บทที่ 1
บทนำ

อุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย เป็นอุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จอย่างสูงในการส่งออก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 เฉพาะผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องมีการส่งออกไม่ต่ำกว่า 3 แสนตันต่อปี จากปริมาณผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะก่อให้เกิดวัสดุเหลือใช้ประมาณ 4 แสนตันต่อปี ในจำนวนนี้ส่วนใหญ่จะเป็นในรูปของของเหลวซึ่งเกิดจากขบวนการผลิตปลากระป๋อง วัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็งและของเหลว (น้ำเสีย) ดังกล่าวจำเป็นต้องมีการจัดการที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะต่อคุณภาพของแหล่งรับน้ำ

ความร่วมมือทั้งจากภาครัฐและเจ้าของโรงงานอุตสาหกรรม เป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการพัฒนาการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ วัตถุประสงค์เพื่อการป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อม โครงการความช่วยเหลือด้านที่ปรึกษาทางสิ่งแวดล้อมต่อภาคอุตสาหกรรมจึงถือกำเนิดขึ้น คู่มือนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการดังกล่าว

วัตถุประสงค์

1. คู่มือ “ข้อแนะนำการจัดการสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย” มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ข้อมูลในเชิงปฏิบัติแก่เจ้าของโรงงานอุตสาหกรรมและผู้เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการลดปริมาณของเสีย รวมถึง การบำบัด การจัดการน้ำใช้ การลดและการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ประโยชน์ และการเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมในแง่ของค่าใช้จ่าย เป็นต้น

2. ส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจและความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน อันจะทำให้การป้องกันและการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษประสบความสำเร็จ

บทที่ 2
ขอบเขตและข้อจำกัดของคู่มือ

ในคู่มือจะประกอบด้วยข้อมูลทั้งทางด้านเทคโนโลยีและการจัดการวัสดุเหลือใช้เฉพาะของอุตสาหกรรรกรรมปลากระป๋อง วัสดุเหลือใช้เป็นทั้งของแข็งและของเหลว โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. กระบวนการผลิต จะประกอบด้วยกรรมวิธีขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบจนถึงขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์
2. แหล่งกำเนิดและปริมาณของวัสดุเหลือใช้ ระบุถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต เพื่อให้เห็นภาพโดยรวมในการลดปริมาณวัสดุเหลือใช้
3. วิธีการลดปริมาณและการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ ซึ่งจะรวมทั้งการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพด้วย อันจะส่งผลให้เกิดการลดมลภาวะในน้ำทิ้ง และเป็นผลต่อเนื่องไปถึงประสิทธิภาพของกระบวนการบำบัดน้ำทิ้ง และช่วยให้ค่าใช้จ่ายในการบำบัดลดลง
4. การบำบัดน้ำทิ้ง จะกล่าวถึงเทคโนโลยีการบำบัดปฐมภูมิ (Primary treatment) การบำบัดทุติยภูมิ (Secondary treatment) และการบำบัดตติยภูมิ (Tertiary treatment) รวมทั้งให้ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบางระบบเท่าที่มีข้อมูลที่พอจะอ้างอิงได้
5. การติดตามและควบคุมผลการบำบัดเพื่อให้ระบบบำบัดดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีการติดตามและประเมินผลการบำบัด ซึ่งจะกล่าวถึงตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง, วิธีการเก็บตัวอย่าง, วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ และวิธีการจดบันทึกผล
6. มาตรฐานน้ำทิ้งของทางราชการและมาตรฐานน้ำทิ้งที่เสนอแนะมาตรฐานใหม่ที่เหมาะสมที่สุดกับวิธีการบำบัดที่มีอยู่ในขณะนี้เพื่อใช้บังคับอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

บทที่ 3
กระบวนการผลิตปลากระป๋อง

ปลาที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตปลากระป๋องนั้น มีหลายชนิด ได้แก่ ปลาทูน่า, ปลาซาร์ดีน, ปลาแมกเคอเรล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอาจจะบรรจุในน้ำเกลือ น้ำมัน ซอสมะเขือเทศ หรืออื่นๆ ขึ้นกับความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ แต่ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ที่ผลิตได้ จะส่งเป็นสินค้าออก ส่วนที่เหลือจะใช้บริโภคภายในประเทศ ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการผลิตปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน ซึ่งเป็นการผลิตหลักในประเทศไทยเท่านั้น

3.1 กระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ (Raw material)

ก่อนการนำวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต ต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของปลา คือ เหงือก, ตา, ผิวหนัง และความยืดหยุ่นของเนื้อปลา ต้องอยู่ในสภาพที่ดี ไม่มีลักษณะการเสื่อมคุณภาพ

2. การละลายน้ำแข็ง (Thawing)

ภายหลังผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปลาซึ่งปกติมักจะถูกแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20°C จะถูกนำมาละลายน้ำแข็ง โดยใส่ปลาในบ่อพักปลาแล้วเติมน้ำลงไปใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง เพื่อลดอุณหภูมิในตัวปลาลงเหลือประมาณ 5°C ถ้าหากอุณหภูมิของปลาภายหลังการละลายน้ำแข็งสูงกว่า 5°C จะทำให้เกิดการเสื่อมเสียของปลาเนื่องจากจุลินทรีย์ และเอนไซม์

3. การตัดปลา (Butchering, Cutting)

ปลาที่ผ่านการละลายน้ำแข็งจะถูกนำมาผ่าท้อง, ควักไส้, อวัยวะภายในอื่น ๆ และล้าง เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ลง ในขั้นตอนนี้จะทำให้สูญเสียน้ำหนักไปประมาณร้อยละ 3-6

4. การนึ่งปลา (Pre-cooking)

ปลาที่ถูกควักไส้และทำความสะอาดแล้ว จะถูกนำมานึ่งในหม้อนึ่งไอน้ำ (Retort) ที่อุณหภูมิประมาณ 95°C ที่ความดันประมาณ 1-2 บาร์ เป็นเวลา 60-90 นาที ขึ้นกับขนาดและชนิดของปลา การนึ่งปลาเพื่อทำให้หนังและกระดูกปลาแยกออกจากเนื้อและทำให้ขูดปลาได้ง่าย ทั้งยังเป็นการเพิ่มความเหนียวและตกตะกอนโปรตีน

5. การลดอุณหภูมิ (Cooling)

ปลาที่ผ่านการนึ่งด้วยไอน้ำเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำไปที่ห้องพักปลา และฉีดพ่นน้ำลงไปบนตัวปลาเพื่อลดอุณหภูมิตัวปลาให้ต่ำลงถึงอุณหภูมิห้อง เพื่อป้องกันการเกิด Overcooking ในขั้นตอนนี้น้ำจะระเหยเป็นไอมีผลทำให้น้ำหนักของปลาลดลง และไขมันและน้ำมันในตัวปลาจะมารวมตัวอยู่ที่บริเวณชั้นผิวหนังปลา

6. การขูดปลา (Cleaning)

ปลาที่ผ่านการนึ่งและถูกลดอุณหภูมิลงแล้วจะถูกนำมาขูดหนัง แยกหัวปลา กระดูกและก้างออก เหลือเพียงเนื้อปลาที่สะอาดเพื่อบรรจุกระป๋องในขั้นต่อไป

7. การบรรจุ (Canning)

เป็นขั้นตอนการบรรจุเนื้อปลาลงในกระป๋องขนาดต่างๆ อาจใช้เครื่องจักรหรือมือ จากนั้นอาจเติมน้ำมันพืช, น้ำเกลือ, ซอสมะเขือเทศ หรือซอสปรุงรสอื่น ๆ ลงไป เพื่อถนอมคุณภาพเนื้อปลาและตรงกับความต้องการของลูกค้า

8. การไล่อากาศและการปิดผนึก (Exhausting and Seaming)

กระป๋องที่ผ่านการบรรจุเรียบร้อยแล้วจะถูกวางบนสายพานเพื่อผ่านไปบนราง ซึ่งมีการพ่นไอน้ำบนช่องว่างเหนือกระป๋องเพื่อไล่อากาศออกก่อนการปิดผนึก เมื่อไอน้ำเกิดการควบแน่นจะเกิดเป็นสูญญากาศขึ้นภายในกระป๋อง

9. การนึ่งฆ่าเชื้อ (Retorting)

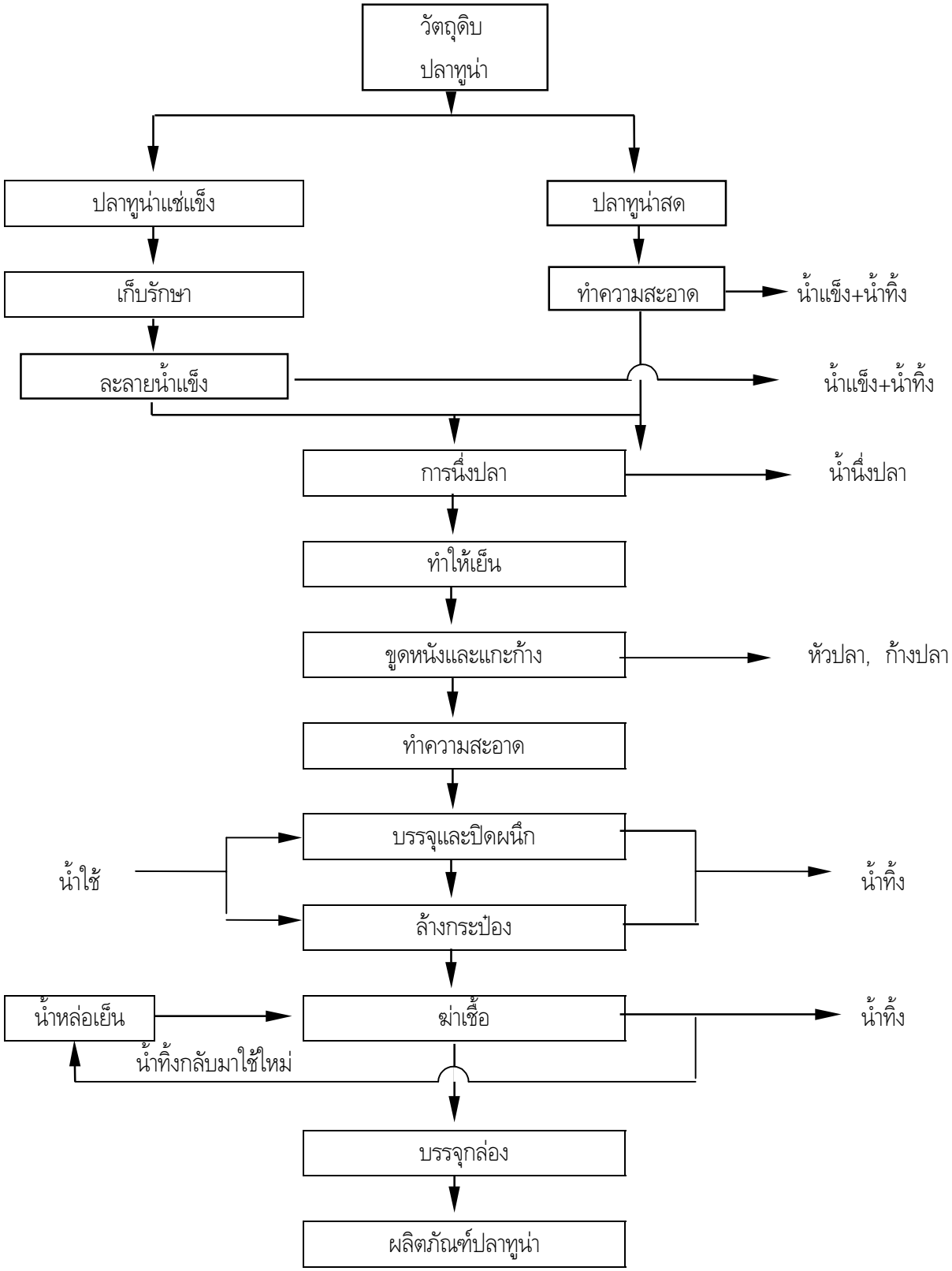
ภายหลังการปิดผนึก ปลากระป๋องจะผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นพาหะนำโรคและพวกที่ทำให้เกิดการเสียหาย การทำลายจุลินทรีย์นี้มิใช่เป็นการทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีอยู่ (Absolute sterilization) เพราะความร้อนในระดับนั้นจะทำให้อาหารสูญเสียลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ดี เช่น กลิ่น, รสชาด, ลักษณะเนื้อ และคุณค่าทางอาหารไปมาก การฆ่าเชื้อจึงเป็นแบบทางการค้า (Commercial sterilization) ซึ่งเป็นการใช้ความร้อนในการหยุดยั้งจุลินทรีย์พวกที่ก่อให้เกิดโรคทั้งหมด และพวกที่ทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพของโปรตีน

10. การลดอุณหภูมิของปลากระป๋องในขั้นสุดท้าย (Final Cooling)

หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้วต้องลดอุณหภูมิของปลากระป๋องโดยเร็ว เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมทำให้เนื้อปลาเปื่อยยุ่ย เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสีหรือรสชาดและคุณค่าต่ำลง ทั้งยังป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์พวกที่เจริญที่อุณหภูมิสูง (Thermophilic microbes) ที่หลงเหลือจากการทำลายด้วยความร้อน ในช่วงการลดอุณหภูมิจะเกิดสภาวะสูญญากาศขึ้นภายในกระป๋องและทำให้ปลากระป๋องเสื่อมคุณภาพได้ น้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิจึงต้องใช้น้ำสะอาดปราศจากแบคทีเรีย โดยทั่วไปจะมีการเติมคลอรีนลงไป ให้มีปริมาณคลอรีนอิสระราว 5 ส่วนในล้านส่วน (5 ppm.) และทำการลดอุณหภูมิของกระป๋องลงเหลือราว 35-40 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้ความร้อนที่เหลืออยู่ทำให้กระป๋องแห้งได้เอง เพื่อป้องกันการเกิดสนิมได้ง่าย หรืออาจใช้พัดลมเป่าที่ด้านนอกกระป๋องเพื่อให้กระป๋องแห้งเร็วขึ้น

11. การปิดสลากและบรรจุกล่อง (Labeling and Packaging)

หลังจากปลากระป๋องผ่านการลดอุณหภูมิจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง และแห้งสนิทแล้วจะถูกนำมาปิดสลาก และบรรจุในกล่องกระดาษเพื่อทำการเก็บรักษาและขนส่งต่อไป



รูปที่ 3.1 กระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง

3.2 กระบวนผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋อง มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ (Raw material quality examination)

ต้องมีการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยตรวจสอบความสดและขนาดของปลา

2. การตัดปลา (Cutting)

หลังจากตรวจสอบคุณภาพแล้วจะตัดหัวปลา หางปลา ดึงไส้และเครื่องในอื่น ๆ ออก

3. การล้างทำความสะอาด (Washing)

ปลาที่ถูกตัดหัว, หาง และควักไส้ออกแล้ว จะถูกส่งผ่านเครื่องล้าง เพื่อล้างเอาเลือด, เมือก และสิ่งสกปรกอื่นๆ ที่ปนเปื้อนมาออก

4. การบรรจุ (Packing)

ปลาที่ล้างทำความสะอาดแล้ว จะถูกนำมาบรรจุลงในกระป๋อง

5. การเติมน้ำมัน/ซอส (Filling)

ปลาที่ผ่านการบรรจุแล้วจะถูกตรวจสอบสิ่งปลอมปนอีกครั้ง จากนั้นจะผ่านไปตามสายพานเติมน้ำมันพืช, ซอสมะเขือเทศ หรืออื่นๆ แล้วแต่ชนิดของผลิตภัณฑ์

6. การไล่อากาศ (Exhausting & Seaming)

ปลาที่บรรจุลงกระป๋องแล้วจะถูกนำมาผ่านหน่วยไล่อากาศและปิดผนึกฝา โดยใช้ไอน้ำไล่และแทนที่อากาศในกระป๋องก่อนปิดผนึกฝากระป๋อง หลังจากไอน้ำเกิดการควบแน่นจะเกิดสภาพ สูญญากาศภายในกระป๋อง

7. การฆ่าเชื้อ (Retorting)

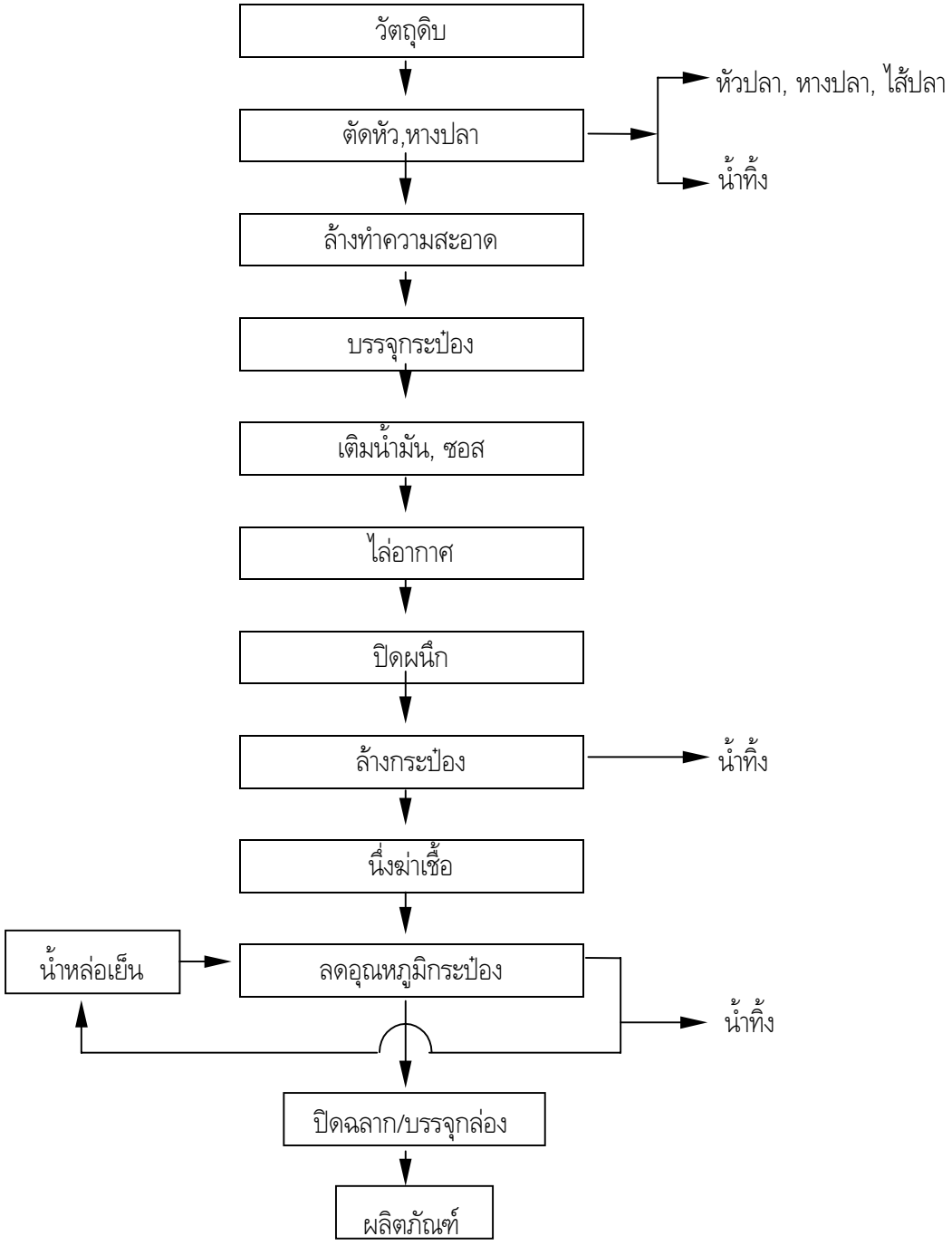
เมื่อปิดผนึกแล้ว จะนำปลากระป๋องที่ได้ไปนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ การฆ่าเชื้อจะเป็นแบบ Commercial sterilization โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ประมาณ 118-122°C นาน 60-70 นาที ขึ้นกับชนิดของผลิตภัณฑ์ ขนาดของปลาที่บรรจุและขนาดของกระป๋อง

8. การลดอุณหภูมิกระป๋อง (Cooling)

หลังจากนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ต้องลดอุณหภูมิของปลากระป๋องโดยเร็ว น้ำที่ใช้ในการลดอุณหภูมิต้องเป็นน้ำสะอาดที่มีการเติมคลอรีน (ประมาณ 5 ppm.) เพื่อลดอุณหภูมิของกระป๋องให้เหลือราว 35-40°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ความร้อนที่สะสมอยู่ที่ตัวกระป๋องจะทำให้กระป๋องแห้ง แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำกว่านี้ กระป๋องจะเป็นสนิมเพราะไอน้ำที่เกาะอยู่ที่ตัวกระป๋องระเหยไปไม่หมด

9. การปิดฉลากและบรรจุกล่อง (Labeling and Packaging)

เมื่อกระป๋องแห้งสนิทแล้ว จะถูกนำมาปิดฉลาก บรรจุกล่อง เก็บรักษาและรอการขนส่งต่อไป



รูปที่ 3.2 กระบวนการผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋อง

บทที่ 4
แหล่งกำเนิดของเสีย

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงกระบวนการผลิตปลากระป๋อง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ขั้นตอนการเตรียมปลา และขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง วัตถุดิบแบ่งออกได้เป็นปลาทูน่าซึ่งเป็นปลาขนาดใหญ่และปลาขนาดเล็ก เช่น ปลาซาร์ดีน ปลาแมกเคอเรล เป็นต้น ปริมาณของเสียในแต่ละขั้นตอนจากกระบวนการผลิตที่ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของปลาที่ใช้ ปลาทูน่าที่ใช้โดยทั่วไปจะนำเข้าจากต่างประเทศในรูปของปลาแช่แข็ง ดังนั้น จะมีบางขั้นตอนที่จำเป็นต้องมีเมื่อเทียบกับปลาซาร์ดีน และ ปลาแมกเคอเรล กล่าวคือ ต้องใช้น้ำในการละลายน้ำแข็ง และต้องนำมานึ่งให้สุกก่อน เพื่อให้ง่ายในการแยกเนื้อปลาและกระดูกปลาออกจากกัน ดังนั้นการผลิตปลาทูน่ากระป๋องจึงทำให้เกิดของเสียในขั้นตอนการเตรียมปลามากกว่าการผลิตโดยใช้ปลาซาร์ดีน หรือปลาแมกเคอเรล แต่ปริมาณน้ำเสียต่อหน่วยน้ำหนักของปลาจะมีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่างปลาทูน่า กับปลาซาร์ดีนหรือปลาแมกเคอเรล

4.1 แหล่งของเสียในขั้นตอนการเตรียมปลา

4.1.1. การผลิตปลาทูน่า

ขั้นตอนการเตรียมปลาทูน่า แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่

-การละลายน้ำแข็ง (Thawing)

-การล้างควักไส้พุง (Cutting)

-การทำให้ปลาสุก (Precooking)

ลักษณะน้ำเสียของแต่ละกระบวนการในขั้นตอนการเตรียมปลาทูน่า แสดงไว้ในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะน้ำเสียในขั้นตอนการเตรียมปลาทูน่า

พารามิเตอร์	***การละลายน้ำแข็ง***	***การผ่าควักไส้พุง***	***การนึ่งปลา***
ปริมาณน้ำทิ้ง ม^3/ตันปลาเข้า	1.2-5.1	2-3	0.2-0.6
pH	5.6-7.4	5.1-6.6	5.1-6.3
BOD_5 มก./ล.	200-1,800	1,000-5,300	23,000-52,000
COD มก./ล.	400-3,200	2,400-7,200	41,000-74,000
FOG มก./ล.	100-5,100	1,000-9,400	4,000-56,000
TKN มก./ล.	20-250	90-600	4,800-8,200
ตะกอนแขวนลอย มก./ล.	150-900	300-2,100	3,000-41,000

หมายเหตุ ข้อมูลการสำรวจจาก 3 โรงงาน 18 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างเก็บแบบ Composite ทุก ๆ 1 ชั่วโมง

การละลายน้ำแข็ง (Thawing) การละลายน้ำแข็งอาจทำได้ใน 2 วิธี คือ ทิ้งไว้ในอากาศให้น้ำแข็งละลายหรือแช่ในน้ำเพื่อละลายน้ำแข็ง

การทิ้งไว้ในอากาศให้น้ำแข็งละลาย

- อุณหภูมิในห้องต้องต่ำกว่า $20^{0}C$
- เวลาที่ใช้ในการละลายน้ำแข็ง 14-19 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาด จำนวนปลาและอุณหภูมิของปลาจากห้องเย็น
- ถ้ามีการหมุนเวียนอากาศ เวลาในการละลายน้ำแข็งจะลดลง
- แม้วิธีนี้จะไม่มีน้ำเสียหรือของเสียจากกระบวนการ แต่อย่างไรก็ดีการละลายน้ำแข็งที่ใช้เวลานานเช่นนี้ อาจทำให้คุณภาพของปลาเสียเพราะเกิดการเสียน้ำในบางส่วนของเนื้อปลาได้

การละลายน้ำแข็งโดยใช้น้ำ

- วิธีนี้เป็นวิธีทั่วไปที่ใช้ในประเทศไทย ใช้ระยะเวลาในการละลายน้ำแข็งประมาณ 3-4 ชั่วโมง ทำให้ลดอัตราการเน่าเสียที่เกิดจากการเสียน้ำในบางส่วนของปลาได้ แต่การใช้น้ำทำให้เกิดการชะสารจากตัวปลา ซึ่งอาจลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์และเป็นการเพิ่มปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิต

การล้างควักไส้พุง (Cutting) ขั้นตอนนี้จะมีน้ำเสียจากการล้าง การล้างจะใช้ในลักษณะการฉีดล้าง (Spray) พร้อมกับมีการผ่าท้องเพื่อควักไส้พุง ดังนั้นจะมีเลือดปลาพร้อมกับเศษปลาบางส่วนปนไปกับน้ำในการชะล้าง ในส่วนของไส้พุงปลา จะทิ้งลงถังหรือตะกร้าเพื่อรวบรวมนำไปขายต่อไป

การทำให้ปลาสุก (Precooking) วิธีการที่ใช้อาจเป็นการต้ม หรือการนึ่ง แม้ว่าการต้มจะทำให้มีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าการนึ่งเมื่อใช้เวลาเท่ากัน เพราะปลาถูกแช่ในน้ำ แต่การสูญเสียน้ำหนักในช่วงนี้น้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำหนักที่สูญไปในขั้นตอนการละลายน้ำแข็ง และขั้นตอนการขูดลอกหนังและเนื้อ ดังได้กล่าวในบทที่ 3 การต้มมีข้อเสียมากกว่าการนึ่งในแง่ของ คุณค่าทางอาหารและการผลิตของเสีย น้ำหนักที่สูญเสียจากการขูดหนังและน้ำเสียจากการต้มมีปริมาณสูง ดังนั้น การผลิตปลาทูน่ากระป๋องในประเทศไทยและหลายประเทศนิยมใช้การนึ่งปลามากกว่าการต้ม ในขั้นตอนการทำให้ปลาสุกใช้เวลาประมาณ 30-180 นาที ขึ้นอยู่กับขนาดของปลา ปลาที่นึ่งแล้วจะถูกทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิอากาศโดยการพ่นละอองน้ำช่วยลดอุณหภูมิ แต่อาจมีผลถึงการสูญเสียคุณค่าทางอาหารบางส่วนและก่อให้เกิดน้ำเสีย ในทางปฏิบัติการแยกหัวปลาก่อนการทำให้สุกจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำนึ่งปลาจากเลือดปลา ซึ่งอาจทำให้มีปัญหาต่อมาในการนำน้ำนึ่งปลาไปใช้ประโยชน์

การทิ้งให้ปลาเย็นลงในอากาศ โดยไม่ใช้การพ่นน้ำช่วยสามารถทำได้แต่ใช้ระยะเวลา 15-18 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเนื้อปลาทำให้คุณภาพลดลงได้ อย่างไรก็ดีมีวิธีใหม่โดยการทิ้งให้เย็นภายใต้สูญญากาศในหม้อนึ่งหลังจากที่การนึ่งเสร็จสิ้นลง เนื้อปลาที่ได้จะแห้งขึ้นและจะย่นเวลาจากวิธีการเดิม 18-22 ชั่วโมงในการนึ่งและการทำให้เย็น เหลือเพียงเวลาประมาณ 3 ชั่วโมงสำหรับการนึ่งปลา 5-7 ตัน วิธีนี้นอกจาก

ไม่มีการใช้น้ำทำให้เย็นแล้วยังลดการสูญเสียเศษเนื้อปลาจากการขูดลอกหนัง เพราะเนื้อปลาจะนุ่มและแน่น หนังปลาจะหลุดลอกออกได้ง่าย

4.1.2 การผลิตปลาซาร์ดีนและปลาแมกเคอเรล

ของเหลือใช้จากขั้นตอนการเตรียมปลาในการผลิตปลาซาดีนและปลาแมกเคอเรล ส่วนใหญ่ได้แก่ปลาที่ถูกคัดทิ้ง เพราะการเน่าเสียหรือคุณภาพต่ำ น้ำเสียจากขั้นตอนการเตรียมปลาได้แก่น้ำจากการล้างทำความสะอาดและตัดปลา ลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนนี้ แสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการเตรียมปลาซาดีนและปลาแมกเคอเรล

ประเภทวัตถุดิบ	*ประเภทน้ำเสีย*	*pH*	*BOD* *มก./ล.*	*SS* *มก./ล.*	*FOG* *มก./ล.*
ปลาแมกเคอเรล	การล้างทำความสะอาด	6.75	1,440	432	260
(Mackerel)	การตัดปลา	6.50	12,572	4,444	1,631

ที่มา *Sato. M., 'Industrial Water Reuse and Industrial Wastewater Treatment in Seafood Industry" Japan External Trade Organization Nov., 1995

4.2 แหล่งของเสียในขั้นตอนบรรจุกระป๋อง

หลังจากขั้นตอนการเตรียมปลา ได้แก่ การตัดแต่ง และการทำให้สุก เนื้อส่วนที่ขาวจะถูกแยกออกจากกระดูก เนื้อแดงและส่วนอื่นๆ การแยกใช้แรงงานคนในการขูดหนังและแล่เนื้อปลาส่วนที่ต้องการโดยไม่มีการใช้อุปกรณ์การตัดปลาดังเช่นอุปกรณ์ที่มักใช้กับอุตสาหกรรม แช่แข็ง เพื่อลดการสูญเสียเนื้อขาวซึ่งจะเป็นส่วนที่จะใช้บรรจุกระป๋องในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนสำหรับการบรรจุกระป๋องสำหรับการผลิตปลาซาร์ดีนหรือปลาขนาดเล็ก ได้แก่ การตัดหัว, ครีบ, หาง, การตัดแต่งและตัดปลาเป็นท่อน ทำความสะอาดกระป๋อง บรรจุเนื้อปลาลงกระป๋องพร้อมซอสปรุงรส นึ่งไล่อากาศ เทน้ำค้างกระป๋อง ปิดฝา ล้างกระป๋อง ก่อนนำเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ

น้ำเสียจากขั้นตอนนี้จะมาจากน้ำล้างมีดในระหว่างการตัดแต่ง น้ำล้างกระป๋องจะใช้สบู่หรือสารทำความสะอาด (Detergent) เพื่อชะล้างไขมันทำความสะอาดกระป๋องก่อนเข้าหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ น้ำล้างอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนน้ำล้างพื้นเมื่อเสร็จการผลิตในกะหนึ่งๆ ลักษณะของน้ำเสียในขั้นตอนการตัดแต่งและบรรจุกระป๋องจึงมีสบู่และสารทำความสะอาดเจือปนอยู่ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และในส่วนของการผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋อง จะมีน้ำทิ้งจากการเทน้ำค้างกระป๋องหลังการนึ่งไล่อากาศอยู่จำนวนหนึ่ง

ตารางที่ 4.3 ลักษณะน้ำเสียจากขั้นตอนการบรรจุกระป๋อง

พารามิเตอร์	*ความเข้มข้น*	
	ช่วง	*เฉลี่ย*
ปริมาณน้ำทิ้ง ม^3/ตันปลาเข้า	-	4
pH	5.8-6.3	-
BOD_5 มก./ล.	1,400-2,300	1,753
COD มก./ล.	2,000-3,300	2,573
FOG มก./ล.	1,400-9,200	6,504
TKN มก./ล.	250-360	290
ตะกอนแขวนลอย	700-7,800	2,963

หมายเหตุ 1. ข้อมูลสำรวจ 4 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างเก็บแบบ Composite ทุก ๆ ชั่วโมง
2. ไม่รวมน้ำหล่อเย็น

น้ำหล่อเย็นจากหม้อนึ่งฆ่าเชื้อสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ 5.1.2.2 ต่อไป ปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ใช้ประมาณ 5-10 ม^3/ตันปลาเข้า

ในส่วนของเหลือใช้ที่เป็นของแข็งจากขั้นตอนนี้ ได้แก่ หัวปลา, ครีบปลา, หางปลา, และกระดูก จะถูกแยกและรวบรวมไว้เพื่อการผลิตอาหารสัตว์

สำหรับส่วนเนื้อแดงของการผลิตปลาทูน่าจะเข้าในสายการผลิตอาหารสัตว์ โดยจะมีการใช้ทั้งปลาซาร์ดีน, กุ้ง ผสมรวมกัน โรงงานปลาทูน่ากระป๋องในประเทศไทยมักจะมีการผลิตอาหารสัตว์จากเนื้อแดงของปลาซาร์ดีน ดังนั้น น้ำเสียจากโรงงานเหล่านี้จะมาจากทั้งการผลิตปลาทูน่าและการผลิตปลาซาร์ดีน

4.3 ปริมาณและลักษณะน้ำเสียรวม

น้ำเสียจากกระบวนการผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋อง (ปลาขนาดเล็ก) มีปริมาณ 7-10 ลบ.เมตร/ตันปลา ส่วนจากกระบวนการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง 8-15 ลบ.เมตร/ตันปลา มากกว่าการผลิตปลาขนาดเล็กเล็กน้อย เนื่องจากต้องใช้น้ำในการแช่ปลาเพื่อละลายน้ำแข็ง และมีน้ำทิ้งจากการควบแน่นของไอน้ำในหม้อนึ่งปลา ข้อมูลในตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณน้ำเสียจากจุดการผลิตต่างๆ และเปอร์เซนต์เมื่อเทียบกับน้ำเสียรวม อุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทยส่วนใหญ่ผลิตปลาทูน่ากระป๋องส่งออกเป็นผลผลิตหลัก และมีการผลิตปลากระป๋องอื่นๆ อยู่ในช่วง 20-100% ของการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณปลาที่เข้าและตลาดในขณะนั้นๆ ลักษณะน้ำเสียรวมเฉพาะสายการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง ปลาซาร์ดีน และน้ำเสียรวมจากการผลิตทั้งปลาทูน่าและปลาซาร์ดีนกระป๋อง แสดงในตารางที่ 4.5 ความเข้มข้นของน้ำเสียรวมจากการผลิตปลาซาร์ดีน จะต่ำกว่าน้ำเสียจากการผลิตปลาทูน่าโดยเฉพาะส่วนของ น้ำมันและไขมัน ถึงแม้ว่าน้ำเสียจากการผลิตปลาซาร์ดีนกระป๋องจะทำให้น้ำเสียรวมมีลักษณะเจือจางลง แต่ระดับความเข้มข้นของมลสารทั้งสารอินทรีย์, น้ำมันและไขมัน, ตะกอนแขวนลอย ยังอยู่ใน

ระดับความเข้มข้นสูง ซึ่งจะเป็นสาเหตุของปัญหามลพิษต่อแหล่งรับน้ำหากมีการระบายน้ำเสียทิ้งโดยไม่มีการบำบัดที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.4 ปริมาณน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ และเปอร์เซนต์เทียบกับปริมาณน้ำเสียรวม

จุดการผลิต	***ปริมาณน้ำเสีย***	
	ลบ.ม/ตันปลาเข้า	***% ในน้ำเสียรวม***
การละลายน้ำแข็ง	1.2-5.1	16-40
การผ่าปลาควักไส้	2-3	30
การนึ่งปลา	0.2-0.6	3-5
การบรรจุกระป๋อง	4	30-50

ตารางที่ 4.5 ลักษณะน้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิตปลากระป๋อง

พารามิเตอร์	***น้ำเสียรวม*** [1] ***ทูน่าและซาร์ดีน มก./ล.***	***น้ำเสียรวมเฉพาะ*** [2] ***ทูน่า มก./ล.***	***น้ำเสียรวม*** [3] ***ซาร์ดีน มก./ล.***
BOD_5	4,523	7,313	3,900
COD	5,072	10,569	-
FOG	3,019	5,523	380
TKN	479	890	-
ของแข็งแขวนลอย	1,548	2,233	1,858

หมายเหตุ

1. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 29 ตัวอย่าง จากถัง Equalization เมื่อปริมาณน้ำเสียจากทูน่าและซาร์ดีนในอัตราส่วนประมาณ 1:1
2. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 7 ตัวอย่าง เก็บแบบ Composite ทุก ๆ ชั่วโมง 24 ชั่วโมง
3. ข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเฉพาะปลาซาร์ดีนกระป๋อง เก็บตัวอย่างทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นค่าเฉลี่ยในหนึ่งปี

บทที่ 5
การลดปริมาณและการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้

การลดปริมาณและการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบเหลือใช้จากการผลิต เป็นสองส่วนสำคัญในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องซึ่งควรมีการพิจารณาอย่างละเอียด บทนี้จะกล่าวโดยสังเขปถึงวิธีการควบคุมภายในโรงงานที่เหมาะสม

5.1 การลดการใช้น้ำ การลดปริมาณและการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบเหลือใช้จากการผลิต

ขั้นตอนที่ใช้น้ำและทำให้เกิดน้ำเสียในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ได้แก่ ขั้นตอนการ เตรียมปลา และขั้นตอนทำความสะอาด เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความเกี่ยวข้องด้านสุขอนามัยกับความสะอาดของโรงงานและผลิตภัณฑ์ การปรับปรุงการผลิตเพื่อการลดการใช้น้ำต้องมีการวางแผนและดำเนินการด้วยความระมัดระวัง เพราะอาจมีผลโดยตรงกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์

การจัดการวัตถุดิบ ได้แก่ ปลาและวัตถุดิบอื่น ๆ ในระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งมีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาในการลดปริมาณน้ำเสีย การเลือกบำบัดน้ำเสียรวม หรือการแยกน้ำเสียบางส่วนมาบำบัดเบื้องต้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อบรรลุถึงการจัดการของเสียที่คุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด การเลือกระบบบำบัดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งๆ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการบำบัดและเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

5.1.1 การหาวิธีสงวนน้ำใช้

อุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋องที่มีการจัดการในเรื่องน้ำใช้ที่ดี จะมีปริมาณน้ำใช้เฉลี่ย 11 ลบ.เมตร/ตันปลาเข้า เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการสงวนน้ำใช้ มีดังนี้

- การติดตั้งมิเตอร์วัดการใช้น้ำทุกขั้นตอน และทำการบันทึกการใช้น้ำในแต่ละวัน ความไม่สม่ำเสมอของการใช้น้ำจะเป็นตัวชี้ว่ามีความผิดปกติที่ควรตรวจสอบ
- การเติมด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ในน้ำที่ใช้ล้างภาชนะ หรือตะแกรงบรรจุปลาในการนึ่ง ทำให้การชะล้างไขมันออกได้ง่ายขึ้น และลดปริมาณน้ำที่ใช้ล้างเครื่องมือ
- ใช้หัวฉีดที่ใช้แรงดันสูง ในการฉีดล้างทำความสะอาด
- ในขั้นตอนการละลายน้ำแข็ง (Thawing) เลือกภาชนะบรรจุให้ได้ขนาดเหมาะสม ควรใช้วิธีการปล่อยน้ำเข้าแบบต่อเนื่อง และมีการหมุนเวียนน้ำที่จุดออกกลับบางส่วน ในกรณีที่ใช้แบบบ่อกักน้ำ ควรระมัดระวังการล้นออกของน้ำจากถังแช่ปลาใน กรณีเติมน้ำทดแทน
- ทำการติดตั้งตะแกรงดักเศษของแข็งบนรางรับน้ำเสียจากจุดการผลิต และมีการตักกวาดของแข็งที่ถูกดักไว้อย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดปริมาณน้ำในการทำความสะอาดพื้น

5.1.2 การนำน้ำเสียกลับมาใช้ใหม่ หรือการนำไปใช้ประโยชน์

ปัจจัยในการเลือกระหว่างการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ประโยชน์จากของเสีย แทนการนำไปทิ้งหรือบำบัด (Disposal or treatment) ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่มีอยู่, เศรษฐศาสตร์ และทัศนคติ อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีไม่ใช่ปัญหาหลัก เนื่องจากปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมอย่างเพียงพอ ปัจจัยที่สำคัญมากที่สุด คือ ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งทำได้ค่อนข้างยาก ประกอบกับทัศนคติของผู้ประกอบการมักเห็นว่าวิธีที่ดีที่สุดในการจัดการของเสีย คือ การกำจัด แต่ในความเป็นจริงแล้วการกระทำดังกล่าวอาจทำให้เกิดผลกระทบทางอ้อมในเรื่องการสูญเสียทรัพยากร และคุณค่าของสารที่อาจมีในของเสียนั้นๆ ไป

ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง น้ำเสียที่ออกจากระบวนการผลิตที่มีการพิจารณานำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือมีการนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่

- น้ำนึ่งปลา
- น้ำใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อน (น้ำหล่อเย็น)
- น้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิต

5.1.2.1 การใช้ประโยชน์จากน้ำนึ่งปลา

ดังได้กล่าวในบทที่ 4 ในกระบวนการผลิตปลาทูน่า ซึ่งเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ จะมีขั้นตอนการนึ่งปลา การให้ความร้อนใช้ไอน้ำสัมผัสปลาโดยตรง ทำให้มีน้ำควบแน่นซึ่งสกัดน้ำมันและโปรตีนออกบางส่วน น้ำส่วนนี้จะถูกเรียกว่า **"น้ำนึ่งปลา"** ปริมาณน้ำนึ่งปลาที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณอยู่ในช่วง 0.2-0.6 ล.บ.เมตร/ตันปลา คุณลักษณะของน้ำนึ่งปลาแสดงในตารางที่ 5.1 ซึ่งปริมาณไขมันและน้ำมัน (FOG) ในน้ำนึ่งปลายังขึ้นกับชนิดของปลาทูน่าที่ใช้ด้วย

ตารางที่ 5.1 ลักษณะน้ำนึ่งปลาจากอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง

พารามิเตอร์	***BOD_5***	***COD***	***TKN***	***FOG***
ความเข้มข้น (ก./ล.)	34.5	51.3	6.1	27.8

หมายเหตุ เป็นค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเก็บตัวอย่างแบบ composite ทุกๆ 1 ชม. 18 ตัวอย่าง

จากข้อมูลในตารางที่ 5.1 จะเห็นว่าน้ำนึ่งปลา ถ้าปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสียจะเป็นลักษณะของน้ำเสียที่บำบัดได้ยากและเสียใช้จ่ายสูง เพราะมีความเข้มข้นของมลสารสูง แต่ถ้านำไปใช้ประโยชน์โดยตรงในแง่คุณค่าอาหารก็ยังมีปริมาณโปรตีนต่ำมาก (ประมาณ 3.8%) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีทำให้เข้มข้นขึ้น

การเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์จากน้ำนึ่งปลาสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

ก. การทำซอสปรุงรส (Fish extract)

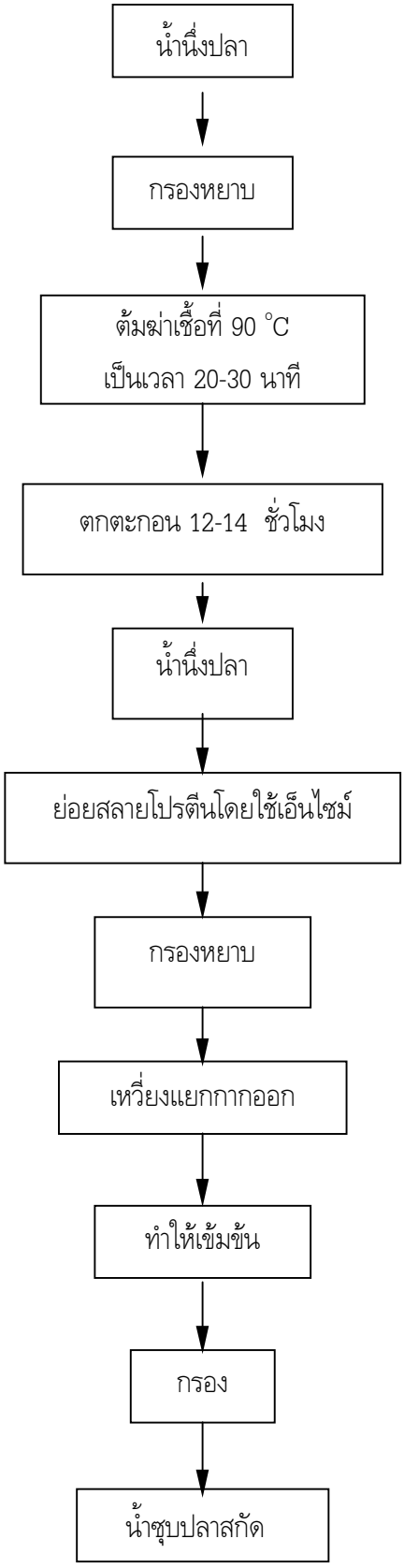
ข. การผลิต Omega-3 Polyunsaturated Fatty acid

ก. การทำซอสปรุงรส

ก.1 การทำน้ำปลา นำน้ำนึ่งปลาไปหมักรวมกับปลาอื่นๆ เพื่อทำน้ำปลา เนื่องจากน้ำนึ่งปลามีปริมาณโปรตีนต่ำ ทำให้ไม่สามารถหมักทำน้ำปลาโดยตรงได้ การใช้ประโยชน์ในด้านนี้ทำได้เพียงนำไปผสมรวมกับเศษปลาหรือปลาอื่นๆ เพื่อทำน้ำปลา ซึ่งจุดนี้จะมีโรงงานทำน้ำปลารายย่อยมารับซื้อไป

ก.2 การทำน้ำซุปปลาสกัดเข้มข้น ขั้นตอนในการทำน้ำซุปปลาสกัดเข้มข้นแสดงไว้ในรูปที่ 5.1 โดยนำน้ำนึ่งปลาไปย่อยด้วยน้ำย่อยโปรติเอส ซึ่งจะย่อยโปรตีนให้มีโมเลกุลเล็กลง จนได้ปริมาณสารละลายพอเพียงจึงหยุดปฏิกิริยาของน้ำย่อยด้วยความร้อน ทำการกรองเพื่อแยกกากออกไปแล้วจึงมาทำให้เข้มข้นขึ้น ทำการกรองละเอียดอีกครั้งก็จะได้น้ำซุปปลาสกัดเข้มข้น ความเข้มข้น 80 Brix สามารถใช้เป็นสารปรุงแต่งกลิ่นรสหรือทำเป็นน้ำซอสปรุงรสต่อไป

ปัจจุบันกระบวนการทำให้เข้มข้นที่นิยมเลือกใช้ คือ เครื่องระเหยน้ำ (Falling film evaporator) วิธีอื่นๆ ที่มีการศึกษาเพื่อทำให้น้ำซุปปลาสกัดมีความเข้มข้น ได้แก่ การกรองระดับโมเลกุล โดยใช้เยื่อแผ่นสังเคราะห์ (Membrane ultrafiltration) ซึ่งราคาแพงกว่าเครื่องระเหยน้ำแต่ช่วยประหยัดพลังงานในการดำเนินการและโดยวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องนำผลิตภัณฑ์ไปผ่านการกรองอีกครั้ง ผลิตภัณฑ์น้ำซุปปลาสกัดเข้มข้นที่ได้ทั้งหมดจะส่งจำหน่ายให้ประเทศญี่ปุ่นเพื่อผลิตซอสปรุงรสต่อไป



รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการผลิตน้ำซุปปลาสกัด

ข. การผลิต Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid

น้ำนึ่งปลามีปริมาณน้ำมันและไขมันประมาณ 2.8% (ตารางที่ 5.1) ถ้าใช้เครื่องเหวี่ยงแยกแบบ 3 เฟส (centrifugal decanter) ซึ่งแยกน้ำ น้ำมัน และของแข็งออกจากกัน ก็จะได้น้ำมันปลาซึ่งสามารถนำมาสกัดสารที่มีประโยชน์เพื่อเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สาร Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acid (**ω**-3 FUFA) ซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ในการเพิ่มสารอาหารที่มีคุณค่าหลายชนิด ซึ่งในกลุ่ม **ω**-3 FUFA นั้น มี 2 ชนิด ที่สำคัญ ได้แก่ กรดไอโคซา เพนตะอิโนอิก (Eicosapentaenoic Acid) หรือ EPA และกรดโดโคซาเฮกซาอีโนอิก (Docosahexaenoic Acid) หรือ DHA มีรายงานยืนยันว่าสารทั้งสองชนิดให้ผลดีมากในการลดไขมัน (Cholesterol) และลดระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด ลดอัตราเสี่ยงการเป็นโรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และโรคเบาหวาน นอกจากนี้ได้มีการศึกษาพบว่าสาร DHA ที่มีในปลานั้น จะช่วยบำรุงสมองให้ทำงานดีขึ้น ช่วยพัฒนาสมองด้านความจำและการเรียนรู้

สำหรับในปลาทูน่าได้มีการวิเคราะห์ปริมาณสาร DHA และ EPA ในน้ำมันจากปลาทูน่า พบว่ามีค่า 25-28% และ 4-6% ตามลำดับ โดยที่ **ω**-3 FUFA มีอยู่ประมาณ 32% ของไขมันในปลาทูน่า

นอกจากไขมันในน้ำนึ่งปลาแล้ว ในการผลิตปลาทูน่าในส่วนของหัวปลาที่ถูกตัดออกเป็นของเหลือใช้ก่อนนำส่งโรงงานปลาป่น ถ้านำมาบีบสกัดจะได้ปริมาณน้ำมันและไขมัน เมื่อพิจารณาจากน้ำมันปลาที่จะมีอยู่ในเนื้อปลาทูน่า ซึ่งแล้วแต่พันธุ์ปลาประมาณในช่วงร้อยละ 0.2-15 (โดยน้ำหนัก) ของปลา น้ำมันและไขมันปลาในหัวปลามีประมาณ 8% ของน้ำหนักปลา โดยที่หัวปลาจะมีน้ำหนักประมาณ 15% ของน้ำหนักทั้งหมด เมื่อรวมน้ำมันปลาจากน้ำนึ่งปลาและจากหัวปลาทูน่า จะได้น้ำมันปลาประมาณ 23 กิโลกรัมต่อตันปลาดิบ ซึ่งนำมาผลิต **ω**-3 FUFA ได้ประมาณ 7 กิโลกรัมต่อตันปลาดิบ EPA และ DHA มีจำหน่ายตามร้านขายผลิตภัณฑ์อาหารบำรุงร่างกายโดยทั่วไปจะบรรจุขายในรูปของแคบซูล มี EPA และ DHA 180 และ 120 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ปัจจุบันมีการวางจำหน่ายแล้ว

ทางด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการสกัดให้ได้สาร EPA หรือ DHA บริสุทธิ์มากกว่า 90% ตามที่มีรายงาน ได้แก่

- การสกัดสารในสภาวะเหนือวิกฤต (Supercritical Fluid Extractor)
- การสกัดโดยวิธีการตกผลึกด้วยยูเรีย (Urea Complexation)

เทคโนโลยีที่ใช้จริงในอุตสาหกรรมนั้นไม่เป็นที่เปิดเผยซึ่งค่อนข้างเป็นเทคโนโลยีชั้นสูง และเนื่องจากสาร EPA และ DHA เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดการออกซิเดชั่น ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นหืนได้ง่าย ดังนั้นในระหว่างการขนส่ง การผลิต ตลอดจนผลิตภัณฑ์ที่ได้ ต้องระมัดระวังในเรื่องระยะเวลาการสัมผัสถูกอากาศ

5.1.2.2 การนำน้ำหล่อเย็นหมุนเวียนกลับมาใช้

น้ำหล่อเย็นส่วนนี้ใช้กับการหล่อเย็นในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อ ปริมาณน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง มีค่าหรือประมาณ 30% ของน้ำใช้รวมทั้งหมด และเมื่อคิดเป็นปริมาณน้ำใช้ต่อวัน จะพบว่าเป็นปริมาณที่ไม่ใช่น้อย กล่าวคือ 250-500 ลบ.เมตร ต่อวัน สำหรับโรงงานที่มีขนาดกำลังผลิตประมาณ 50 ตันต่อวัน เป็นน้ำที่ค่อนข้างสะอาด สามารถหมุนเวียนกลับไปใช้ได้อีกหลังจากผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยคลอรีนและลดอุณหภูมิ หรือจะนำมาใช้เป็นน้ำละลายปลาแช่แข็ง, ใช้ในการล้างพื้น, ล้างสายการผลิต ก็จะช่วยทำให้ประหยัด หรือสงวนน้ำใช้ได้อีกทางหนึ่ง โรงงานทั่วไปจะหมุนเวียนกลับน้ำหล่อเย็นส่วนนี้โดยการให้มีน้ำใหม่เข้ามาทดแทน (bleed-off) ในปริมาณประมาณ 10% เพื่อความมั่นใจในคุณภาพน้ำ น้ำที่ถูกทดแทนส่วนที่เหลือจากการใช้ในวัตถุประสงค์อื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว เมื่อทำให้เย็นลงถึงประมาณไม่เกิน 40°C แล้ว จะสามารถทิ้งลงน้ำสาธารณะได้โดยไม่ต้องผ่านระบบบำบัดน้ำเสีย

การหมุนเวียนและนำกลับน้ำหล่อเย็นนี้ช่วยลดปริมาณการใช้น้ำลงอย่างมากและเป็นเครื่องวัดการสงวนน้ำใช้และการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงงานปลากระป๋องได้เป็นอย่างดี

5.1.2.3 น้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิต

น้ำเสียรวมจากกระบวนการผลิต เมื่อมีการพิจารณาแยกน้ำนึ่งปลาออกจากน้ำเสียรวม ปริมาณความเข้มข้นมลสารยังคงสูง มลสารที่ยังสามารถถูกกักเก็บมาใช้ประโยชน์ ได้แก่ โปรตีน, น้ำมันและไขมัน ยังมีอยู่มากซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ ปริมาณไขมันและโปรตีนเมื่อพิจารณาจากไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธี Kjeldhal (TKN) ได้โปรตีนประมาณ 12 กิโลกรัมต่อตันปลาดิบ และไขมันประมาณ 35 กิโลกรัมต่อตันปลาดิบ ในน้ำเสียรวมที่แยกน้ำนึ่งปลาออกแล้ว วิธีการหนึ่งที่จะนำกลับโปรตีน และไขมันจากน้ำเสียรวมดังกล่าวได้ คือ การใช้วิธีแยกตะกอนและไขมันออกจากน้ำ และกระบวนการที่สามารถใช้ร่วมในการแยกตะกอน และไขมันออกได้ดีและต้นทุนไม่สูงนัก ใช้ได้ดีสำหรับน้ำเสียปริมาณสูง ได้แก่ กระบวนการลอยตะกอน (รูปที่ 5.2) โดยที่กระบวนการลอยตะกอนจะมีหน้าที่เป็นกระบวนการบำบัดขั้นต้นด้วยเพื่อลดภาระมลสารที่จะเข้าระบบบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยาต่อไป

ระบบตะกอนลอยประกอบด้วยการตกตะกอนของโปรตีนที่ค่า pH ต่ำ และมีการเติมกรดทำให้มีการเกิดของตะกอนของแข็งโปรตีน (Protein flocs) ซึ่งสามารถแยกทางกายภาพออกจากน้ำโดยวิธีตะกอนลอย (DAF) การเกิดของตะกอนสามารถเร่งได้โดยการเติมสารสร้างตะกอน (รับรองโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาในกรณีที่ใช้โปรตีนเป็นอาหารสัตว์) สารสร้างตะกอนที่สำคัญ คือ คาร์บอกซี่เมทซิลเซลลูโลส (CMC) ซึ่งสามารถผลิตได้ในประเทศในราคาที่เหมาะสม หลักการของวิธีตะกอนลอย คือ การพ่นฟองอากาศขนาดเล็กลงในน้ำเสียโดยใช้หัวจ่ายอากาศชนิดพิเศษ ฟองอากาศขนาดเล็กจะจับโปรตีนลอยขึ้นที่ผิวน้ำและถูกกวาดเข้าเครื่องอัดตะกอน หรือระบบระเหยน้ำ เพื่อแยกน้ำออก โปรตีนแห้งซึ่งมีโปรตีนประมาณ 30 % สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ จากการใช้ระบบทดลองชี้ว่าโปรตีนที่นำกลับมามีคุณค่าทางอาหารใช้เลี้ยงไก่ได้ เนื่องจากมีกรดอะมิโนที่สำคัญในการเจริญเติบโตของไก่

ปริมาณกากตะกอนจากกระบวนการ DAF จะมีประมาณ 0.7-2.8 กิโลกรัม/ลบ.ม.น้ำเสีย (ขึ้นกับชนิดของสารสร้างตะกอน) ค่าดำเนินการเพื่อให้ได้กากตะกอนซึ่งมีปริมาณความชื้นประมาณ 10% จะอยู่ใน

ช่วง 6.62-12.50 บาท/กิโลกรัมกากตะกอนแห้ง กากตะกอนที่ได้นี้จะส่งขายให้กับโรงงานปลาป่น ราคาที่ขายพิจารณาจากปริมาณโปรตีนและกลิ่นของกากตะกอนที่ได้เป็นหลัก ปัญหาที่พบคือ ถ้าโรงงานที่รับซื้ออยู่ไกลจะมีปัญหาในการขนส่ง เพราะกากตะกอนเหล่านี้ ถ้าส่งขายให้กับโรงงานปลาป่นยังไม่จำเป็นต้องอบแห้ง เพราะต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบอื่นๆ แล้วอบแห้งพร้อมกัน กากตะกอนเมื่อยังไม่ผ่านการอบแห้งจะเน่าเสียง่าย และส่งผลถึงกลิ่นด้วย ดังนั้น ถ้าเป็นโรงงานซึ่งมีโรงงานปลาป่นของตนเองก็จะลดปัญหาดังกล่าวไป

จากข้อมูลกรณีศึกษาการใช้ระบบ DAF โดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมกับน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่มีการผลิตทั้งปลาทูน่าและปลาซาร์ดีน ได้ทำการศึกษาโดยวิธีการและใช้สารสร้างตะกอนแบบต่าง ๆ สารสร้างตะกอนที่ใช้ ได้แก่ คาร์บอกซี่เมทซิลเซลลูโลส (CMC) และสารแคลเซี่ยมฟอสเฟต [$Ca_3(PO_4)_2$] อัตราส่วนของอากาศและของแข็ง (A/S ratio) เท่ากับ 0.015 ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในรูปของการกำจัด COD และ BOD ประมาณ 60%, ตะกอนแขวนลอย 70%, น้ำมันและไขมัน 50% และไนโตรเจน (TKN) เท่ากับ 30% ปริมาณผลิตภัณฑ์และปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากระบบนำร่อง DAF แสดงในตารางด้านล่างนี้

ผลิตภัณฑ์,(กก./ลบ.ม. น้ำเสียป้อนเข้าระบบ)	2.79
ค่าโปรตีน ในตะกอนจากDAF (%)	35
ค่าโปรตีน ในผลิตภัณฑ์, (%)	49

จากการวิเคราะห์กรดอะมิโนในตะกอนจาก DAF และในผลิตภัณฑ์มีค่าเกินระดับความต้องการในการนำไปเป็นอาหารไก่ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ค่าใช้จ่ายในการผลิตการผลิตภัณฑ์ความชื้น 10% เท่ากับ 11 บาทต่อกิโลกรัม รายละเอียดในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ แสดงไว้ในภาคผนวก ค.

ตารางที่ 5.2 ส่วนประกอบกรดอะมิโนของกากตะกอนจาก DAF (Scum) เทียบกับระดับกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเลี้ยงไก่

กรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเลี้ยงไก่	*ส่วนประกอบกรดอะมิโนใน Scum* %ในน้ำหนัก Scum*	*ส่วนประกอบกรดอะมิโนที่จำเป็นสำหรับการเลี้ยงไก่** %ในน้ำหนักสารอาหาร*	
		อายุไก่ต่ำกว่า 4 สัปดาห์	*อายุไก่ 4-8 สัปดาห์*
Lysine	1.46	1.02	1.01
Arginine	1.13	1.34	1.20
Histidine	0.69	0.44	0.40
Threonine	1.22	0.77	0.70
Tyrosine	0.86	1.43	1.03
Valine	1.29	0.16	0.16
Leucine and Isoleusine	3.22	2.35	2.15

หมายเหตุ * คำนวณจากค่าเฉลี่ย % โปรตีนของแต่ละกระบวนการ

** Titus W.H. and Fritz C.J. (1971) Scientific Feeding of Chickens 5th edition Interstate Danville III

5.2 การใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบเหลือใช้ที่เป็นของแข็งจากกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตปลากระป๋องโดยทั่วไปจะมีวัสดุเหลือใช้ที่เป็นของแข็งจากปลาที่ไม่ได้คุณภาพและ/หรือเนื้อปลาที่สูญเสียจากการผลิตรวมทั้งเครื่องในปลา

จากการสำรวจโรงงาน พบว่าปริมาณวัสดุเหลือใช้จากการผลิตที่เป็นของแข็ง มีอยู่ประมาณ 25-30% ของวัตถุดิบที่เข้าสู่โรงงาน วัตถุดิบเหลือทิ้งที่เป็นของแข็งนี้จะประกอบไปด้วย หัวปลา, หางปลา, ก้างปลา, หนังปลา, เครื่องในปลา และเศษเนื้อดำ ปริมาณจะขึ้นกับชนิดและขนาดของปลาที่เข้าสู่โรงงาน เศษวัตถุดิบเหล่านี้โดยส่วนใหญ่จะมีผู้มารับซื้อจากโรงงานในราคา 1.50-3.00 บาท/กิโลกรัม นำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

- **น้ำปลา** โดยนำเครื่องในปลาไปหมัก
- **เนื้อปลาป่น** ใช้หัวปลา, ก้างปลา, หางปลา, หนังปลา, เศษเนื้อดำ เป็นวัตถุดิบ บางโรงงานอาจมีโรงงานผลิตปลาป่นของตนเอง
- **อาหารสัตว์บรรจุกระป๋อง** (Canned pet food) นำส่วนผสมของหัวปลา, หางปลา, ก้างปลา, หนังปลาและเศษเนื้อดำ บรรจุลงกระป๋องโดยมีส่วนผสมของของเหลว เช่น

น้ำเกลือ, เจลลี่ หรือน้ำผักเติมลงไป ซึ่งจะมีชื่อเรียกตามส่วนผสมที่เติมลงไป เช่น ทูน่าในน้ำเกลือ (หรือเจลลี่หรือน้ำผัก) ทูน่าผสมไก่บดในน้ำเกลือ (หรือเจลลี่) เป็นต้น

- **ไส้กรอก** ในต่างประเทศ เช่น คอสตาริกาจะนำเศษเนื้อดำของปลาทูน่ามาผลิตไส้กรอกเพื่อเป็นอาหารมนุษย์ และผลิตภัณฑ์ดังกล่าวถูกส่งไปขายยังสหรัฐอเมริกา
- **ซอสปรุงรส** (Seasoning fish wafers) ประเทศญี่ปุ่นจะนำเศษเนื้อดำมาผสมกับเครื่องปรุงต่าง ๆ
- **กรดไขมันโอเมก้า-3** (Omega-3 fatty acid) หัวปลาทูน่านั้นนอกจากจะขายเป็นวัตถุดิบให้กับโรงงานปลาป่นแล้ว สามารถนำมาบีบเอาน้ำมัน ไปสกัดกรดไขมันโอเมก้า-3 ซึ่งเป็นสารที่มีคุณค่าสูง กรดไขมันโอเมก้า-3 ที่สำคัญ ได้แก่ EPA (Eicosapentanoic acid) และ DHA (Docosa hexaenoic acid) จากการค้นคว้าวิจัยมีรายงานยืนยันว่า EPA เป็นส่วนสำคัญในการป้องกันและต่อต้านโรคหัวใจ เบาหวาน และโรคอื่น ๆ ที่มีส่วนสัมพันธ์กับกรดไขมันในเลือด ส่วน DHA มีรายงานผลงานวิจัยใหม่ๆ พบว่า ในเซลสมองของคนมี DHA อยู่ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะใช้ DHA ในการส่งเสริมการพัฒนาสมองของคนต่อไป

บทที่ 6
เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสีย

เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่จะกล่าวถึงนี้ จะเน้นวิธีการบำบัดน้ำเสียจากจุดต่าง ๆ ภายในกระบวนการ เช่น จุดละลายน้ำแข็ง จุดตัดปลา จุดการบรรจุกระป๋อง น้ำล้างพื้น ล้างอุปกรณ์ จะรวมกันเรียกว่า น้ำเสียรวม ซึ่งสามารถกระทำได้ 3 ระดับ ได้แก่ การบำบัดปฐมภูมิ (Primary treatment) การบำบัดทุติยภูมิ (Secondary treatment) และการบำบัดตติยภูมิ (Tertiary treatment) น้ำเสียรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องส่วนใหญ่ จะมีลักษณะการแปรเปลี่ยนทั้งอัตราการไหลและสมบัติของน้ำค่อนข้างสูง จำเป็นต้องมีถังรับน้ำเสีย (Equalization tank) ก่อน เพื่อสามารถป้อนน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียให้สม่ำเสมอได้ ขนาดของถังรับน้ำเสีย จะขึ้นอยู่กับอัตราการปล่อยน้ำเสียรวมของโรงงาน โดยทั่วไปควรสร้างให้เก็บกักน้ำได้ประมาณ 6-7 ชั่วโมง ภายในถังต้องติดตั้งเครื่องเติมอากาศเพื่อให้อากาศและกวนผสมน้ำเสียในถังรับน้ำเสียไม่ให้เน่าเสียและตกตะกอนนอนก้นถัง นอกจากนั้นควรติดตั้งสวิทซ์ควบคุม (Level switch) เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มสูบน้ำเสียด้วย

6.1 การบำบัดขั้นปฐมภูมิ

กระบวนการที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นกระบวนทางกายภาพ เช่น

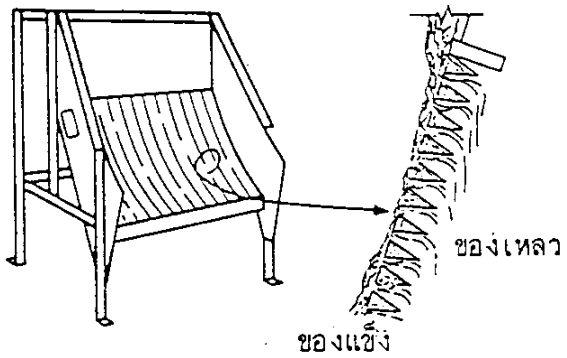
- ตะแกรงแยกของแข็ง (Screens)
- บ่อดักไขมัน (Fat traps)
- ถังตกตะกอน (Settling tanks)
- ถังลอยตะกอน (Flotation)

6.1.1 ตะแกรงแยกของแข็ง น้ำเสียรวมจะมีสิ่งสกปรกของแข็งทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็กปะปนอยู่ จึงจำเป็นต้องผ่านเครื่องแยกของแข็งเพื่อไม่ให้เกิดการอุดตันของเครื่องสูบน้ำเสีย ตะแกรงที่ใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ ตะแกรงหยาบ (Coarse screens) และตะแกรงละเอียด (Fine screens)

ตะแกรงหยาบ ที่ใช้กันมากเป็นแบบเหล็กลูกกรง (Bar racks) คือ ใช้เหล็กแท่งกลมหรือเหลี่ยมเชื่อมเป็นแผ่นตะแกรงวางขวางรางระบายน้ำเสีย ทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวระดับ ระยะระหว่างซี่ลูกกรงประมาณ 1-2 นิ้ว เพื่อดักสิ่งสกปรกชิ้นใหญ่ๆ ที่ลอยมากับน้ำเสีย จะต้องตักหรือกวาดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ระหว่างซี่ลูกกรงออกไปเป็นประจำ เพื่อไม่ให้มีการอุดตันซึ่งจะทำให้น้ำท่วมขังพื้นที่ที่ทำการผลิตได้

ตะแกรงละเอียด ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นแผ่นเอียง หรือเป็นทรงกระบอกแผ่นตะแกรงทำด้วยโลหะหรือวัสดุอื่นๆ มีรูพรุน ตะแกรงละเอียดจะใช้ดักสิ่งสกปรกขนาดเล็ก ตะแกรงละเอียดที่นิยมใช้ได้แก่

- สแตติกสกรีน (Static screen) เป็นเครื่องดักตะกอนที่ยึดติดอยู่กับที่ ตัวตะแกรงตั้งเอียงทำมุมกับพื้นประมาณ 60 องศา ตะกอนที่ถูกแยกอยู่บนตะแกรงจะตกมารวมอยู่ในที่รองรับด้านล่าง ดังรูป 6.1



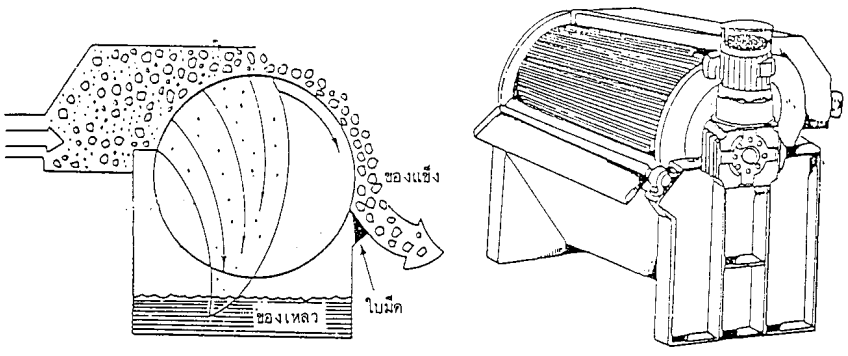
รูปที่ 6.1 เครื่องแยกตะกอนที่ยึดติดอยู่กับที่ (Static screen)

- โรตารี ดรัม สกีน (Rotary drum screen) น้ำเสียจะถูกส่งเข้าไปในกล่องป้อน (Feed box) น้ำเสียจะเข้าผ่านไปในโรตารีสกรีนโดยแรงโน้มถ่วง ตะกอนที่ถูกกักอยู่บน สกรีนจะถูกปาดโดยใบมีด ดังรูปที่ 6.2

สำหรับข้อมูลการออกแบบ/ประสิทธิภาพของเครื่องแยกตะกอนแสดงไว้ในตารางที่ 6.1

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการออกแบบและประสิทธิภาพของเครื่องแยกตะกอน

	ชนิดของเครื่องแยกตะกอน	
	สแตติกสกรีน	***โรตารีดรัมสกรีน***
ขนาดตะกอน, มิลลิเมตร	0.01-0.06	0.01-0.06
วัสดุที่ใช้ทำตะแกรง	สแตนเลสสตีล Wedge wire	สแตนเลสสตีล Wedge wire
Hydraulic capacity, gal/ft^2 min	15-60	0.12-1.0
ปริมาณของแข็งในน้ำเสีย, %โดยน้ำหนัก	10-15	10-15
ประสิทธิภาพการกำจัด SS, %	15-30	15-30



รูปที่ 6.2 เครื่องแยกตะกอนชนิดโรตารีดรัม (Rotary drum screen)

6.1.2 บ่อดักไขมัน น้ำเสียรวมจะมีปริมาณน้ำมันและไขมันค่อนข้างสูงอยู่ในช่วง 1,000-7,000 มก.ต่อลิตร การกำจัดน้ำมันและไขมันดังกล่าวโดยบ่อดักไขมันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการส่งผ่านออกซิเจนในระบบบำบัดต่อไป บ่อดักไขมันเป็นบ่อคอนกรีตรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีความจุพอที่จะกักน้ำไว้ได้นานประมาณ 15 นาที ในบ่อมีแผ่นคอนกรีตหรือไม้ (Baffle) กั้นขวางทางน้ำไหลเอาไว้ น้ำจะไหลลอดแผ่นกั้นนี้ไป ส่วนน้ำมันจะถูกกักไว้จะต้องกวาดเอาไปทำลาย การกวาดน้ำมันอาจจะใช้เครื่องกวาด (Skimmer) ก็ได้

6.1.3 ถังตกตะกอน ทำการแยกตะกอนออกจากน้ำเสีย โดยการกักน้ำเสียไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งในถังตกตะกอน เพื่อลดความเร็วในการไหลของน้ำเสียลงจนกระทั่งตะกอนต่างๆ สามารถจมตัวลงสู่ก้นถังได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อช่วยการตกตะกอนของของแข็งที่มีขนาดเล็กมากที่เป็นตะกอนแขวนลอยไม่สามารถรวมตัวได้ด้วยน้ำหนักของตัวเอง จำเป็นต้องเติมสารเคมีช่วยสร้างตะกอน (Coagulants) เพื่อให้ตะกอนที่เกิดนั้นมีขนาดใหญ่พอที่จะตกตะกอนได้ สารช่วยตกตะกอนที่ใช้จะได้ผลดีที่สุดที่ค่า pH พิสัยหนึ่งขึ้นกับชนิดของสารช่วยตกตะกอนที่ใช้ ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 ค่า pH ที่เหมาะสมสำหรับสารก่อตะกอนแต่ละชนิด

สารก่อตะกอน	***pH ที่เหมาะสม***
PAC (poly aluminium chloride)	6.0-8.5
Aluminium Sulfate [$Al_2(SO_3)_3$]	6.0-8.5
Ferric chloride [$FeCl_3$]	4.0-11.0

6.1.4 การทำให้ตะกอนลอย (Flotation) เป็นการแยกตะกอนออกโดยการทำให้ตะกอนในน้ำเสียลอยขึ้นบนผิวน้ำโดยใช้ฟองอากาศขนาดเล็ก แล้วกวาดทิ้งออกไป นิยมใช้กับตะกอนที่ตกออกได้ยาก เช่น ตะกอนแขวนลอยที่มีน้ำหนักเบา, ไขมันต่าง ๆ การทำให้ตะกอนลอย จะใช้เวลาในการแยกตะกอนน้อยกว่าวิธีการตกตะกอนโดยธรรมชาติ แล้วตะกอนซึ่งมีน้ำหนักเบาอยู่ในลักษณะครึ่งจมครึ่งลอย เมื่อมีฟองอากาศไปรวมกับตะกอน จะทำให้ความถ่วงจำเพาะของทั้งฟองอากาศรวมกับตะกอนมีค่าน้อยกว่าความถ่วงจำเพาะของน้ำเสีย ฟองอากาศก็จะพาสิ่งตะกอนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ

ข้อดีของระบบตะกอนลอย

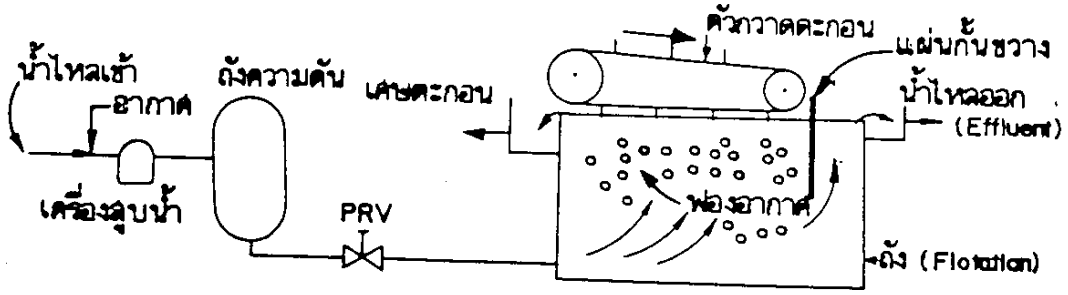
- พวกไขมัน, ตะกอนเบา, ตะกอนหนักต่างๆ สามารถถูกแยกออกจากน้ำเสียได้โดยใช้เพียงถังเดียว
- ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งน้อย เพราะมีเวลาเก็บกักต่ำ จึงใช้ถังที่ขนาดเล็กและทำให้ประหยัด ค่าก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย
- ไม่มีปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน เพราะเวลาเก็บกักของน้ำเสียในถัง Flotation มีน้อย และปริมาณออกซิเจนของน้ำเสียในถัง Flotation จะมีมากเกินพอจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นรบกวน ระบบนี้สามารถแยกตะกอนชนิดต่างๆ ออกจากน้ำเสียได้มากกว่าระบบการตกตะกอน

◆ น้ำมันและไขมันต่างๆ ที่ถูกแยกออกจากน้ำเสียบางชนิด สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ประเภทของกระบวนการตะกอนลอย

การทำให้ตะกอนลอยที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย มี 2 วิธีหลัก คือ

1. ระบบอัดอากาศ Dissolved Air Flotation (DAF) หลักการ คือ การอัดอากาศลงในน้ำเสียภายใต้ความดันสูง จากนั้นจึงปล่อยความดันให้เข้าสู่สภาวะความดันบรรยากาศอย่างรวดเร็ว ทำให้อากาศละลายน้ำได้จนเกินจุดอิ่มตัว อากาศส่วนเกินก็จะหนีออกจากน้ำเป็นฟองเล็กๆ พาตะกอนขึ้นสู่ผิวน้ำ DAF มี 2 ระบบ คือ ระบบมีการหมุนเวียน และ ระบบไม่มีการหมุนเวียน ขึ้นอยู่กับชนิดของตะกอนที่ก่อตัว



รูปที่ 6.3 ระบบ Dissolved Air Flotation

2. ระบบเป่าหรือพ่นอากาศ Dispersed Air Flotation หลักการคือ การเติมอากาศหรือเป่าอากาศลงในน้ำเสียโดยตรง ณ ความดันบรรยากาศ ในการเป่าอากาศจะทำให้เกิดฟองอากาศที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของฟองอากาศประมาณ 2-3 มม. นำพาตะกอนต่างๆ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นจะถูกกวาดทิ้งออกไป ระบบ Dispersed Air flotation มีประสิทธิภาพในการแยกของแข็งและไขมันต่ำกว่าระบบ Dissolved Air Floatation ข้อดีของระบบนี้คือค่าก่อสร้างต่ำและการทำงานง่าย

ระบบ Flotation ตามวิธีข้างต้นอาจเติมสารเคมีบางชนิด (Coagulants) ลงไปในระบบ เพื่อช่วยให้ตะกอนเล็ก ๆ เกาะติดกันและจะทำให้ได้โครงสร้างที่สามารถเกาะติดกับฟองอากาศได้ดียิ่งขึ้น เป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการแยกตะกอนของระบบ Flotation สารเคมีที่นิยมใช้สำหรับช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ Flotation ได้แก่ สารอนินทรีย์ เช่น Alum, $FeCl_3$, Activated Silica, $Fe_2(SO_4)_3$, $Ca_3(PO_4)_2$ และสารประกบอินทรีย์ เช่น Amy- alcohol Pine oil, Cresylic acid และ Carboxymethylcellulose เป็นต้น สารเหล่านี้จะทำให้ของแข็งจับตัวเป็นก้อนใหญ่และถูกลอยขึ้นสู่ผิวน้ำโดยฟองอากาศ

ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบระบบ Flotation ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกอน ปริมาณอากาศที่ต้องการใช้ในระบบ, ความเร็วลอยขึ้นของตะกอน, อัตราส่วนอากาศต่อของแข็ง (Ait/Solids ratio) และอุณหภูมิของน้ำเสีย ระยะเวลาที่ใช้ในการกักเก็บทั่วไปของระบบประมาณ 20-30 นาที

การพิจารณาเลือกใช้สารช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบตะกอนลอยจะขึ้นอยู่กับ

- ลักษณะของน้ำเสียและปริมาณ coagulants ที่ต้องการ
- เครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าเดินและค่าบำรุงรักษา
- วัตถุประสงค์ของการใช้ระบบตะกอนลอย เช่น เพื่อการบำบัดเบื้องต้น อาจเลือกใช้สารอินทรีย์ชนิดใดชนิดหนึ่งที่เหมาะกับลักษณะของน้ำเสีย แต่ถ้าเพื่อการบำบัดร่วมกับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ โดยอาจนำเอากากตะกอนที่ได้ไปเป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ จะต้องคำนึงถึงชนิดและปริมาณของสารในกากตะกอนว่า อยู่ในเกณฑ์ที่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ยอมรับได้หรือไม่ ในกรณีที่มีการเติมสารช่วยสร้างตะกอน ต้องเป็นชนิดที่ใช้ผสมในอาหารและอาหารสัตว์ ซึ่งรับรองโดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

6.2 การบำบัดขั้นทุติยภูมิ

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง มีลักษณะเช่นเดียวกับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรอื่น ๆ คือมีมลสารในรูปสารอินทรีย์อยู่สูง ซึ่งจำเป็นต้องใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพ เพื่อลดปริมาณสารอินทรีย์ดังกล่าวโดยระบบบำบัดที่ใช้อาจประกอบด้วย กระบวนการบำบัดหลายๆ ประเภทหรือประเภทเดียว และอาจมีขั้นตอนเดียวหรือหลายขั้นตอน ซึ่งปัจจุบันมีกระบวนการทางชีวภาพมากมาย ที่สามารถใช้กับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

ดังนั้นในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียระบบใดนั้น มีข้อควรคำนึงถึงเพื่อใช้ประกอบการเลือก ดังนี้

- ความยืนหยุ่นในการบำบัดน้ำเสียทั้งในด้านปริมาณและคุณลักษณะของน้ำเสีย
- ความยากง่ายในการเดินระบบบำบัด ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ/ค่าบำรุงรักษาควรมีค่าต่ำ

การดำเนินงานของระบบบำบัดอาจเป็นได้ทั้งแบบกะและแบบต่อเนื่อง ระบบบำบัดแบบกะเหมาะสมกับอุตสาหกรรมปลากระป๋องขนาดเล็ก (กำลังการผลิตไม่เกิน 50 ตัน/วัน) เมื่อปริมาณน้ำเสียไม่สูงและเวลาในการปลดปล่อยน้ำเสียสั้น ในระบบบำบัดที่มีการดำเนินงานแบบต่อเนื่องจำเป็นต้องมีถังปรับสภาพน้ำ และมีการสูบน้ำจากถังปรับสภาพน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดด้วยอัตราคงที่

ความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสีย ในอุตสาหกรรมปลากระป๋องยังขึ้นกับวัตถุดิบ คือ พันธุ์ปลาที่ใช้ตลอดจนกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน สำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋องในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตปลาทูน่ากระป๋อง และอาจจะมีสายการผลิตปลาซาร์ดีนอยู่ในสัดส่วนต่างๆ กัน มลสารในน้ำเสียจากสายการผลิตปลาทูน่าจะสูงกว่าจากสายการผลิตปลาซาร์ดีน เนื่องจากมีน้ำเสียจากการนึ่งปลาในกระบวนการผลิตปลาทูน่า อย่างไรก็ดีถ้ามีการจัดการในเรื่องน้ำเสียโดยแยกน้ำนึ่งปลา และน้ำที่ใช้เป็นตัวถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำเสียรวมแล้ว จะพบว่าลักษณะของน้ำเสียจากสายการผลิตปลาทูน่ารวมกับน้ำเสียจากสายการผลิตปลาซาร์ดีน มีความเข้มข้นลดลง ข้อมูลในตารางที่ 6.3 แสดงความเข้มข้นของมลสารในน้ำเสียจากสายการผลิตปลา ทูน่าเมื่อแยกและไม่แยกน้ำนึ่งปลาออก ในน้ำเสียสายการผลิตปลาซาร์ดีน และในน้ำเสียสายการผลิตปลาทูน่าเมื่อแยกน้ำนึ่งปลารวมกับปลาซาร์ดีนในอัตราส่วน 1:1 และสุดท้ายคือน้ำเสียรวมน้ำนึ่งปลาของสารการผลิตปลาทูน่ารวมกับปลาซาร์ดีนในอัตราส่วน 1:1

ตารางที่ 6.3 ความเข้มข้นมลสารในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

น้ำเสียจากการผลิต / *พารามิเตอร์*	*ปลาทูน่า*		*น้ำนึ่งปลา*[2]	*ปลาซาร์ดีน*[4]	*รวมปลาทูน่าและซาร์ดีน ปริมาณน้ำเสีย 1:1*	
	น้ำนึ่งปลา				*น้ำนึ่งปลา*	
	รวม	*ไม่รวม*[4]			*รวม*[3]	*ไม่รวม*[4]
BOD_5(มก./ล.)	7,313	5,196	47,545	1,644	4,523	3,420
TKN (มก./ล.)	890	564	7,086	68	479	309
TSS (มก./ล.)	2,233	971	26,202	863	1,548	916
FOG (มก./ล.)	5,523	5,318	9,418	515	3,019	2,855

หมายเหตุ
1. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 7 ตัวอย่าง เก็บ Composite ทุก 1 ชม.
2. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 12 ตัวอย่าง เก็บ Composite ทุก 1 ชม.
3. ข้อมูลจากจำนวนตัวอย่าง 29 ตัวอย่าง เก็บ Composite ทุก 1 ชม.
4. ข้อมูลจากการคำนวณโดยการทำสมดุลมวล

6.2.1 กระบวนการทางชีวภาพแบบใช้อากาศหลังการบำบัดขั้นต้น

ความเข้มข้นมลสารในน้ำเสียจะมีค่าลดลงตามขั้นตอนของการบำบัด ดังนั้นน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องที่จะเข้าสู่กระบวนการทางชีวภาพ จะมีความเข้มข้นมลสารต่ำลงไปจากค่าที่แสดงในตารางที่ 6.3 ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการบำบัดขั้นต้น น้ำเสียรวมที่ผ่านตะแกรงแยกตะกอนของแข็งและผ่านเข้ากระบวนการลอยตะกอนสามารถลดความเข้มข้น COD และ BOD ได้ 60-70% (เหลือ 30-40% COD และ BOD) ประมาณการความเข้มข้นของ BOD ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ที่มีการจัดการโดยแยกน้ำนึ่งปลาออกและน้ำเสียรวมไม่แยกน้ำนึ่งปลา เมื่อผ่านการบำบัดเบื้องต้นโดยตะแกรง และกระบวนการลอยตะกอนแล้วจะเท่ากับ 1,300 มก./ล. และ 1,800 มก./ล. ตามลำดับ (พิจารณาจาก ตารางที่ 6.3) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ยังสูงมากในการเลือกใช้กระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้อากาศ ประมาณความต้องการออกซิเจนตามทฤษฎี เท่ากับ 1.0-1.4 กิโลกรัมต่อน้ำเสีย 1 ลบ.เมตร กระบวนการทางชีวภาพที่จะใช้อาจจะเป็นในลักษณะจุลินทรีย์แขวนลอย หรือในลักษณะตรึงจุลินทรีย์อยู่บนตัวกลาง กระบวนการบำบัดที่ใช้ในกรณีที่จุลินทรีย์แขวนลอย ได้แก่ กระบวนการ Activated Sludge และอื่นๆ ที่พัฒนาจาก Activated Sludge เช่น Contact stabilization ส่วนประเภทตรึง จุลินทรีย์อยู่บนตัวกลางควรเป็นลักษณะ Biofilter ที่มีการให้อากาศ

กระบวนการ Activated Sludge ที่เลือกใช้เครื่องเติมอากาศทางกล จะเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสำหรับค่าไฟฟ้าในการเติมอากาศอยู่ในช่วง 1,400-3,000 บาทต่อเดือนต่อน้ำเสีย 1 ลบ.เมตร (อัตราการเติมอากาศในน้ำเสีย 0.6-1.5 กก.O_2/กิโลวัตต์-ชม. และค่าไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชม. (ยูนิต) ละ 2 บาท ดำเนินการ 24 ชั่วโมงต่อวัน) เนื่องจากน้ำเสียมาจากอุตสาหกรรมอาหาร จึงมีปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจน (แสดงในตารางที่ 6.4) พอเพียงสำหรับกระบวนการบำบัดทางชีวภาพแบบใช้อากาศโดยคำนวณ BOD_5 : N : P ได้ประมาณ 100:10:1 ความเข้มข้นของคลอไรด์มีค่าเฉลี่ยประมาณ 4% NaCl เนื่องจากวัตถุดิบเป็นปลาทะเลที่ใช้น้ำทะเลแช่แข็ง และในการผลิตมีการผลิตผลิตภัณฑ์ในน้ำเกลือ ในขณะที่รายงานจากต่างประเทศน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีความเข้มข้นคลอไรด์สูงถึง 10-20% เนื่องจากมีการใช้น้ำทะเลในการทำความสะอาด มีรายงานการศึกษาระบุว่าความเข้มข้นคลอไรด์ที่สูงสามารถยับยั้งการเติบโตของจุลินทรีย์ในกระบวนการบำบัดชีวภาพซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงได้ อย่างไรก็ดีในรายงานฉบับเดียวกันได้ทดสอบการบำบัดน้ำเสียโดยกระบวนการชีวภาพแบบไร้อากาศและพบว่าความเข้มข้นคลอไรด์ในระดับ 10-20% ดังกล่าว ไม่มีผลต่อการบำบัด และสามารถลด COD ได้ 75-80%

ตะกอนที่เกิดจากกระบวนการ Activated Sludge เมื่อผ่านการดึงน้ำออก ซึ่งจะใช้ลานตากตะกอน หรืออุปกรณ์ดึงน้ำอื่นๆ เช่น Filter Press แล้ว สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้ โดยมีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 8% และกรดฟอสฟอริคอยู่ 4.5%

ตารางที่ 6.4 ความเข้มข้นไนโตรเจน, ฟอสฟอรัสและคลอไรด์ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

คุณลักษณะ	*การเตรียมปลาทูน่า*		*การบรรจุกระป๋อง*	
	ช่วง	***เฉลี่ย***	***ช่วง***	***เฉลี่ย***
BOD มก./ล.	987-33,750	7,460	640-7,150	1,733
ไนโตรเจน มก./ล.	72-1,731	703	81-398	207
ฟอสเฟต มก./ล.	20-74	44	14-74	41
คลอไรด์ มก. NaCl/ล.	271-13,554	4,103	1,546-7,140	3,977

หมายเหตุ * ค่าเฉลี่ยจากน้ำเสีย 20 ตัวอย่าง

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กระบวนการลอยตะกอนเป็นกระบวนการบำบัดเบื้องต้น และใช้กระบวนการ Activated Sludge สำหรับการบำบัดสารอินทรีย์ที่เหลือนั้น ถังปฏิกรณ์อาจจะออกแบบให้เป็นหลายถังต่อกัน เพื่อให้เป็นปฏิกรณ์การไหลแบบท่อ (Plug flow reactor) หรืออาจจะออกแบบเป็นถังเดียวดำเนินการแบบกวนสมบูรณ์ (CSTR, Continuous Stirrer Tank Reactor) ก็ได้

6.2.2 กระบวนการทางชีวภาพหลังการบำบัดขั้นต้นแบบไม่ใช้อากาศ

ระบบบำบัดทางชีวภาพเมื่อเริ่มต้นด้วยกระบวนการทางชีวภาพแบบไม่ใช้อากาศมีดังนี้

- ระบบบ่อบำบัด
- กระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูง
- กระบวนการซีเควนซ์แบทช์

ระบบบ่อบำบัด (Stabilization Ponds)

ระบบบ่อบำบัดเป็นระบบธรรมชาติใช้แบคทีเรียและ/หรือสาหร่าย ย่อยสลายสาร ค่าดำเนินงานและค่าบำรุงดูแลรักษาต่ำ อาจเริ่มต้นด้วยบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic pond) และสิ้นสุดด้วยบ่ออากาศ (Aerobic pond) หรืออาจติดตั้งเครื่องเติมอากาศเป็นลักษณะของบ่อเติมอากาศ (Oxidation pond) อย่างไรก็ดีระบบบ่อบำบัดจะสิ้นเปลืองพื้นที่ที่ใช้สูง และอาจมีปัญหาเรื่องกลิ่นและแมลงในบ่อหมักไร้อากาศ

กระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูง(High Rate Anaerobic Reactor, HRAR)

หลักเกณฑ์ของการออกแบบกระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูง คือ การพยายามกักเก็บมวลจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบนานที่สุด โดยอาศัยตัวกลางให้จุลชีวยึดเกาะ (Fixed film) หรือการหมุนเวียนตะกอนจุลชีวกลับ (Contact anaerobic) หรือการทำให้ตะกอนจุลชีวะมีน้ำหนักไม่หลุดลอยไปกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) กระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูงนี้ มีการนำมาใช้กับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมบางประเภทในประเทศไทยแล้ว

การใช้กระบวนการหมักไร้อากาศ จะได้ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนน้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำใช้ในกระบวนการผลิต (เนื่องจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องใช้ไอน้ำในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อและในหม้อนึ่งปลาทูน่า ปริมาณไอน้ำที่ใช้ประมาณ 1.2 ตันต่อตันปลาดิบ) ปริมาณก๊าซมีเธนโดยประมาณที่ผลิตได้จากน้ำเสียอุตสาหกรรมปลา เมื่อประสิทธิภาพการบำบัด BOD_5 70% แสดงในตารางที่ 6.5 โดยพิจารณาจากมลสารที่มาจากสายการผลิตปลาทูน่า ซึ่งเป็นสายหลักในการผลิตปลากระป๋องของอุตสาหกรรมปลากระป๋องส่วนใหญ่ในประเทศไทย

ตารางที่ 6.5 การประเมินน้ำมันเตาที่ทดแทนด้วยก๊าซมีเธนจากการบำบัดโดยกระบวนการชีวภาพแบบไร้อากาศ

กำลังการผลิต ตัน/วัน	*ปริมาณก๊าซมีเธน 10^3 ลบ.เมตร/วัน*	*น้ำมันเตา ลบ.เมตร/วัน*	*ค่าใช้จ่ายรายเดือนที่ประหยัดได้, พันบาท*
15-60	0.2~1.2	0.11~0.6	15-80
70-150	0.8~3.0	0.4~1.6	54-216
250-450	2.7~9.0	1.4~4.8	189-648

หมายเหตุ
1. ค่าตามทฤษฎีปริมาณก๊าซมีเธนที่ผลิตได้จาก 1 กรัม BOD_L เท่ากับ 0.35 ลิตร
2. มลสาร BOD_5 ต่อตันปลาทูน่า เท่ากับ 30-55 กิโลกรัม
3. สัดส่วนของ BOD_5 ต่อ BOD_L เท่ากับ 0.68
4. ก๊าซมีเธน 1 ลบ.เมตร ให้ค่าความร้อนเท่ากับน้ำมันเตา 0.53 ลิตร
5. น้ำมันเตาราคาซื้อขายลิตรละ 4.50 บาท

เมื่อคำนวณปริมาณไอน้ำที่ได้จากก๊าซมีเธนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการบำบัด พบว่า จะทดแทนน้ำมันเตาได้ประมาณ 15% ของน้ำมันเตาที่ใช้ทั้งหมด (น้ำมันเตา 1 ลิตร ผลิตไอน้ำได้ 13 กิโลกรัม เมื่อประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 70%)

สำหรับค่าใช้จ่ายต้นทุนของกระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูงอยู่ในช่วง 12,000-20,000บาทต่อลูกบาศก์เมตรน้ำเสีย น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากกระบวนการหมักไร้อากาศจะมีค่าความเข้มข้น BOD ต่ำกว่าการใช้กระบวนการบำบัดทางกายภาพ หรือเคมีกายภาพ ซึ่งเป็นข้อดีกว่าเมื่อพิจารณาในแง่การบำบัด(เมื่อยังไม่คิดผลพลอยได้จากการบำบัด) ซึ่งช่วยให้กระบวนการบำบัดต่อเนื่องทำงานได้ดีขึ้น แต่เสถียรภาพการทำงานของกระบวนการหมักไร้อากาศจะต่ำกว่าการบำบัดทางกายภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความยากในการเริ่มต้นระบบ อย่างไรก็ดี น้ำเสียที่ผ่านกระบวนการหมักไร้อากาศแบบประสิทธิภาพสูงจะยังคงมีค่าความเข้มข้น BOD สูงกว่ามาตราฐาน ซึ่งจำเป็นต้องมีกระบวนการบำบัดแบบใช้อากาศ เช่น Activated Sludge หรือ Aerated lagoon มารองรับต่อไป

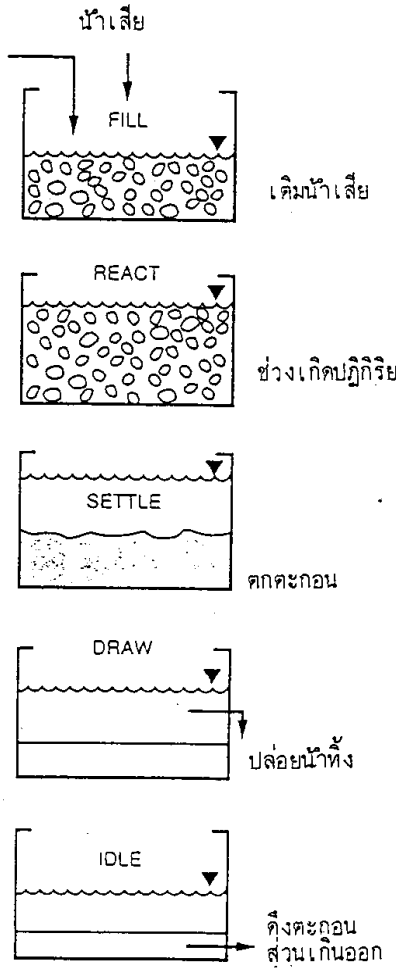
กระบวนการซีเควนซ์แบทช์ (Sequence Batch Reactor, SBR)

SBR เป็นกระบวนการที่พัฒนามาจากกระบวนการตะกอนเร่งโดยดำเนินงานในลักษณะแบบกะ แต่ที่แตกต่างจากแบบกะเดิมก็คือไม่มีถังตกตะกอนแยกต่างหาก ตะกอนจะตกในถังปฏิกรณ์เดิม ซึ่งมีกำหนดตารางเวลาการดำเนินการในเงื่อนไขต่างๆ ในปฏิกรณ์ตัวเดียว น้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องไม่ว่าจะเป็นปลาทูน่ากระป๋องหรือปลาซาร์ดีนกระป๋อง สามารถที่จะใช้กระบวนการ SBR ได้ ข้อดีของระบบ SBR สามารถสรุปได้ดังนี้

- ไม่ใช้ถังตกตะกอนและการเวียนตะกอนกลับเข้าระบบ
- ใช้พื้นที่น้อย

- สามารถใช้กับน้ำเสียที่มีอัตราการไหลไม่สม่ำเสมอ
- ตะกอนส่วนเกินที่ต้องกำจัดมีน้อยกว่าจากกระบวนการ Activated Sludge
- สามารถปรับเปลี่ยนระบบ และการดำเนินงานได้ง่าย เมื่อต้องการลดสารประกอบไนโตรเจน และฟอสฟอรัส นอกเหนือไปจากการกำจัด BOD

SBR เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสียจากอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ในการนำไปใช้กับน้ำเสียของอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ควรมีบ่อดักไขมันกำจัดไขมันส่วนหนึ่งก่อน และเนื่องจากน้ำเสียมีความเข้มข้นสารอินทรีย์สูง ในการดำเนินงาน SBR ความเริ่มต้นด้วยสภาพไร้อากาศและต่อด้วยการเติมอากาศ จากนั้นจึงหยุดให้ตกตะกอน และปล่อยทิ้งน้ำส่วนใสออก แสดงในรูปที่ 6.4 ในหนึ่งรอบการทำงานอาจใช้เวลา 8 ชม., 12 ชม. หรือ 24 ชม. การควบคุมระบบในแต่ละรอบและควบคุมรอบในแต่ละวันสามารถใช้ระบบอัตโนมัติกล่าวคือ ควบคุมโดย PLC (Programmable Logical Controller) หรือจะใช้ Time relay control ในอุปกรณ์แต่ละตัวให้ทำงานเป็นช่วงๆ



รูปที่ 6.4 Sequence Batch Reactor, SBR

6.2.3 การบำบัดขั้นตติยภูมิ

น้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลามีความเข้มข้นไนโตรเจนอยู่สูง ทั้งในรูปของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย จะเป็นสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic nitrogen) และสารประกอบแอมโมเนีย ซึ่งปริมาณของสารประกอบแอมโมเนียจะขึ้นกับความสดของน้ำเสีย โดยทั่วไประบบบำบัดน้ำเสียในขั้นทุติยภูมิที่ใช้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำจัด BOD, COD รวมทั้งตะกอนแขวนลอย ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดจะยังคงมีค่าสูง เมื่อปล่อยทิ้งสู่แหล่งรับน้ำโดยไม่มีการบำบัด สามารถสร้างปัญหามลภาวะในแหล่งรับน้ำได้ เพราะการเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชั่นในสภาวะที่ใช้อากาศโดย Nitrifying bacteria เปลี่ยนสารประกอบแอมโมเนียให้เป็นสารประกอบไนเตรต มีการใช้ออกซิเจนจากแหล่งน้ำ ในทางทฤษฎีสารประกอบแอมโมเนียไนโตรเจนหนึ่งมิลลิกรัมจะใช้ออกซิเจนเท่ากับ 4.3 มิลลิกรัม โดยทั่วไปความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง มีค่าประมาณ 500 มก./ล. (ตารางที่ 6.4) ในกระบวนบำบัดปฐมภูมิ ถ้าเป็นกระบวนการทางกายภาพกล่าวคือการใช้กระบวนการตะกอนลอย ไนโตรเจนที่ถูกกำจัดได้ประมาณ 25% แต่ถ้าในกระบวนการหมักไร้อากาศ เมื่อยังไม่มีการปรับเปลี่ยนระบบเพื่อให้กำจัดไนโตรเจน สารประกอบไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนรูปจากสารอินทรีย์เป็นสารประกอบอนินทรีย์ในรูปของเกลือแอมโมเนีย ส่วนที่กำจัดออกอยู่ในรูปของเซล (โปรตีน)น้อยมาก เมื่อน้ำเสียมาผ่านกระบวนการใช้อากาศที่ออกแบบเพื่อกำจัด BOD นั้น ไนโตรเจนจะถูกกำจัดออกในรูปของเซลจุลินทรีย์ประมาณ 17% ถ้าประสิทธิภาพการกำจัด BOD_5 มากกว่า 95% (ค่าทั่วไปของไนโตรเจนในองค์ประกอบของเซล 12.4% และค่า Y ผลผลิตเซลจากการกำจัดสารอินทรีย์เท่ากับ0.5)ถ้าใช้กระบวนการลอยตะกอนและต่อด้วยกระบวนการบำบัดชีวภาพแบบใช้อากาศจะลดไนโตรเจนได้ 42% ดังนั้นปริมาณไนโตรเจนที่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ ในน้ำเสียผ่านการบำบัดที่ไม่ได้เจาะจงการกำจัดไนโตรเจนจะเหลืออย่างน้อยที่สุด 280 มก./ล. ซึ่งสามารถใช้ปริมาณออกซิเจนเทียบเท่าการปลดปล่อย BOD_5 820 มก./ล. ในขณะที่มาตรฐานน้ำเสียอุตสาหกรรมปัจจุบันกำหนดค่า BOD_5 ที่ระบายลงทางน้ำสาธารณะต้องไม่ สูงกว่า 20 มก./ล.

6.2.3.1 การบำบัดไนโตรเจนเคเจลดัล (Nitrification)

สารประกอบไนโตรเจนที่สามารถใช้ออกซิเจนจากแหล่งน้ำ ได่แก่ สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน และสารประกอบแอมโมเนีย สารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนจะถูกย่อยสลายเฉกเช่นการย่อยสลายสารอินทรีย์อื่น กล่าวคือ วัดเป็นค่า BOD ผลผลิตที่เกิดจะมีสารประกอบอนินทรีย์ ได้แก่ เกลือแอมโมเนียซึ่งจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์กลุ่มไนตริฟายอิ่งแบคทีเรีย (Nitrifying Bacteria) เปลี่ยนเกลือแอมโมเนียเป็นเกลือไนเตรตที่เป็นสารประกอบที่เสถียรไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอีกต่อไป

ปริมาณไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์และแอมโมเนียจะ วิเคราะห์รวมโดยใช้วิธี Kjeldhal จึงเรียกสารประกอบไนโตรเจนกลุ่มนี้ว่า ไนโตรเจนเคเจลดัล (Kjeldhal Nitrogen)

ในการบำบัดไนโตรเจนเดเจลดัล สามารถที่จะทำได้ในกระบวนการชีวภาพแบบใช้อากาศไปพร้อมกับการบำบัด BOD_5(Single Stage) หรือจะแยกออกเป็นอีกขั้นตอนต่อจากกระบวนการบำบัด BOD ก็ได้ (Separate-stage) กระบวนการบำบัดทางชีวภาพเพื่อกำจัดสารประกอบแอมโมเนีย (Nitrification) เป็น

กระบวนการที่ใช้อากาศ ดังนั้นในกรณี Single stage สามารถใช้กระบวนการ Activated Sludge ซึ่งปรับเปลี่ยนการควบคุมอัตราส่วน F/M ให้ต่ำลง หรือเมื่อพิจารณาทางจลนศาสตร์ คือ การควบคุมให้เวลาเฉลี่ยที่เซลจุลินทรีย์อยู่ในระบบ (Mean cell residence time) นานขึ้น และเพิ่มปริมาณอากาศที่ป้อนในถังเติมอากาศให้มากขึ้น อย่างไรก็ดีระบบ Single-Stage อาจไม่เหมาะสมกับลักษณะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลาทูน่า เนื่องจากมลสารไม่ว่า BOD หรือ TKN ที่เข้าสู่กระบวนการเติมอากาศมีค่าสูงมากทั้งคู่ ให้เกิดข้อจำกัดในเรื่องการเติมอากาศในขั้นตอนเดียวให้พอเพียงกับการย่อยสลายมลสารทั้งสองพร้อมกัน ดังนั้นการแยกการบำบัดไนโตรเจนเดเจลดัลออกมาต่างหาก (Separate-stage) จะช่วยทำให้การทำงานดีขึ้น ในขั้นตอนไนตริฟิเคชั่นอาจเลือกกระบวนการบำบัด Activated Sludge เหมือนขั้นตอนการบำบัด BOD หรือจะใช้เป็นกระบวนการที่มีตัวกลาง เช่น ทริคลิงฟิลเตอร์ (Trikling Filter) หรือ จานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contractor, RBC)

การปรับปรุง (Retrofit) กระบวนการ Activated Sludge เดิมที่ใช้บำบัด BOD_5 หรือการออกแบบเผื่อไว้ในกรณีที่ต้องบำบัดไนโตรเจนเดเจลดัลในภายหลัง คือ การใช้ถังเติมอากาศให้มีเวลาในการเติมอากาศนานขึ้น เช่น 6-8 ชั่วโมง แทนที่จะเป็น 3-5 ชั่วโมง เมื่อต้องการบำบัดไนโตรเจนก็สามารถที่จะแบ่งการเติมอากาศเป็น 2 ขั้นตอน โดยแบ่งถังเติมอากาศออกเป็น 2 ส่วน ถ้าใช้กระบวนการซีเควนซ์แบทช์ (SBR) เพื่อบำบัด BOD มาตั้งแต่ต้น เมื่อต้องการบำบัดไนโตรเจนเดเจลดัลในภายหลัง สามารถที่จะปรับปรุงการดำเนินงานได้ง่าย โดยขยายเวลาในการเติมอากาศให้นานขึ้น

6.2.3.2 การบำบัดไนเตรตไนโตรเจน (Denitrification)

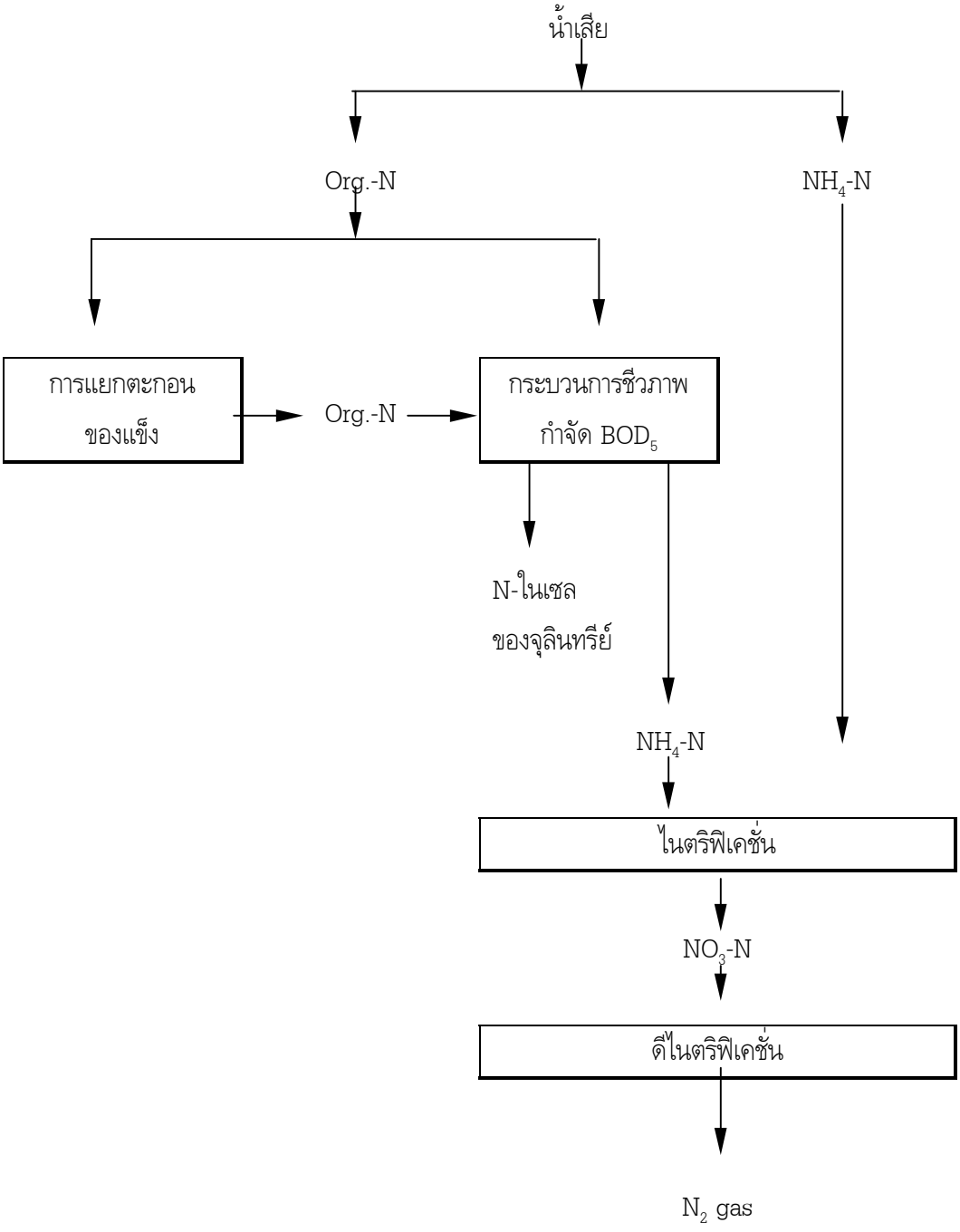
การกำจัดไนเตรตไนโตรเจนจากน้ำเสีย เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการกำจัดไนโตรเจน คือ การเปลี่ยนรูปสารประกอบไนเตรตไนโตรเจนเป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2 gas) หรืออยู่ในรูปเซลจุลินทรีย์และกำจัดตะกอนออก ซึ่งผ่านกลไกหลายขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 6.5

การปรับปรุงกระบวนการชีวภาพ เช่น Activated Sludge ให้สามารถกำจัดไนโตรเจนได้ ต้องปรับปรุงระบบให้เกิดไนตริฟิเคชั่นตามหัวข้อ 6.2.3.1 และเพิ่มถังกวนประเภทไม่มีการเติมอากาศ (Anoxic tank) ต่อเนื่องจากถังเติมอากาศเพื่อให้เกิดกระบวนการ ดีไนตริฟิเคชั่น ถังตกตะกอนอาจใช้เป็นตัวเดียวกัน (Single-Sludge) ตามวิธีการของกระบวนการ Bardenpho ดังแสดงในรูป 6.6 หรืออาจแยกถังตกตะกอน (Separate sludge) ของสองกระบวนการออกจากกันก็ได้ ถ้าระบบเดิมเป็นกระบวนการ SBR สามารถปรับเปลี่ยนให้มีการกำจัดไนโตรเจนได้โดยการเพิ่มช่วงกวนไม่มีการเติมอากาศ (Anoxic period) ต่อจากช่วงการเติมอากาศ

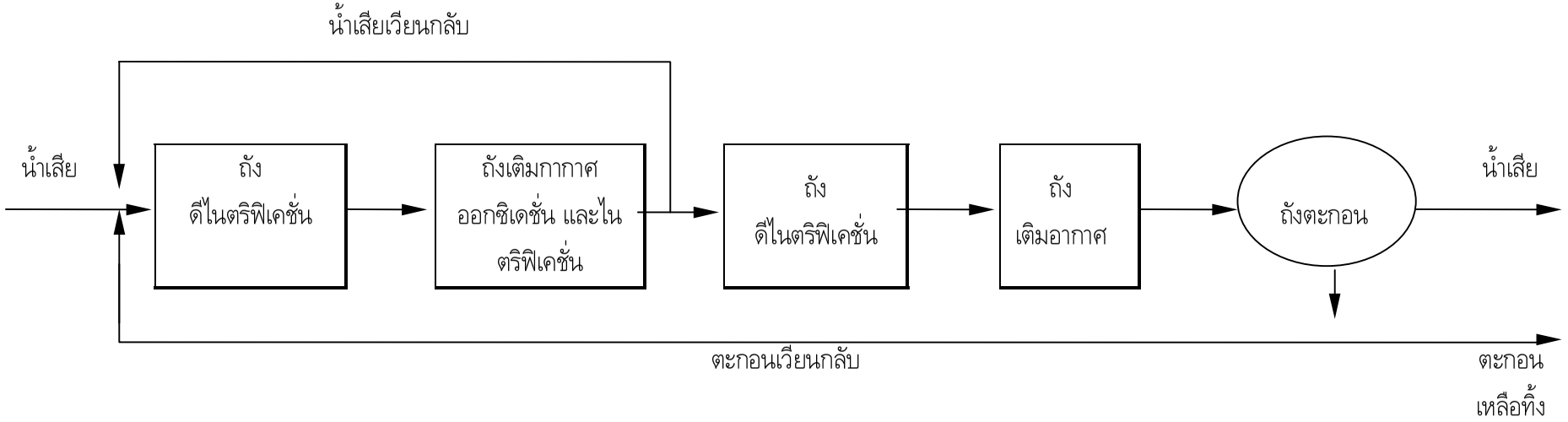
อย่างไรก็ดีอัตราการเกิดดีไนตริฟิเคชั่น อาจถูกจำกัดเนื่องจากปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียช่วง Anoxic มีไม่พอเพียงคาร์บอนที่ใช้อาจเป็นสารอินทรีย์คาร์บอนในน้ำเสียที่เข้าระบบ หรือเป็นคาร์บอนที่เกิดจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ ถ้าส่วนใหญ่ของคาร์บอนมาจากประการหลัง จะทำให้อัตราการดีไนตริฟิเคชั่นลดลงประมาณ 3 เท่า การดำเนินงานของกระบวนการ Bardenpho ในรูปที่ 6.6

Anoxic zone ถังแรกใช้คาร์บอนจากน้ำเสีย ส่วน Anoxic zone ถังที่สองจะใช้คาร์บอนจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์

การควบคุมปริมาณไนโตรเจนในน้ำเสียที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันการเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของสาหร่าย ซึ่งภายหลังจะตายทับถม ทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำที่เรียกกันว่า ปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) อย่างไรก็ดีการควบคุมปริมาณไนโตรเจนจะต้องทำไปพร้อมๆ กับการควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสด้วย การศึกษาในเรื่องนี้จะต้องศึกษาข้อมูลน้ำเสียจากอุตสาหกรรมอื่น ๆ หรือแหล่งระบายสารประกอบฟอสฟอรัสอื่น ๆ เพื่อประกอบการพิจารณาความจำเป็นในการควบคุมไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลาหรือไม่



รูปที่ 6.5 กระบวนการกำจัดไนโตรเจนจากน้ำเสีย



รูปที่ 6.6 กระบวนการ Bardenpho ในการกำจัดไนโตรเจน

บทที่ 7

ข้อเสนอแนะการจัดการน้ำเสียในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

เนื่องจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องแต่ละโรงงานมีความแตกต่างกันในด้านวัตถุดิบ, ผลิตภัณฑ์, กำลังการผลิต, สภาพที่ตั้งของโรงงาน และข้อจำกัดเฉพาะของโรงงาน ทำให้การจัดการน้ำเสียที่เหมาะสมของแต่ละโรงงานมีความแตกต่างกันไป

อย่างไรก็ดีการจัดการน้ำเสียในอุตสาหกรรมปลากระป๋องโดยคำนึงถึงการเติบโตของอุตสาหกรรม ปัญหามลสารในน้ำเสียต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการใช้ทรัพยากรให้อย่างสมคุณค่า มีแนวทางการปฏิบัติโดยพิจารณาเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- การหมุนเวียนการใช้ประโยชน์
- ระบบบำบัดน้ำเสีย

7.1 การหมุนเวียนการใช้ประโยชน์

7.1.1 น้ำหล่อเย็น

ปริมาณน้ำหล่อเย็น 5-10 ม^3/ตันปลาเข้า มีปริมาณมากพอที่ควรพิจารณาในการเวียนกลับไปใช้โดยผ่านกระบวนการทำน้ำดีดังรูปที่ 7.1 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประมาณ 2-3 บาท/ลบ.เมตร เป็นค่าไฟฟ้าและค่าสารเคมีที่ใช้ในการรวมตะกอน ส่วนค่าการลงทุนไม่รวมที่ดินประมาณ ลบ.เมตรละ 2,500-4,000 บาท ถ้าโรงงานมีระบบทำน้ำดีอยู่แล้วก็สามารถผ่านน้ำหล่อเย็นเข้าระบบได้เลย อย่างน้อยที่สุดถ้าไม่ต้องการลงทุนติดตั้งระบบทำน้ำดีเพื่อหมุนเวียนกลับน้ำหล่อเย็นอีก ก็ควรนำน้ำหล่อเย็นที่ใช้แล้วมาใช้ในการล้างอุปกรณ์ พื้นโรงงานก่อนปล่อยทิ้งเป็นน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัด

7.1.2 น้ำนึ่งปลา

ในกรณีของอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง จะมีน้ำนึ่งปลาสามารถนำมาใช้ในการทำเป็นน้ำซุบปลาสกัดเข้มข้นดังที่กล่าวในบทที่ 5 สำหรับตลาดปัจจุบันจะต้องมีกำลังการผลิตปลาทูน่ามากกว่า 100 ตันต่อวัน จึงจะมีระยะเวลาคืนทุนต่ำกว่า 5 ปี ถ้าเป็นการลงทุนโดยบุคคลภายนอกรับซื้อน้ำนึ่งปลาจากหลายๆ โรงงาน ต้นทุนการผลิตก็จะสูงขึ้นเนื่องจากราคาวัตถุดิบ แต่สิ่งที่เป็นปัญหาหรือเป็นข้อจำกัดมากกว่า ก็คือคุณภาพหรือความสดของน้ำนึ่งปลา เพราะน้ำนึ่งปลามีปริมาณสารอินทรีย์สูงสามารถเน่าเสียได้ง่าย การขนส่งในระยะทางไกลจึงเป็นไปไม่ได้ นอกจากนี้น้ำนึ่งปลาสามารถใช้ผสมทำน้ำปลา แต่สิ่งที่ต้องระวังก็คือ ความสดเช่นเดียวกัน

7.1.3 โปรตีนนำกลับมาจากน้ำทิ้งรวมโดยระบบลอยตะกอน

การนำกลับโปรตีนจากน้ำทิ้งรวม (น้ำนึ่งปลาและน้ำทิ้งจากส่วนอื่น ๆ) มีความเป็นไปได้ทั้งในทางวิธีการและทางเศรษฐศาสตร์โดยระบบลอยตะกอน โปรตีนที่นำกลับมาสามารถขายให้กับโรงงานผลิตอาหารสัตว์หรือใช้ผสมกับเครื่องในปลาจากขบวนการผลิตแล้วขายให้กับโรงงานปลาป่น

7.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงงานอุตสาหกรรมปลากระป๋องส่วนใหญ่ในประเทศไทย มีระบบบำบัดน้ำเสียที่เริ่มต้นจากการเป็นระบบบ่อบำบัด เมื่อมีการขยายกำลังการผลิตระบบบ่อบำบัดเดิมที่มีอยู่จำเป็นต้องขยายเพื่อรับน้ำเสียที่มากขึ้น แต่ถูกจำกัดเนื่องด้วยพื้นที่ที่มีอยู่ต้องใช้ในการขยายโรงงานการผลิต ดังนั้นหลายๆโรงงานจึงปรับปรุง, ดัดแปลงระบบบ่อบำบัดเดิมที่มีอยู่มาเป็นกระบวนการตะกอนเร่ง หรือ ระบบคูวนเวียน (Oxidation ditch) นอกจากนี้ระบบบ่อบำบัดยังไม่สามารถใช้ได้ในกรณีที่ต้องการกำจัดไนโตรเจน หรือไนโตรเจนเคเจลดัล ซึ่งได้เริ่มมีการกำหนดค่าไนโตรเจน (TKN) ในน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน ดังนั้น ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะนำเสนอเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมปลากระป๋อง คือ

7.2.1 การลอยตะกอน - ชีวภาพแบบใช้อากาศ

ในส่วนกระบวนการชีวภาพจะพิจารณากระบวนการตะกอนเร่ง (Activated Sludge)

ก. ค่าก่อสร้างไม่รวมค่าที่ดินและค่าติดตั้ง (กำลังการผลิต 50 ตันปลาเข้า/วัน)

- กระบวนการลอยตะกอน 6,000-10,000 บาทต่อลบ.เมตรต่อวัน
- กระบวนการลอยตะกอนเร่ง 8,000-12,000 บาทต่อลบ.เมตรต่อวัน

ข. พื้นที่ที่ใช้ (กำลังการผลิต 50 ตันปลาเข้า/วัน)

- กระบวนการลอยตะกอน 200 ตารางเมตร
- กระบวนการตะกอนเร่ง 500 ตารางเมตร

ค. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

- ค่าสารเคมีในกระบวนการลอยตะกอน ลบ.เมตรละ 13-27 บาท
- ค่าไฟฟ้า

  *กระบวนการลอยตะกอน ลบ.เมตรละ 7-10 บาทต่อวัน

  *กระบวนการตะกอนเร่ง ลบ.เมตรละ 40-100 บาทต่อวัน

ง. ค่าใช่จ่ายอื่น ๆ

- ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ, อุปกรณ์ควบคุม, การวางท่อ
- ต้องมีกระบวนการดึงน้ำออกจากตะกอน
- การจัดการกับกากตะกอนที่ได้

จ. ผลพลอยได้

- กากตะกอนเปียกจากกระบวนการลอยตะกอนยังไม่ผ่านการดึงน้ำออก ขายในราคาเท่ากับปลาเป็ดกิโลกรัมละ 1-2 บาท หรือกากตะกอนผ่านการดึงน้ำออกเหลือความชื้น 10% ขายได้ราคาประมาณ 10-12 บาท

ฉ. การกำจัดไนโตรเจน

- ประสิทธิภาพของระบบบำบัดในการกำจัดไนโตรเจน 42%
- การปรับปรุงระบบเพื่อการกำจัดไนโตรเจน

  การกำจัดไนโตรเจนเดเจลดัล (Nitrification)

  - ปรับปรุงการเติมอากาศโดยเพิ่มอัตราการเติมอากาศ
  - ปรับปรุงเวลาตะกอนในถังเติมอากาศให้นานขึ้นโดยดึงตะกอนออกจากระบบให้น้อยลง

  การกำจัดไนเตรตไนโตรเจน (Denitrification)

  - ปรับปรุงการกำจัดไนโตรเจนเดเจดัล
  - เพิ่มถังกวนไม่เติมอากาศ (ถัง anoxic zone) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น

7.2.2 การบำบัดแบบชีวภาพโดยไม่ใช้อากาศ - ชีวภาพแบบใช้อากาศ

วิธีนี้การบำบัดโดยไมใช้อากาศเป็นการบำบัดขั้นต้น โดยระบบที่เหมาะสมคือ High rate anaerobic filter ในส่วนของการบำบัดแบบใช้อากาศ ระบบที่เหมาะสม คือ Activated sludge ระบบนี้ใช้เนื้อที่เหมือนระบบในข้อ 7.2.1 แต่อย่างไรก็ดีไม่จำเป็นต้องเติมสารเคมีซึ่งจะทำให้ค่าดำเนินการต่ำลง

ก. ค่าก่อสร้างไม่รวมค่าที่ดินและค่าติดตั้ง (กำลังการผลิต 50 ตันปลาเข้า/วัน)

- High rate anaerobic filter 12,000-20,000 บาทต่อลบ.เมตรต่อวัน
- กระบวนการลอยตะกอนเร่ง 8,000-12,000 บาทต่อลบ.เมตรต่อวัน

ข. ผลพลอยได้

- ในกรณีโรงงานปลาทูน่า ก๊าซชีวภาพเป็นผลพลอยได้จากการบำบัดแบบไม่ใช้อากาศซึ่งสามารถใช้ผลิตไอน้ำได้ประมาณ 15% ของความต้องการในโรงงาน

ค. การกำจัดไนโตรเจน

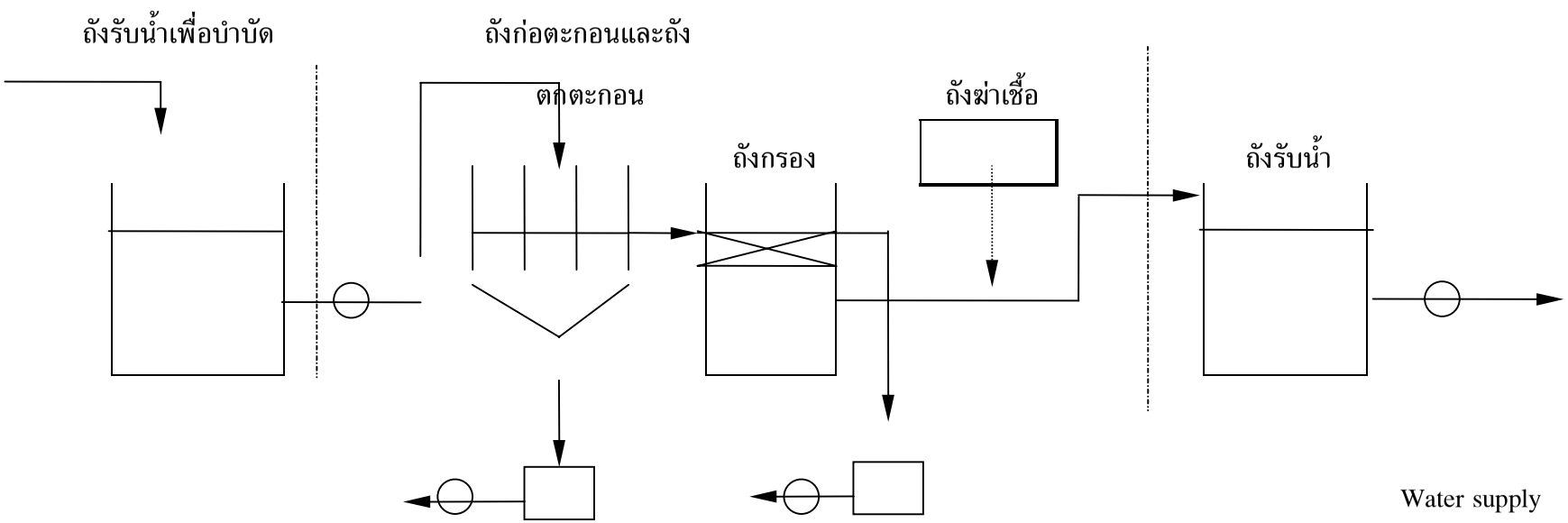
- ประสิทธิภาพของระบบบำบัดในการกำจัดไนโตรเจน 17% ซึ่งต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับระบบลอยตะกอน
- การปรับปรุงระบบเพื่อการกำจัดไนโตรเจน

  การกำจัดไนโตรเจนเดเจลดัล (Nitrification)

  - ปรับปรุงการเติมอากาศโดยเพิ่มอัตราการเติมอากาศและเพิ่มถัง Nitrification

  การกำจัดไนเตรตไนโตรเจน (Denitrification)

  - ปรับปรุงการกำจัดไนโตรเจนเดเจดัล
  - เพิ่มถังกวนไม่เติมอากาศ (ถัง anoxic zone) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชั่น โดยเวียนกลับน้ำจากถัง Nitrification ไปยังถัง Anaerobic filter เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ Denitrification เพราะสารอินทรีย์ในถัง Anaerobic filter มาจากน้ำเสียไม่ได้มาจากการย่อยสลายจุลชีพ ในส่วนของก๊าซชีวภาพ (ก๊าซมีเทน) จะลดลงเนื่องจากมีก๊าซไนโตรเจนจากกระบวนการ Denitrification



รูปที่ 7.1 กระบวนการทำน้ำดี

บทที่ 8
การติดตามและควบคุมผลการบำบัด

ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 มีมาตราส่วนหนึ่งกำหนดความรับผิดชอบและหน้าที่ของเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ รวมทั้งบทลงโทษเมื่อละเลยไม่ปฏิบัติ (ภาคผนวก) และในกรณีที่มีระบบบำบัดเอง จำเป็นจะต้องมีการเก็บข้อมูลเพื่อที่สามารถใช้ในการติดตามผลว่า น้ำทิ้งได้มาตรฐานหรือไม่ (มาตรา 80)

การประเมิน การติดตามผลจากการบำบัดจะมีความถูกต้องรวดเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังนี้

- ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง
- วิธีการเก็บตัวอย่าง
- วิธีวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ
- วิธีการจดบันทึกผล

8.1 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง

ถึงแม้ว่าตามมาตราต่างๆ ของพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม มีผลทำให้มีการควบคุมการปลดปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมลดน้อยลง โดยเป็นหน้าที่ของเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษในการลดการปลดปล่อย ด้วยเหตุนี้การดูแลส่วนใหญ่จึงเจาะจงอยู่ที่ระบบบำบัด และการติดตามของเจ้าพนักงานของรัฐก็จะพิจารณาจากบันทึกข้อมูลเฉพาะในส่วนของระบบบำบัดดังนั้นตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างจึงเป็นจุดเข้าและออกของกระบวนการต่างๆ ในระบบบำบัดซึ่งแต่ละโรงงานจะมีรายละเอียดแตกต่างกัน

อย่างไรก็ดี นอกจากตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในระบบบำบัดเพื่อควบคุมการทำงานของระบบบำบัดแล้วควรจะมีการเก็บข้อมูลจากตำแหน่งบางจุด เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำทิ้งและมลสารที่จะเข้าสู่ระบบบำบัด อีกทั้งยังเป็นการสงวนประโยชน์ที่พึงจะได้จากการสูญเสียวัตถุดิบในส่วนที่ไม่ควรจะเป็น

ในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ตำแหน่งที่มีการเก็บตัวอย่างซึ่งจะมีผลต่อการติดตามและควบคุมผลการบำบัด มีดังนี้

- บันทึกข้อมูลน้ำใช้จากมิเตอร์น้ำในจุดละลายปลา จุดการตัดปลา น้ำใช้ในหม้อไอน้ำ และน้ำใช้ล้างอุปกรณ์เครื่องมือ ตลอดจนน้ำล้างพื้นโรงงาน
- การผลิตปลาทูน่ากระป๋อง เก็บตัวอย่างน้ำนึ่งปลาวิเคราะห์โปรตีน ไขมันและน้ำมัน กรณีที่เข้าสู่ระบบบำบัดวัดปริมาณน้ำนึ่งปลาโดยติดตั้งเวียร์วัดน้ำ
- ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างในระบบบำบัด
  - ถังปรับเสมอ (Equalizing Tank) หรือถังพักน้ำเสีย กรณีที่ไม่มีถังปรับสภาพน้ำเสีย
  - กระบวนการบำบัดปฐมภูมิ
  - กระบวนการบำบัดทุติยภูมิ

- กระบวนการบำบัดตะกอน

จุดเก็บตัวอย่างอาจจะเป็นรางน้ำ, ท่อต่างๆ หรือถังพัก ซึ่งควรเป็นตำแหน่งผสมผสานของน้ำเป็นอย่างดี ผู้ควบคุมควรเลือกจุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งเป็นได้ทั้งน้ำเข้าและน้ำออกของหน่วยบำบัดย่อย 2 หน่วยที่อยู่ติดกัน ทั้งนี้เพื่อลดภาระในการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

8.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่าง มี 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

เก็บแบบจ้วง (Grab sampling) คือ การเก็บตัวอย่างที่เวลาหนึ่ง ๆ ถ้าใช้กับกระบวนการบำบัดมักใช้กับกระบวนการบำบัดที่เป็นแบบกะ (Batch operation) เพื่อประมาณสารเคมีที่จะใช้ หรือเพื่อดูประสิทธิภาพและคุณลักษณะของน้ำทิ้งจากกระบวนการในกะนั้นๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีนี้ตรวจสอบการทำงานเพื่อควบคุมกระบวนการ บำบัดทั้งแบบกะและแบบต่อเนื่อง แต่ถ้านำวิธีการเก็บแบบจ้วงมาใช้กับการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งจากระบบบำบัด หรือจากอุตสาหกรรมนั้นๆ จะไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของน้ำนั้นจริง เพราะอาจไปเก็บในช่วงที่น้ำมีคุณภาพดี หรือเลวผิดปกติได้ อย่างไรก็ดีบางครั้งจำเป็นต้องใช้วิธีการเก็บแบบจ้วงสำหรับพารามิเตอร์บางตัว ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว ได้แก่ ออกซิเจน, พีเอช

เก็บแบบผสม (Composite sampling) คือการเก็บตัวอย่างซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการ วิเคราะห์คุณลักษณะน้ำ เพื่อเป็นตัวแทนของน้ำทิ้งที่จุดนั้นๆ อาจกระทำได้โดยใช้เครื่องมืออัตโนมัติสำหรับเก็บตัวอย่าง หรือโดยใช้วิธีเก็บตัวอย่างแบบจ้วงในเวลาต่างๆตลอดวัน และนำตัวอย่างทั้งหมดมาผสมกันเป็นตัวแทนของตัวอย่างน้ำทั้งหมด ปริมาตรของตัวอย่างน้ำที่ผสมอาจเท่ากัน หรือเป็นไปตามอัตราการไหลของน้ำแต่ละชั่วโมงก็ได้

รายละเอียดของการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสองวิธีศึกษาได้จากในหนังสือ“คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย” ซึ่งจัดพิมพ์โดยสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

สำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋อง ตำแหน่งต่างๆ ที่มีการเก็บตัวอย่างและการใช้วิธีการเก็บตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

8.2.1 กระบวนการนึ่งปลา (การผลิตปลาทูน่า)

กรณีปล่อยน้ำนึ่งปลาเข้าสู่ระบบบำบัด การเก็บตัวอย่างควรเป็นแบบผสม

8.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ก. กระบวนการบำบัดปฐมภูมิ

ก.1 กระบวนการตะกอนลอย

ก.1.1 การเก็บตัวอย่างเพื่อควบคุมการดำเนินงาน

การดำเนินงานในกระบวนการตะกอนลอย มีดังนี้

1. การเติมสารสร้างตะกอน
2. การควบคุมอัตราส่วนอากาศต่อของแข็ง (A/S ratio)

ซึ่งจำเป็นจะต้องทราบปริมาณสารแขวนลอย รวมทั้งน้ำมันและไขมัน อาจใช้การเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ความขุ่นแบบอัตโนมัติ เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มป้อน

สารเคมี และปริมาณน้ำหมุนเวียนกลับ หรือใช้การเก็บตัวอย่างแบบจ้วงอย่างน้อยวันละครั้ง เพื่อตรวจสอบ

ก.1.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพ

น้ำเสีย : เก็บแบบจ้วงที่ถังปรับสภาพน้ำเสีย

น้ำทิ้ง : เก็บแบบผสมรวม

พารามิเตอร์วิเคราะห์: บีโอดี, ซีโอดี, สารแขวนลอย, น้ำมันและไขมัน, พีเอช, ไนโตรเจนเคเจลดัล (TKN)

ก.2 กระบวนการหมักไร้อากาศประสิทธิภาพสูง

ก.2.1 การเก็บตัวอย่างเพื่อควบคุมการดำเนินงาน เก็บตัวอย่างแบบจ้วง เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นสัญญาณเตือนเหตุล้มเหลวต่างๆ สัญญาณต่างๆ ได้แก่ พีเอช, กรดอินทรีย์ระเหยง่าย, สภาพด่าง, โออาร์พี, อัตราส่วนของมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ในการชีวภาพ เป็นต้น การเก็บตัวอย่างอย่างน้อยสัปดาห์ละ 2 ครั้ง

ก.2.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพ

น้ำเสีย : เก็บแบบผสมรวมที่น้ำทิ้งจากบ่อดักไขมัน

น้ำทิ้ง : เก็บแบบผสมรวม

พารามิเตอร์วิเคราะห์ : บีโอดี, ซีโอดี, สารแขวนลอย, น้ำมันและไขมัน, พีเอช, ไนโตรเจนเคเจลดัล (TKN) และ แอมโมเนียไนโตรเจน

ข. กระบวนการบำบัดทุติยภูมิ

ข.1 การเก็บตัวอย่างเพื่อควบคุมการดำเนินงาน กระบวนการบำบัดทางชีวภาพที่ต้องมีการเก็บตัวอย่างเพื่อควบคุมการดำเนินงาน สำหรับกระบวนการตะกอนเร่ง การเก็บตัวอย่างใช้การเก็บแบบจ้วงจากถังเติมอากาศ พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ ได้แก่ความเข้มข้นตะกอนแขวนลอย, ความเข้มข้นออกซิเจนละลายน้ำ, พีเอช, บีโอดี และ V_{30} วิเคราะห์อย่างน้อยสัปดาห์ละ 2-3 ครั้ง เพื่อควบคุมอัตราการทิ้งสลัดจ์และการหมุนเวียนสลัดจ์

ข.2 การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพ

น้ำเสีย : ข้อมูลจากน้ำทิ้งของกระบวนการบำบัดปฐมภูมิ

น้ำทิ้ง : เก็บแบบผสมรวม

เนื่องจากน้ำทิ้งจากกระบวนการบำบัดทุติยภูมิจะถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะดังนั้น พารามิเตอร์ที่จะวิเคราะห์จึงมีดังนี้ ปีโอดี, ซีโอดี, สารแขวนลอย, สารละลายน้ำ(ทีดีเอส), ไนโตรเจนทั้งหมด, ไนโตรเจนเดเจลดัล, น้ำมันและไขมัน, พีเอช อุณหภูมิ

ค. สลัดจ์ หรือกากตะกอน

ค.1 สลัดจ์จากกระบวนการลอยตะกอน

เก็บตัวอย่างแบบจ้วงวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนแอมโมเนีย เพื่อตรวจสอบความสดของตะกอน กรณีนำไปใช้ผสมทำอาหารสัตว์

ค.2 สลัดจ์จากระบบบำบัด

เก็บตัวอย่างแบบจ้วงวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและไนโตรเจน ในกรณีนำตะกอนไปใช้เป็นปุ๋ย

8.3 วิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจะต้องเป็นไปตามมาตรฐานตามที่กำหนดเช่นใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ฉบับล่าสุด หรือคู่มือวิเคราะห์น้ำเสียที่มีมาตรฐานสากล

การวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ควรกระทำภายใน 4 ชั่วโมง หลังการเก็บตัวอย่าง ในกรณีที่ไม่สามารถกระทำได้ ต้องมีการเก็บรักษาตามมาตรฐานสากลที่กำหนดไว้ด้วย เพื่อป้องกันมิให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

8.4 การจดบันทึกผล

การจดบันทึกผลอาจใช้หลักเกณฑ์เดียวกับการจดบันทึก และการรายงานผลการควบคุมระบบในบทที่ 9 ของคู่มือเล่มที่ 4 ในโครงการจัดทำคู่มือดำเนินงานระบบบำบัดน้ำเสียและการใช้มาตรฐานน้ำทิ้งจากอาคาร โดยกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งแบ่งการจดบันทึกผลการเดินระบบบำบัดน้ำเสียเป็น 3 ระเภท ดังนี้

ก. ปูมประจำวัน (Operation Daily Journal) เป็นการจดบันทึกที่ละเอียดกว่าบันทึกอื่น ๆ ผู้ควบคุมอาจบันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นทุก 1 หรือ 2 ชม. ก็ได้ สิ่งที่ควรจดบันทึก ได้แก่

- พลังงานที่ใช้
- สารเคมีที่ใช้
- ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย
- สภาวะใช้งานของหน่วยบำบัดและอุปกรณ์สำคัญต่าง ๆ

ข. รายงานบำบัดน้ำเสียประจำวัน (Operation Daily Report) เมื่อนำข้อมูลจากปูมประจำวันมารวบรวมและสรุป เป็นข้อมูลเฉลี่ยของแต่ละวัน

ค. รายงานบำบัดน้ำเสียประจำเดือน (Operation Monthly Report) รายงานบำบัดน้ำเสียประจำเดือนเป็นเอกสารที่ต้องยื่นต่อเจ้าพนักงานผู้รับผิดชอบตามมาตรา 80 การรายงานผลการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย ควรประกอบด้วยรายงานอย่างน้อย 4 ส่วน ดังนี้

- รายงานข้อมูลทั่วไป
- รายงานผลการบำบัดปฐมภูมิ
- รายงานผลการเดินระบบบำบัดทุติยภูมิ
- รายงานการบำบัดตะกอนสลัดจ์

รายงานทั้ง 4 ส่วน อาจเป็นแบบฟอร์มตารางแยกจากกันเป็นส่วนๆ หรืออาจนำมารวมกันเป็นตารางเดียวก็ได้

บทที่ 9

มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

เนื่องจากเศรษฐกิจของประเทศเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมสูง ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากขาดการจัดการที่เหมาะสม ดังนั้น การควบคุมและการจัดการทางด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศ จึงต้องมีการเร่งปรับปรุงพัฒนาทั้งจากภาครัฐและเอกชนให้ทันและเหมาะสมกับการเติบโตเหล่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหารุนแรงอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อมพิษ การวางมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมก็เป็นมาตรการหนึ่งในหลายๆ มาตราการ ในการป้องกันมลภาวะและจำเป็นต้องมีการปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา

การวางเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งอาจแตกต่างกันในหลายๆ ประเทศ ปัจจัยที่สำคัญคือ สภาพท้องถิ่นที่มีความแตกต่างกัน ในประเทศไทยส่วนใหญ่แต่ละอุตสาหกรรมจะมีระบบบำบัดของตนเอง ซึ่งจำเป็นต้องมีการเข้มงวดในเรื่องมาตรฐานน้ำทิ้งเพราะปล่อยลงสู่ลำน้ำสาธารณะโดยตรง ในขณะที่อีกหลายๆ ประเทศจะมีระบบบำบัดน้ำทิ้งรวม ซึ่งอยู่ในความควบคุมดูแลของรัฐบาลโดยตรง ทำให้มีการปกป้องการปล่อยทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งรับน้ำได้ระดับหนึ่ง

การดูแลแหล่งน้ำสาธารณะให้ปลอดจากมลพิษเป็นหน้าที่ของหน่วยงานของรัฐหลายๆ ฝ่าย มาตราฐานน้ำทิ้งเป็นเพียงมาตราการหนึ่ง ซึ่งเกณฑ์การกำหนดมักจะพิจารณาถึงความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีผนวกกับเศรษฐศาสตร์ที่มีผลกระทบต่อราคาต้นทุนของวัตถุดิบ ดังนั้นการอธิบายถึงเหตุผลการปรับปรุง หรือการคงไว้ของพารามิเตอร์ ในมาตราน้ำทิ้งที่เสนอแนะใหม่ สำหรับอุตสาหกรรมปลากระป๋อง จึงต้องอยู่บนความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยีและลักษณะของน้ำเสียของอุตสาหกรรมปลากระป๋อง เปรียบเทียบระหว่างค่ามาตรฐานที่มีอยู่ในปัจจุบันและค่าที่เสนอแนะ เสดงในตารางที่ 9.1

1. ความเป็นกรดและด่าง (pH)

ใช้คงเดิม

ลักษณะน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋อง มีพีเอชอยู่ในเกณฑ์และค่ามาตราฐานนี้มีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมพอสมควรแล้ว

ตารางที่ 9.1 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมปลากระป๋อง

พารามิเตอร์	มาตรฐานปัจจุบัน	มาตรฐานที่เสนอ
1. ความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5 ถึง 9.0	5.5 ถึง 9.0
2. สารที่ละลายได้ (TDS, Total Dissolved Solids)	• ทั่วไปไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สูงสุดไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น) • มากกว่าค่า TDS ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร	• ทั่วไปไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (สูงสุดไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น • มากกว่าค่า TDS ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5000 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. น้ำมันและไขมัน (Oil/Grease)	ทั่วไปไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลิตร (สูงสุดไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น)	5 มิลลิกรัมต่อลิตร
1. สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ทั่วไปไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
1. บี.โอ.ดี. (BOD)	ทั่วไปไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น	ไม่เกิน 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 ปี หลังจากนั้นกำหนดค่าที่ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
1. ซี.โอ.ดี. (COD)	ทั่วไปไม่เกิน 120 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดไม่เกิน 400 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น	ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 ปี หลังจากนั้นกำหนดค่าที่ 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางที่ 9.1 มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมปลากระป๋อง (ต่อ)

พารามิเตอร์	มาตรฐานปัจจุบัน	มาตรฐานที่เสนอ
7. ไนโตรเจน TKN (Total Kjeldahl Nitrogen)	ทั่วไปไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร สูงสุดไม่เกิน 200 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานที่ได้รับยกเว้น	ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
8. อุณหภูมิ	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส	ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

2. สารที่ละลายได้ (ทีดีเอส)

เสนอเป็น 3,000 มก./ล. และในกรณีที่อยู่ใกล้ทะเลเสนอให้ ทีดีเอส ในน้ำทิ้งมีค่ามากกว่า ทีดีเอส ในน้ำกร่อยหรือน้ำทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มก./ล.

ในกรณีผลิตปลากระป๋อง ถ้าวัตถุดิบเป็นปลานอกมีการแช่แข็งจะใช้น้ำทะเลแช่แข็งมา ปริมาณน้ำทิ้งจากจุดละลายน้ำแข็งประมาณ 15-30% ของน้ำทิ้งรวม ถ้าไม่มีการดึงน้ำทะเลมาใช้ในจุดล้างอื่นๆ ค่าทีดีเอสไม่ควรจะเกิน 3,000 มก./ล. (วิเคราะห์จากข้อมูลเกลือ NaCl ในน้ำแข็ง 1.5% น้ำใช้ในการละลาย 0.8 $ม^3$ต่อตันปลา น้ำทิ้งจากจุดละลายน้ำแข็ง 1.2 $ม^3$ต่อตันปลา เกลือ NaCl ในน้ำเสียรวมไม่ควรเกิน 1,500 มก./ล.) และเมื่อพิจารณาเทคโนโลยีในระดับ Conventional ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งวัตถุประสงค์เพื่อบำบัดสารอินทรีย์และตะกอนแขวนลอย ความเข้มข้นของทีดีเอสในน้ำทิ้งเมื่อผ่านระบบบำบัดดังกล่าวจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งทีดีเอสที่เป็นเกลืออนินทรีย์ต่างๆ ถ้าต้องการกำจัดทีดีเอสจำเป็นที่ต้องมีการลงทุนเพิ่มโดยใช้เทคโนโลยีเฉพาะ

3. น้ำมันและไขมัน

สารอินทรีย์ในน้ำเสียจากการผลิตปลากระป๋อง คือส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนและไขมัน เทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการบำบัดปฐมภูมิทั่วไปๆ มีประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันและไขมันประมาณ 50% และเนื่องจากน้ำมันและไขมันดังกล่าวสามารถย่อยสลายได้ ส่วนที่เหลือจึงถูกย่อยสลายต่อในกระบวนการบำบัดทางชีวภาพในขั้นทุติยภูมิ และเนื่องจากน้ำมันและไขมันเป็นสารอินทรีย์เช่นกัน ดังนั้นปริมาณที่มีอยู่จะส่งผลถึงการวิเคราะห์ในรูป ซีโอดี และ บีโอดี ซึ่งทั้งสองพารามิเตอร์จะถูกควบคุมอยู่ในมาตราฐานน้ำทิ้งอยู่แล้ว ทางด้านผลกระทบโดยตรงของคุณสมบัติของน้ำมันและไขมันในแง่ที่ไม่ใช้สารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแต่เป็นในแง่กายภาพ เช่น การบดบังแสง, ขวางกั้นการเติมอากาศนั้น ถ้าพิจารณาในระดับความเข้มข้นในน้ำทิ้ง 5 มก./ล. เมื่อเจือจางกับลำน้ำสาธารณะจะอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมพอสมควร

4. สารแขวนลอย

คงไว้ที่ 50 มก./ล. เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ปัจจุบันสามารถที่จะลดตะกอนแขวนลอยได้อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าเกณฑ์ดังกล่าว

5. บี.โอ.ดี.

เสนอไว้ที่ 60 มก./ล. เป็นเวลา 3 ปี นับจากประกาศใช้มาตรฐานนี้ เพื่อให้โรงงานปลากระป๋องจะมีการปรับปรุงกระบวนการบำบัด จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ได้ประกาศเมื่อเดือนมกราคม 2539 ที่กำหนดให้ค่า บีโอดี ในน้ำปล่อยทิ้งมีค่าต่ำกว่า 20 มก./ล. ทั้งนี้เนื่องจากระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรมปลากระป๋องมีค่าค่อนข้างสูง ตลอดจนค่า ทีเคเอ็น มีค่าสูงด้วยเช่นกัน (ทีเคเอ็น สามารถส่งผลให้การวิเคราะห์ค่า บีโอดี สูงได้) การจะลดค่า บีโอดี ให้ได้ 20 มก./ล. จำเป็นต้องมีการควบคุมค่า ทีเคเอ็น

6. ซี.โอ.ดี.

จากข้อมูลการสำรวจน้ำทิ้งของอุตสาหกรรมปลากระป๋อง พบว่า สัดส่วนของ บีโอดี ต่อ ซีโอดี มีค่าในช่วง 0.7-0.8 โดยทั่วไปน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดทางชีวภาพแล้ว สัดส่วนของ บีโอดี ต่อ ซีโอดี ลดลงเหลืออยู่ในช่วง 0.2-0.3 เพราะส่วนของสารอินทรีย์ในรูป บีโอดี เท่านั้นที่จะถูกย่อยสลายในกระบวนการทางชีวภาพ ถ้าใช้เกณฑ์สัดส่วน 0.2-0.3 ดังกล่าว เมื่อบีโอดี ถูกควบคุมการปล่อยทิ้งที่ 20 มก./ล. ค่า ซี.โอ.ดี. สามารถควบคุมให้ต่ำกว่า 120 มก./ล. ตามมาตรฐานที่ประกาศใช้เมื่อ มกราคม 2539 ได้ แต่ในช่วงต้นที่ยังไม่สามารถควบคุมค่า ทีเคเอ็น ได้ จำเป็นต้องเสนอค่า ซีโอดี ไว้ที่ 300 มก./ล. เป็นเวลา 3 ปี นับจากประกาศใช้มาตรฐานนี้

7. ที.เค.เอ็น.

เสนอไว้ที่ 100 มก./ล. เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนเดเจลดัล (TKN) ได้ประมาณ 42% ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ conventional ซึ่งยังไม่มีการปรับปรุงให้ลดค่าไนโตรเจน ซึ่งจะได้ค่าทีเคเอ็น ในน้ำทิ้งที่ผ่านการบำบัดแล้วประมาณ 300 มก./ล. (ความเข้มข้น ทีเคเอ็น ในน้ำเสียไม่รวมน้ำนึ่งปลา 564 มก./ล.) จากการคำนวณความเข้มข้น ทีเคเอ็น ที่ใช้ออกซิเจนจากแหล่งน้ำเทียบเท่า บีโอดี 20 มก./ล. ควรจะมีค่าเพียง 4.65 มก./ล. อย่างไรก็ดีอัตราการย่อยสลายแอมโมเนียไนโตรเจนในปฏิกิริยาไนตริพิเคชัน จะช้ากว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ บีโอดี อยู่ประมาณ 10 เท่า ถ้าพิจารณาผลกระทบต่อแหล่งน้ำเมื่อเป็นแหล่งน้ำที่มีการไหล โดยเทียบเท่าการปลดปล่อย บีโอดี 20 มก./ล. แล้วจะประมาณเท่ากับค่า ทีเคเอ็น 46.5 มก./ล. ดังนั้นถ้าอิงการตั้งเกณฑ์ลักษณะเช่นนี้ (ผลกระทบเทียบเท่า BOD) ก็จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบบำบัดในทุกโรงงานโดยขยายเป็นการบำบัดในขั้นตติยภูมิ (Tertiary Treatment)

8. อุณหภูมิ

คงไว้ที่ 40 องศาเซลเซียส

เอกสารประกอบ

1. การศึกษาและสำรวจข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมการเกษตรสำหรับอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2537

2. ผลการทดลองระบบ DAF ในระบบห้องปฏิบัติการ : โครงการเก็บกลับโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2537

3. ผลการทดลองระบบ DAF ในระบบนำร่อง : โครงการเก็บกลับโปรตีนจากน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมปลาทูน่ากระป๋อง รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2537

4. United Nation Industrial Development Organization Environmental Assessment and Management of the Fish Processing Industry. Sectoral Studies Series No. 28 English 1986

5. S. Matsuyoshi Industrial Water Reuse and Industrial Waste Water Treatment in Seafood Industry. Japan External Trade Organization (JETRO) , 1995

ภาคผนวก ก.
รายชื่อโรงงานที่ผลิตปลากระป๋องในประเทศไทย

รายชื่อโรงงานที่ผลิตปลากระป๋องในประเทศไทย

กรุงเทพมหานคร

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท ณรงค์แคนนิ่ง จำกัด ตำบลแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน

สมุทรปราการ

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท เกียรติฟ้าฟูดส์ จำกัด ตำบลปากน้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	# ปลากระป๋อง
2. บริษัท ไทยโภชนาอาหารสำเร็จรูป จำกัด ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ โทร. 282-5687-8	# ปลากระป๋อง
3. บริษัท นิมิตอินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตำบลสำโรงใต้ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
4. บริษัท ยูเนี่ยนแสรี จำกัด ตำบลท้ายบ้าน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
5. บริษัท อาร์ เอส แคนเนอรี่ จำกัด นิคมอุตสาหกรรมปางปู อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ โทร. 323-9845-6, 323-9582-3	# ปลาทูน่า
6. บริษัท ไฮคิวผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด ตำบลบางเพรียง อำเภอบางบ่อ จังหวัดสมุทรปราการ	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน

สมุทรปราการ (ต่อ)

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
7. บริษัท เซ้าท์อีสต์เอเชี่ยนแพคเกจจิ่ง แอนด์ แคนนิ่ง จำกัด นิคมอุตสาหกรรมปางปู อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ โทร. 324-0617-22	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน # ปลาเฮอริ่ง # อาหารสัตว์
8. บริษัท พูนสินทั่งง่วนฮะ จำกัด ตำบลแพรกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ โทร. 437-9939, 437-6276	# ปลากระป๋อง # กุ้งกระป๋อง # หอยลายกระป๋อง
9. บริษัท บีแอนด์โปรดักส์ จำกัด ตำบลท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	# ปลาทูน่า # อาหารสัตว์

สมุทรสาคร

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท เจริญอุตสาหกรรม จำกัด ตำบลท่าฉลอม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โทร. 468-1459, 468-0520	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน # ผลไม้กระป๋อง
2. บริษัท ไทยรวมสินพัฒนาอุตสาหกรรม จำกัด ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
3. บริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด (มหาชน) ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โทร. 216-0220-9	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
4. บริษัท พัทยาฟูดส์ อินดัสตรี จำกัด ตำบลท่าทราย อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน # กุ้ง, ปู, หอยลาย

สมุทรสาคร (ต่อ)

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
5. บริษัท ห้องเย็นเอเซี่ยนฟูดส์ จำกัด ตำบลบางกระเจ้า อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร	# ปลาทูน่า
6. บริษัท ลัคกี้แคนเนอรี่ จำกัด ตำบลบางกระเจ้า อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร	# ปลาทูน่า # ปลาแมกเคอเรล
7. บริษัท สยามนานาแคนนิ่ง จำกัด ตำบลท่าไม้ อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร	# ปลาซาร์ดีน # ผัก, ผลไม้กระป๋อง

สุราษฎร์ธานี

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท สุราษฎร์แคนนิ่ง จำกัด ตำบลมะขามเตี้ย อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี โทร. (077)282-225, 281-671	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน # อาหารทะเลอื่นๆ

ตรัง

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท ผลิตภัณฑ์อาหารกว้างไพศาล จำกัด ตำบลนาท่วมเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดตรัง	# ปลาซาร์ดีน # หอยลาย

สตูล

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท ผลิตภัณฑ์ปลากระป๋องสยาม จำกัด ตำบลคลองขุด อำเภอเมือง จังหวัดสตูล	# ปลากระป๋อง

สงขลา

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท โชติวัฒน์อุตสาหกรรมการผลิต จำกัด ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โทร. (074) 210-222-9	# ปลาทูน่า # อาหารสัตว์
2. บริษัท คิงส์ฟริชเชอร์ โฮลดิ้ง จำกัด ตำบลบ่อยาง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โทร. 249-0595-8 (สำนักงาน)	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
3. บริษัท ทรอปิคอลแคนนิ่ง(ประเทศไทย) จำกัด อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โทร. (074)212-330-7	# ปลาทูน่า

ปัตตานี

ชื่อ/สถานที่ตั้ง	***ประเภทกิจการ***
1. บริษัท ร่วมลำเลียงขนส่ง จำกัด ตำบลบานา อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี	# ปลาซาร์ดีน # อาหารทะเลอื่น
2. บริษัท ปัตตานีอาหารทะเล จำกัด ตำบลบานา อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี โทร. (073) 332-327, 333-005	# ปลาทูน่า # ปลาซาร์ดีน
3. บริษัท รอแยลฟูดส์ จำกัด ตำบลบานา อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี โทร. (073)333-750-2	# ปลากระป๋อง

ที่มา : ฐานข้อมูลโรงงานปี 2537 ฝ่ายทะเบียนและสถิติโรงงาน
กองควบคุมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

รูปที่ ก.1 แสดงที่ตั้งโรงงานผลิตปลากระป๋องในประเทศไทย

ตารางที่ ก.1 แสดงปริมาณปลาที่ต้องการใช้ผลิตเป็นปลาทูน่ากระป๋อง (ปลาแช่แข็ง)

ประเภทผลิตภัณฑ์	*ปี พ.ศ.*	*ปริมาณ (ตัน)*
ปลาทูน่า	ปี 2533	373,750
	ปี 2534	487,490
	ปี 2535	487,500
	ปี 2536	390,740
	ปี 2537	382,470
	ปี 2538*	250,000
ปลาอื่น	ประมาณ	100,000

ที่มา : สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป

หมายเหตุ ปริมาณการผลิตลดลง เนื่องจากบริษัท ยูนิคอร์ด จำกัด (มหาชน)
ลดปริมาณการผลิตลง เพราะปัญหาภายในบริษัทฯ

ตารางที่ ก.2 มูลค่าการส่งออกปลาประเภทต่างๆ ปี 2536

ประเภทผลิตภัณฑ์	*ปริมาณการส่งออก (ตันสินค้า)*	*มูลค่าการส่งออก (ล้านบาท)*
ปลาทูน่ากระป๋อง	230,000	13,000
ปลาทูน่า LOIN	29,000	2,000
ปลาอื่นๆ	53,000	1,700
อาหารสัตว์	145,000	4,500
รวมทั้งสิ้น	457,000	21,200

ที่มา : สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป

ภาคผนวก ข.
ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ฉบับที่ ๓ (พ.ศ. ๒๕๓๙)
เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภท
โรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕๕ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษ และโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“โรงงานอุตสาหกรรม” หมายความว่า โรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน

“นิคมอุตสาหกรรม” หมายความว่า นิคมอุตสาหกรรมตามกฎหมายว่าด้วยนิคมอุตสาหกรรม หรือโครงการที่จัดไว้สำหรับการประกอบการอุตสาหกรรมที่มีการจัดการระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อมร่วมกัน

“น้ำเสีย” หมายความว่า ของเสียที่อยู่ในสภาพเป็นของเหลว รวมทั้งมลสารที่ปะปน หรือปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น

“น้ำทิ้ง” หมายความว่า น้ำเสียที่เกิดจากการประกอบกิจการโรงงานอุตสาหกรรมหรือนิคมอุตสาหกรรม ที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม และให้หมายความรวมถึงน้ำเสียจากการใช้น้ำของคนงานรวม ทั้งจากกิจกรรมอื่นในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในนิคมอุตสาหกรรมด้วย โดยน้ำทิ้งต้องเป็นไปตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศนี้

ข้อ ๒ ให้กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ๑ ไว้ดังต่อไปนี้

(๑) ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH Value) ระหว่าง ๕.๕ ถึง ๙.๐

(๒) ค่าทีดีเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

๒.๑ ค่าทีดีเอสไม่เกิน ๓,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน ๕,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๒.๒ น้ำทิ้งซึ่งจะระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน ๒,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าทีดีเอสในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าทีดีเอส ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน ๕,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) สารแขวนลอย (Suspended Solids) ไม่เกิน ๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตรหรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน ๑๕๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๔) อุณหภูมิ (Temperature) ของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะไม่เกิน ๔๐ องศาเซลเซียส

(๕) สีหรือกลิ่น (Color or Odor) เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะแล้วไม่เป็นที่พึงรังเกียจ

(๖) ซัลไฟด์ (Sulfide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่เกิน๑มิลลิกรัมต่อลิตร

(๗) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่เกิน ๐.๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๘) โลหะหนักมีค่าดังนี้

๘.๑ สังกะสี (Zn) ไม่เกิน ๕.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๒ โครเมียม ชนิดเฮ็กซาวาเล้นท์ (Hexavalent Chromium)ไม่เกิน๐.๒๕มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๓ โครเมียมชนิดไตรวาเล้นท์ (Trivalent Chromium) ไม่เกิน ๐.๗๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๔ อาร์เซนิค (As) ไม่เกิน ๐.๒๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๕ ทองแดง (Cu) ไม่เกิน ๒.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๖ ปรอท (Hg) ไม่เกิน ๐.๐๐๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๗ แคดเมียม (Cd) ไม่เกิน ๐.๐๓ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๘ แบเรียม (Ba) ไม่เกิน ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๙ เซเลเนียม (Se) ไม่เกิน ๐.๐๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๑๐ ตะกั่ว (Pb) ไม่เกิน ๐.๒ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๑๑ นิกเกิล (Ni) ไม่เกิน ๑.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

๘.๑๒ แมงกานีส (Mn) ไม่เกิน ๕.๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๙) น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease) ไม่เกิน ๕ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน ๑๕ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๐) ฟอร์มาลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๑) สารประกอบฟีนอล (Phenols) ไม่เกิน ๑ มิลลกรัมต่อลิตร

(๑๒) คลอรีนอิสระ (Free chlorine) ไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๓) สารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ (Pesticide) ต้องตรวจไม่พบตามวิธีตรวจสอบที่กำหนด

(๑๔) ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน ๖๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๕) ค่าทีเคเอ็น (TKN หรือ Total Kjeldahl Nitrogen) ไม่เกิน ๑๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน ๒๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๖) ค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand) ไม่เกิน ๑๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควร แต่ไม่เกิน ๔๐๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๓ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากนิคมอุตสาหกรรม ต้องเป็นไปตามข้อ ๒ เว้นแต่ค่าบีโอดี ต้องมีค่าไม่เกิน ๒๐ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๔ การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตามข้อ ๒ และจากนิคมอุตสาหกรรมตามข้อ ๓ ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter)

(๒) การตรวจสอบค่าทีดีเอส ให้ใช้วิธีการระเหยแห้ง ระหว่างอุณหภูมิ ๑๐๓ องศาเซลเซียส ถึงอุณหภูมิ ๑๐๕ องศาเซลเซียส ในเวลา ๑ ชั่วโมง

(๓) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย ให้ใช้วิธีการกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc)

(๔) การตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ ให้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

(๕) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ ให้ใช้วิธีการไตเตรท (Titrate)

(๖) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ ให้ใช้วิธีกลั่นและตามด้วยวิธีไพริดีน บาร์บิทูริคแอซิด (Pyridine-Barbituric Acid)

(๗) การตรวจสอบค่าโลหะหนัก ให้ใช้วิธีการดังนี้

๗.๑ การตรวจสอบค่าสังกะสี โครเมียม ทองแดง แคดเมียม แบเรียม ตะกั่ว นิกเกิล และแมงกานีส ให้ใช้วิธีอะตอมมิค แอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไดเร็คแอสไพเรชั่น (Direct Aspiration) หรือวิธีพลาสม่า อีมิสชั่น สเปคโตร์สโคปี (Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี คัพเพิล พลาสม่า (Inductively Coupled Plasma : ICP)

๗.๒ การตรวจสอบค่าอาร์เซนิคและเซเลเนียม ให้ใช้วิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น สเปคโตร์โฟโตเมตตรี (Atomic Absorption Spectrophotometry) ชนิดไฮไดรด์ เจนเนอเรชั่น (Hydride Generation) หรือวิธีพลาสม่า อิมิสชั่น สเปคโตร์สโคปี(Plasma Emission Spectroscopy) ชนิดอินดักทีฟลี ดัพเพิล พลาสม่า (Inductively Coupled Plasma : ICP)

๗.๓ การตรวจสอบค่าปรอท ให้ใช้วิธีอะตอมมิคแอบซอฟชั่น โคลด์ เวเปอร์เทคนิค (Atomic Absorption Cold Vapour Technique)

(๘) การตรวจสอบค่าน้ำมันและไขมัน ให้ใช้วิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน

(๙) การตรวจสอบค่าฟอร์มาลดีไฮด์ ให้ใช้วิธีเทียบสี (Spectrophotometry)

(๑๐) การตรวจสอบค่าสารประกอบฟีนอล ให้ใช้วิธีกลั่น และตามด้วยวิธี ๔-อะมิโนแอนติไพรีน (Distillation, 4-Aminoantipyrine)

(๑๑) การตรวจสอบค่าคลอรีนอิสระ ให้ใช้วิธีไอโอโดเมตริค (Iodometric Method)

(๑๒) การตรวจสอบค่าสารที่ใช้ป้องกันหรือกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ ให้ใช้วธีก๊าซโครมาโตกราฟี (Gas-Chromatography)

(๑๓) การตรวจสอบค่าบีโอดี ให้ใช้วิธีอะไซด์ โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification) ที่อุณหภูมิ ๒๐ องศาเซลเซียส เป็นเวลา ๕ วัน ติดต่อกัน หรือวิธีการอื่นที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษให้ความเห็นชอบ

(๑๔) การตรวจสอบค่าทีเคเอ็น ให้ใช้วิธีเจลดาห์ล (Kjeldahl)

(๑๕) การตรวจสอบค่าซีโอดี ให้ใช้วิธีย่อยสลาย โดยโปตัสเซียมไดโครเมต (Potassium Dichromate Digestion)

ข้อ ๕ การตรวจสอบค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากนิคมอุตสาหกรรม ตามข้อ ๔ จะต้องเป็นไปตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสียของสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อม แห่งประเทศไทย หรือ Standard

Methods for the Examination of Water and Wastewater ซึ่ง American Public Health Association, America Water Work Association และ Water Environment Federation ของสหรัฐอเมริกา ร่วมกันกำหนดไว้ด้วย

ข้อ ๖ วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งให้เป็นไปตามที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด โดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ประกาศ ณ วันที่ ๓ มกราคม พ.ศ.๒๕๓๙

(นายยิ่งพันธุ์ มนะสิการ)
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ภาคผนวก ค.
การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ ค.1 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้ 100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,373,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	118,800	บาท
- ค่าสารเคมี	405,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	363,600	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	114,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	382,410	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**1,528,410**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	1,332,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	2,772,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**4,104,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,575,590**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**18.96**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**4.97**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.2 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,373,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	118,000	บาท
- ค่าสารเคมี	405,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	363,600	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	114,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	701,080	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**1,846,280**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	1,332,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	2,772,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**4,104,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,257,720**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**12.02**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**5.82**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.3 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % ((Environmental fund))

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	285,120	บาท
- ค่าสารเคมี	972,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	872,640	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	252,640	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	575,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**3,101,400**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	3,196,800	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	6,652,800	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**9,849,600**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**6,748,200**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**45.95**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**2.09**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.4 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	285,120	บาท
- ค่าสารเคมี	972,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	872,640	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	252,640	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	1,054,170	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**3,579,930**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	3,196,800	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	6,652,800	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**9,849,600**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**6,269,670**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**37.24**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**2.44**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.5 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % ((Environmental fund)

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	950,400	บาท
- ค่าสารเคมี	3,240,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	2,908,800	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	804,800	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	1,494,440	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**9,542,440**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	10,656,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	22,176,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**32,832,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**23,289,560**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**66.85**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.44**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.6 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการไม่ใช้สารเคมี**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	950,400	บาท
- ค่าสารเคมี	3,240,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	2,908,800	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	804,800	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	2,739,810	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**10,787,810**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	10,656,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	22,176,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**32,832,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**22,044,190**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**56.91**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.61**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.7 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,373,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	124,200	บาท
- ค่าสารเคมี	2,286,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	1,114,200	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	407,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	382,410	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**4,458,410**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	3,528,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	3,888,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**7,416,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,957,590**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**24.38**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**3.94**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.8 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,363,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	124,200	บาท
- ค่าสารเคมี	2,286,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	1,114,200	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	407,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	701,080	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**4,777,080**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	3,528,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	3,888,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**7,416,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,638,920**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**17.08**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**4.91**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.9 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	298,080	บาท
- ค่าสารเคมี	5,486,400	บาท
- ค่าไอน้ำ	2,674,080	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	955,840	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	575,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**10,133,400**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	8,467,200	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	9,331,200	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**17,798,400**	**บาท**
กำไรสุทธิ	7,665,000	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**54.60**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.76**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.10 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	298,080	บาท
- ค่าสารเคมี	5,486,400	บาท
- ค่าไอน้ำ	2,674,080	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	955,840	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	1,054,170	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**10,612,570**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	8,467,200	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	9,331,200	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**17,798,400**	**บาท**
กำไรสุทธิ	7,185,830	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**45.36**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**2.01**	**ปี**

ตารางที่ ค.11 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	993,600	บาท
- ค่าสารเคมี	18,288,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	8,913,600	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	3,148,800	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	1,494,440	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**32,982,440**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	28,224,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	31,104,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**59,328,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**26,345,560**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**78.17**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.23**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.12 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีน้อย**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	993,600	บาท
- ค่าสารเคมี	18,288,000	บาท
- ค่าไอน้ำ	8,913,600	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	3,148,800	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	2,739,810	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**34,227,810**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	28,224,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	31,104,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**59,328,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**25,100,190**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**67.56**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.38**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.13 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,373,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	239,400	บาท
- ค่าสารเคมี	4,820,400	บาท
- ค่าไอน้ำ	1,251,000	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	717,200	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	382,410	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**7,554,410**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	4,860,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	5,076,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**9,936,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,381,590**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**23.15**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**5.40**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.14 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 25 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	15-60	ตัน/วัน
เงินลงทุน	6,373,460	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	239,400	บาท
- ค่าสารเคมี	4,820,400	บาท
- ค่าไอน้ำ	1,251,000	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	717,200	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	701,080	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**7,873,080**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	4,860,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	5,076,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**9,936,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**2,062,920**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**21.47**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**6.40**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.15 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	574,560	บาท
- ค่าสารเคมี	11,568,960	บาท
- ค่าไอน้ำ	3,002,400	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	1,698,880	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	575,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**17,563,800**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	11,664,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	12,182,400	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**23,846,400**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**6,282,600**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**50.07**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**2.32**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.16 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 60 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	60-150	ตัน/วัน
เงินลงทุน	9,583,330	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	574,560	บาท
- ค่าสารเคมี	11,568,960	บาท
- ค่าไอน้ำ	3,002,400	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	1,698,880	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	1,054,170	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**18,042,970**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	11,664,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	12,182,400	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**23,846,400**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**5,803,430**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**47.79**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**2.72**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.17 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้ 100 %

อัตราดอกเบี้ย 6.00 % (Environmental fund)

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	1,915,200	บาท
- ค่าสารเคมี	38,563,200	บาท
- ค่าไอน้ำ	10,008,000	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	5,625,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (6.00%)	1,494,440	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**57,750,440**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	38,880,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	40,608,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**79,488,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**21,737,560**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**70.90**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.57**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ตารางที่ ค.18 **การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์สำหรับระบบรองรับน้ำทิ้ง 200 ลบ.ม./ชม. ของกระบวนการใช้สารเคมีมาก**

อัตราเงินกู้100 %

อัตราดอกเบี้ย 11.00 %

กำลังการผลิต	250-450	ตัน/วัน
เงินลงทุน	24,907,410	บาท
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานประจำปี		
- ค่าไฟฟ้า	1,915,200	บาท
- ค่าสารเคมี	38,563,200	บาท
- ค่าไอน้ำ	10,008,000	บาท
- ค่าแรงงาน	144,000	บาท
- ค่าบำรุงรักษา, ค่าขนส่งผลิตภัณฑ์	5,625,600	บาท
- ดอกเบี้ยเงินกู้ (11.00%)	2,739,810	บาท
รวมค่าใช้จ่ายประจำปี	**58,995,810**	**บาท**
รายได้ประจำปี		
- รายได้จากการขายกากตะกอน	38,880,000	บาท
- ค่าบำบัดน้ำเสียที่ประหยัดได้	40,608,000	บาท
รวมรายได้ทั้งหมดประจำปี	**79,488,000**	**บาท**
กำไรสุทธิ	**20,492,190**	**บาท**
อัตราผลตอบแทนคืนทุน	**68.26**	**%**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.77**	**ปี**

หมายเหตุ ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นี้ เป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2537

ภาคผนวก ง.
หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

หน่วยงานของรัฐ

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ติดต่อ : อาคารพหลโยธินเซนเตอร์ ชั้น 3
404 ถนนพหลโยธิน พญาไท
กรุงเทพฯ 10400
โทร. 619-2299-2304
โทรสาร 619-2285, 619-2210

กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ติดต่อ : ถนนพระราม 6 กรุงเทพฯ 10400
โทร. 246-0065, 246-1387-95
โทรสาร 245-5523

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ติดต่อ : 60/1 ซอยพิบูลวัฒนา 7
ถนนพระราม 6 กรุงเทพฯ 10400
โทร. 279-7180-9
โทรสาร 279-0672 , 278-2693

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ติดต่อ : สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม
60/1 ซอยพิบูลวัฒนา 7
ถนนพระราม 6 กรุงเทพฯ 10400
โทร. 279-7180-9
โทรสาร 271-3226

สำนักการระบายน้ำ กรุงเทพมหานคร

ติดต่อ : ถนนมิตรไมตรี เขตดินแดง
กรุงเทพฯ 10400
โทร. 246-0301-3

ส่วนแผนพัฒนาท้องถิ่น กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

ติดต่อ : วังสุนันทา ถนนราชสีมา
กรุงเทพฯ 10300
โทร. 243-2226, 243-2230

กองวิชาการและแผน กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

ติดต่อ : กองวิชาการและแผน กรมการปกครอง
ถนนอัษฎางค์ กรุงเทพฯ 10200
โทร. 222-4138, 222-5873, 222-1914
โทรสาร 222-0368

สำนักนโยบายและแผน สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย กระทรวงมหาดไทย

ติดต่อ : สำนักนโยบายและแผน
กระทรวงมหาดไทย
ถนนอัษฎางค์ กรุงเทพฯ 10200
โทร. 222-4156

ส่วนกองคลังท้องถิ่น กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย

ติดต่อ : กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย
ถนนอัษฎางค์ กรุงเทพฯ 10200
โทร. 221-8639
โทรสาร 221-6740, 221-1382

กองวิศวกรรมสุขาภิบาล กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย

ติดต่อ : กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย
2 สะพานผ่านฟ้า ถนนดำรงค์รักษ์
เขตป้อมปราบ กรุงเทพฯ 10100
โทร. 281-1507

กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ติดต่อ : ถนนติวานนท์ อ.เมือง
จ.นนทบุรี 11000
โทร. 591-8153
โทรสาร 591-8182

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ติดต่อ : 76/5 ถนนพระรามที่ 6
เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทร. 202-4225, 202-4231-5

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ติดต่อ : กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
76/5 ชั้น 5 ถนนพระรามที่ 6
เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทร. 202-4225, 202-4231-5

การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ติดต่อ : 618 ถนนนิคมมักกะสัน แขวงมักกะสัน
เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทร. 253-0561
โทรสาร 253-4086

หน่วยงานด้านการศึกษาวิจัย *ได้แก่ มหาวิทยาลัย และศูนย์วิจัยต่างๆ เช่น*

ติดต่อ : ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ต. คลอง 5 อ. คลองหลวง
ปทุมธานี 12120
โทร. 577-1136-7, 577-1140
โทรสาร 577-1138

ติดต่อ : ศูนย์บริการการวิจัย สาขาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย
196 ถนนพหลโยธิน กรุงเทพฯ 10900
โทร. 579-7572, 579-1121-30

ติดต่อ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
91 ถนนสุขสวัสดิ์ 48
เขตราษฎร์บูรณะ กรุงเทพฯ 10140

- สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ
  โทร. 427-0242 ต่อ 401-409
  โทรสาร 427-8077
- ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  โทร. 427-0039
- ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
  โทร. 427-0242 ต่อ 103-106

ติดต่อ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
  โทร. 218-6667
- สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม
  โทร. 251-4426-27, 252-5929
  โทรสาร 252-5929

ติดต่อ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- คณะวิศวกรรมศาสตร์
- คณะวิทยาศาสตร์
  โทร. 579-0141-45, 579-3132-39

ติดต่อ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
  โทร. 529-2093

ติดต่อ : มหาวิทยาลัยมหิดล
- คณะสาธารณะสุขศาสตร์
  402/1 ถนนราชวิถี กรุงเทพฯ 10400
  โทร. 246-0053, 246-1268-9, 246-1269-71
  โทรสาร 246-7765
- คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
  25/25 พุทธมณฑลสาย 4
  ต.ศาลายา อ.นครชัยศรี จ. นครปฐม 73170
  โทร. 441-9020-4 , 441-9507-9

ติดต่อ : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สงขลา
อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110
โทร (074) 211-030-49, 212-070-9
โทรสาร (074) 212-828
- คณะวิศวกรรมศาสตร์
- ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
โทร. (074) 235-800

ติดต่อ : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (เอไอที)
- ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
โทร. 516-0110-29, 516-0130-4

ติดต่อ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ภาควิชาวิศวกรรมสภาวะแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
โทร. (053) 221-699

หน่วยงานเอกชน *มีหน่วยงานเอกชนหลายหน่วยที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนด้านวิชาการ การเงิน การรณรงค์เกี่ยวกับปัญหาและคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น*

ติดต่อ : บรรษัท เงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
1770 ถนนเพชรบุรี
กรุงเทพฯ 10500
โทร. 253-7111, 254-8050-63

ติดต่อ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท กรุงเทพฯ 10330
โทร. 218-6669, 252-7510-11
โทรสาร 252-7510

ติดต่อ : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย
โรงกลั่นน้ำมันบางจาก อาคาร 4
พระโขนง กรุงเทพฯ 10260
โทร. 331-0047, 331-0060

ติดต่อ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
ตึกนิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330
โทร. 218-6794-9

ติดต่อ : สมาคมสร้างสรรไทย
ตึกธนาคารกรุงเทพ ชั้น 15
333 ถนนสีลม กรุงเทพฯ 10500
โทร. 235-0819, 230-1884