21.0	22.0	22.0	20.0	22.0	21.4	100	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
110	-7.0	-7.7	-7.3	-6.7	-6.5	-7.0	110	20.5	22.0	22.0	21.0	23.0	21.7	110	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
120	-6.2	-7.2	-6.7	-6.3	-6.2	-6.5	120	21.0	22.5	22.0	21.0	22.0	21.7	120	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
130	-6.0	-6.8	-6.5	-6.2	-5.5	-6.2	130	22.0	22.5	22.0	21.5	23.0	22.2	130	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.2
140	-5.3	-6.7	-6.3	-5.2	-5.3	-5.8	140	22.0	23.0	22.0	21.3	22.5	22.2	140	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.2
150	-5.2	-6.7	-6.2	-4.8	-5.3	-5.6	150	22.0	23.0	22.0	21.0	22.5	22.1	150	24.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.2
160	-5.0	-6.2	-6.2	-4.3	-5.0	-5.3	160	22.0	23.0	22.5	21.0	23.0	22.3	160	24.0	24.0	24.0	23.0	24.0	23.8
170	-5	-5.5	-5.833	-4.167	-3.667	-4.8	170	22	23.5	22.5	21	23	22.4	170	24	24	24	23	24	23.8
180	-4.167	-5.5	-5	-0.5	-3	-3.6	180	22	23.5	23	21	22.83	22.5	180	24	24	24	23	24	23.8
190		-5.333	-4.5			-4.9	190		24	23			23.5	190		24	24			24.0

ตารางที่ จ-13 ความผันแปรของ BBT ของปลา Skip Jack ขนาดใหญ่ ด้วยน้ำละลายซ้ำครั้งที่ 2

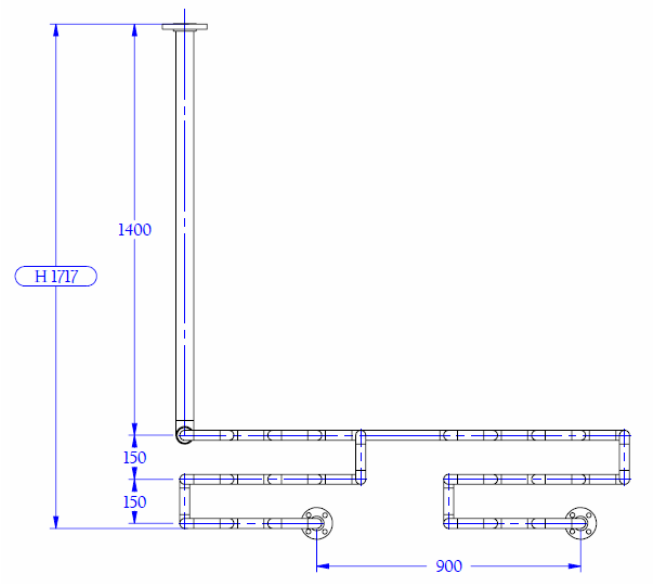
BBT ปลา							อุณหภูมิน้ำในถังละลาย							อุณหภูมิน้ำบ่อหมุนเวียน						
เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C						เวลา (นาที)	อุณหภูมิ °C					
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$		1	2	3	4	5	$\bar{X}$
0	-16.5	-13.0	-7.3	-8.7		-14.8	0							0	25.0	24.0	25.0	25.0		
10	-16.2	-12.8	-7.2	-8.7		-14.5	10			20.0			20.0	10	25.0	24.0	25.0	25.0		
20	-15.5	-12.5	-7.2	-8.7		-14.0	20	19.0		17.0			18.0	20	25.0	24.0	26.0	24.0		24.8
30	-14.8	-12.2	-7.0	-8.3		-13.5	30	19.0	19.0	15.0	17.0		17.5	30	25.0	24.0	26.0	24.0		24.8
40	-13.3	-11.7	-7.0	-8.3		-12.5	40	21.0	20.0	15.0	17.0		18.3	40	24.0	23.0	26.0	24.0		24.3
50	-11.2	-10.3	-6.5	-8.0		-10.8	50	19.0	20.0	15.0	18.0		18.0	50	24.0	23.0	26.0	23.0		24.0
60	-10.0	-9.8	-6.5	-7.0		-9.9	60	19.0	21.0	16.0	18.0		18.5	60	24.0	23.0	25.0	23.0		23.8
70	-9.2	-9.5	-6.5	-7.0		-9.3	70	20.0	21.0	15.5	19.0		18.9	70	24.0	23.0	25.0	23.0		23.8
80	-8.7	-9.0	-6.3	-6.5		-8.8	80	20.0	21.0	15.5	19.0		18.9	80	24.0	23.0	25.0	23.0		23.8
90	-7.8	-6.0	-5.7	-6.5		-6.9	90	20.0	21.0	16.0	19.0		19.0	90	24.0	23.0	26.0	23.0		24.0
100	-6.8	-5.7	-5.5	-6.0		-6.3	100	20.0	21.5	18.0	19.5		19.8	100	24.0	23.0	25.0	23.0		23.8
110	-6.3	-5.5	-5.2			-5.9	110	21.0	22.0	18.5			20.5	110	24.0	23.0	25.0			24.0
120	-5.8	-5.5	-4.5			-5.7	120	21.5	21.0	18.5			20.3	120	24.0	23.0	26.0			24.3
130	-5.3	-5.0	-3.8			-5.2	130	21.5	22.0	18.5			20.7	130	24.0	23.0	26.0			24.3
140	-5.3	-4.2	-3.7			-4.8	140	21.5	22.0	19.0			20.8	140	24.0	23.0	25.0			24.0
150	-5.2	-3.2	-3.5			-4.2	150	22.0	22.0	19.0			21.0	150	24.0	23.0	25.0			24.0
160	-4.7	-2.3	-2.3			-3.5	160	22.5	23.0	19.0			21.5	160	24.0	24.0	25.0			24.3
170	-4.3	-1.3	-1.7			-2.8	170	22	23	18			21.0	170	25	24	25			24.7
180	-3.8	-0.7	-0.8			-2.3	180	22	23	18			21.0	180	25	24	25			24.7

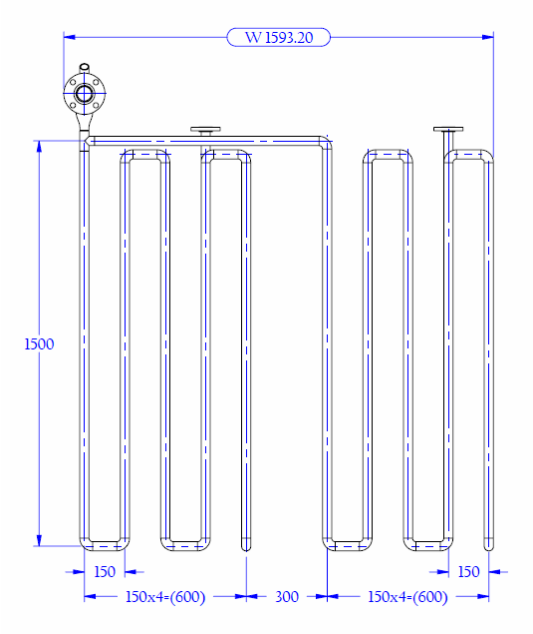
จ-3 การปรับปรุงระบบละลายปลาและการประเมินทางเศรษฐศาสตร์เพื่อเพิ่มการหมุนเวียนน้ำกลับมาใช้ซ้ำ

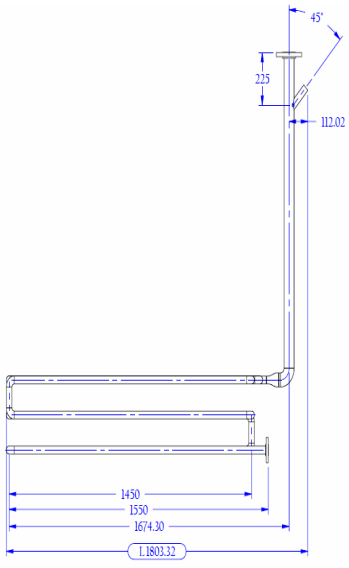
จ-3.1 การปรับปรุงรางละลายปลา



จ-3.2 การออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน







จ-3.3 การคำนวณต้นทุนการปรับปรุงรางละลายปลา

การใช้จ่ายในการก่อสร้าง

ลำดับ	รายการ	ราคา (บาท)
1	รื้อแบบ	14,000.00
2	ค่าเหล็ก+ค่าแรง	363,528.00
3	ค่าคอนกรีต+ค่าแรง	448,363.59
4	ค่าไม้แบบ (ค่าแรง+ค่าของ)	208,363.00
	รวม	1,034,254.59

จ-3.4 การคำนวณต้นทุนการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ลำดับ	รายการ	ราคา	หน่วย	จำนวน	หน่วย	คิดเป็นเงิน	หน่วย
1	Hot coil system	49,040.00	บาท	5	ตัว	24,5200.00	บาท
2	Slide gate value type 2	10,400.00	บาท	5	ตัว	52,000.00	บาท
3	Main pipe hot water	22,400.00	บาท	1	ตัว	22,400.00	บาท
4	Plug	36.50	บาท	15	ตัว	547.50	บาท
5	Stainless chain	73.00	บาท	180	ตัว	13,140.00	บาท
6	Solenoid Valve	4,173.00	บาท	5	ตัว	20,865.00	บาท
7	Electric-Box	2,500.00	บาท	5	ตัว	12,500.00	บาท
8	A1-1 Ball Valve	650.00	บาท	5	ตัว	3,250.00	บาท
9	Condensate outlet	1,000.00	บาท	5	ตัว	5,000.00	บาท
10	condensate pipe	2,200.00	บาท	1	ตัว	2,200.00	บาท
11	Joints	4,550.00	บาท	5	ตัว	22,750.00	บาท
12	ค่าติดตั้งอุปกรณ์					70,000.00	บาท
13	ค่าขนส่ง					10,000.00	บาท
	รวมเป็นเงินทั้งสิ้น					479,852.50	บาท

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวพัชรินทร์ สรรเพชร

รหัสประจำตัวนักศึกษา 4812044

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2548

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

พัชรินทร์ สรรเพชร, กลางเดือน โพชนา, สุเมธ ไชยประพัทธ์. 2551. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของอุตสาหกรรมทูน่าทะเลกระป๋อง. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ. สงขลา, ประเทศไทย, 20-22 ต.ค. 2551. หน้า 596-604.

.