สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับปะรดกระป๋อง

เมษายน 2545

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ

(Industrial Codes of Practice for Pollution Prevention)

ความหมาย

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ ประกอบด้วย เกณฑ์ และวิธีการป้องกันมลพิษ ซึ่งได้รับการรับรองจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษใช้เป็นแนวทางเฉพาะสำหรับโรงงานในรายสาขาที่กำหนดให้มีการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำและการหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการเปลี่ยนใช้วัตถุดิบหรือสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษยังสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับเจ้าหน้าที่ภาครัฐในการกำกับดูแลโดยการจัดการมลพิษในเชิงป้องกัน และใช้สำหรับเป็นข้อกำหนดในการพิจารณาให้สิทธิประโยชน์แก่โรงงาน

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญ 2 ส่วน คือ เกณฑ์การป้องกันมลพิษและวิธีการป้องกันมลพิษ นอกจากนี้ยังประกอบด้วยเรื่องอื่นๆ ได้แก่ หลักการและการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด การควบคุมการผลิต การลดต้นทุนด้วยวิธีการต่างๆ เป็นต้น

เกณฑ์การป้องกันมลพิษ คือ เกณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และการดำเนินงานของโรงงานว่ามีการป้องกันมลพิษแล้ว

วิธีการป้องกันมลพิษ คือ วิธีการลดของเสีย และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสำหรับแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อพัฒนาการผลิตไปสู่เกณฑ์ที่กำหนด

หลักการในการคัดเลือกอุตสาหกรรม

- เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง ได้แก่ มลพิษทางน้ำ ทางอากาศ และขยะของเสีย
- เป็นอุตสาหกรรมอาหารที่แปรรูปผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง
- เป็นอุตสาหกรรมที่ได้รับผลกระทบจากการปฏิบัติตามพันธะกรณีขององค์การค้าโลก (WTO) ได้แก่ เรื่องการใช้วัตถุดิบภายในประเทศ (Local Content)

ปัจจัยที่ใช้พิจารณาเพื่อกำหนดหลักปฏิบัติ

- เป็นปัญหาร่วม (Common Problems) ในเรื่องการสูญเสียและการผลิตของอุตสาหกรรมรายสาขา
- เป็นการจัดการปัญหาที่ก่อผลกระทบสูงต่อการผลิต หรือสิ่งแวดล้อมของรายสาขานั้น
- เป็นเกณฑ์และวิธีการที่สามารถปฏิบัติได้และมีผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1-1
	1.1 หลักการและเหตุผล	1-1
	1.2 ผลการดำเนินงาน	1-1
	1.3 ขอบเขต	1-2
	1.4 นิยาม	1-2
บทที่ 2	เกณฑ์ป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรม พืชผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับปะรดกระป๋อง	2-1
	2.1 การใช้น้ำ	2-3
	2.2 การใช้ไฟฟ้า	2-5
	2.3 การใช้น้ำมันเตา	2-8
	2.4 ภาระความสกปรกในน้ำเสีย	2-10
บทที่ 3	วิธีการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรม พืชผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับปะรดกระป๋อง	3-1
	3.1 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์ป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณน้ำใช้	3-2
	3.2 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์ป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้ไฟฟ้า	3-14
	3.3 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์ป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้น้ำมันเตา	3-17
	3.4 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์ป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดภาระความสกปรกในน้ำเสีย	3-21
ภาคผนวก ก	ข้อมูลโรงงานและการคำนวณ	ก-1
	1. รายชื่อโรงงานประกอบการผลิตสับปะรดกระป๋อง	ก-1

หน้า

2. ข้อมูลโรงงานตัวอย่าง ก-3
3. การคำนวณการประหยัดน้ำมันเตา ก-8
4. การคำนวณเกี่ยวกับภาระความสกปรกของน้ำเสีย ก-14

ภาคผนวก ข สาเหตุหรือบริเวณการสูญเสียทรัพยากร ข-1
1. การขนส่งวัตถุดิบ ข-2
2. การเก็บรักษาผลสับปะรดระหว่างอยู่ในโรงงาน ข-2
3. กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง ข-2
4. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ข-6
5. การขนส่งสู่ตลาด ข-7

ภาคผนวก ค หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ค-1
1. ความหมาย ค-1
2. หลักเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ค-1
3. วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ค-2
4. ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ค-5

ภาคผนวก ง การดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ง-1
1. การวางแผนและการจัดตั้งองค์กร ง-2
2. การตรวจประเมินเบื้องต้น ง-2
3. การตรวจประเมินโดยละเอียด ง-9
4. การศึกษาความเป็นไปได้ ง-17
5. การลงมือปฏิบัติ ง-18
6. การตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง ง-18

ภาคผนวก จ การควบคุมการผลิตระดับโรงงาน จ-1
1. ฝ่ายจัดซื้อ จ-2
2. ฝ่ายผลิต จ-2
3. ฝ่ายวิศวกรรมและเทคนิค จ-14

หน้า

4. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ จ-17
5. ฝ่ายธุรกิจการขาย จ-22

ภาคผนวก ฉ วิธีลดต้นทุนแบบประหยัดค่าใช้จ่าย ฉ-1

ภาคผนวก ช ตัวอย่างการตรวจสอบเพื่อการประหยัดทรัพยากรต่างๆ ช-1
ตาราง ช-1 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดน้ำ ช-1
ตาราง ช-2 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดไฟฟ้า ช-2
ตาราง ช-3 บัญชีรายการตรวจสอบการขนส่งวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ ช-5
ตาราง ช-4 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อพัฒนาการจัดการและลดของเสีย ช-7
ตาราง ช-5 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัสดุและวัตถุดิบ ช-9
ตาราง ช-6 บัญชีรายการจุดที่ควรตรวจสอบในสถานที่ตั้ง ช-10

เอกสารอ้างอิง

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

สับปะรดกระป๋อง เป็นผลิตภัณฑ์ผลไม้แปรรูปที่มาจากผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศ เมื่อการปลูกสับปะรดได้ขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว กอปรกับการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมเพื่อให้เกิดการแข่งขันการส่งออกสู่ตลาดโลกเพิ่มขึ้น จึงทำให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋องรายใหม่จำนวนมากขึ้น ปัจจุบันที่ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน ทั้งสิ้น 50 โรงงาน

เมื่อโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการผลิตสับปะรดกระป๋องเพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่มอัตราการผลิตมากขึ้นทุกปี ย่อมทำให้เกิดของเสียมากขึ้นตามลำดับ โดยมีปริมาณสูงถึงร้อยละ 35 ของอัตรากำลังผลิต ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ กากของเสียประเภทสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ หากได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาใช้ เพื่อลดปริมาณของเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น อาจเป็นวัตถุดิบ น้ำ และ พลังงาน ด้วยวิธีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต รวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ซ้ำ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย ซึ่งหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology - CT) จะเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกัน

1.2 ผลการดำเนินงาน

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ร่วมมือกับสำนักงานความร่วมมือด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาแห่งประเทศเดนมาร์ก (Danish Cooperation for Environment and Development - DANCED) ภายใต้โครงการเสริมสร้างสมรรถนะด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้จัดทำหลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษขึ้น สำหรับให้ผู้ประกอบการผลิตสับปะรดกระป๋องนำไปใช้ปฏิบัติ ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. เกณฑ์การป้องกันมลพิษ จำนวน 4 หัวข้อ คือ

1) การใช้น้ำ	3	ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์
2) การใช้ไฟฟ้า	20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
3) การใช้น้ำมันเตา	22	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
4) ภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD)	5	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์

2. วิธีการป้องกันมลพิษ จำนวน 4 วิธี คือ

1) การลดปริมาณน้ำใช้
2) การลดการใช้ไฟฟ้า
3) การลดการใช้น้ำมันเตา
4) การลดภาระความสกปรกในน้ำเสีย

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) ประกอบด้วย เกณฑ์และวิธีการป้องกันมลพิษ ได้กล่าวรายละเอียดไว้ใน บทที่ 2 และบทที่ 3 ตามลำดับ สำหรับภาคผนวกของหนังสือเล่มนี้ จะอธิบายเกี่ยวกับหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด วิธีดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด พร้อมหลักการและวิธีการดำเนินงานของระบบต่างๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิตในสถานประกอบการ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จัดทำหลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษฉบับนี้ขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และพัฒนาการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ก็เพื่อประโยชน์สูงสุดโดยรวมของประเทศ

1.3 ขอบเขต

ขอบเขตของหลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมสาขา พืชผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ โรงงานลำดับที่ 8(1) ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 และในเอกสารนี้จะครอบคลุมเฉพาะโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋องเท่านั้น

1.4 นิยาม

หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention Code of Practice) หมายถึง วิธีปฏิบัติสำหรับโรงงานรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด เพื่อให้มีการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การใช้ซ้ำ และการหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการเปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบหรือสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยกว่า หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ ประกอบด้วยเกณฑ์และวิธีการป้องกันมลพิษ ซึ่งได้รับการเห็นชอบจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา

เกณฑ์การป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention Criteria) หมายถึง เกณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตและการดำเนินงานของโรงงานว่ามีการป้องกันมลพิษ

วิธีการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention Measures) หมายถึง วิธีการลดของเสียและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อพัฒนาการผลิตไปสู่ เกณฑ์ที่กำหนด

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา (Industrial Sector Committee) หมายถึง คณะกรรมการที่มีหน้าที่ในการพิจารณาหลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษอุตสาหกรรมรายสาขา โดยคณะกรรมการประกอบด้วยผู้มีส่วนได้เสียโดยตรงทั้งจากภาครัฐ เอกชนและสถาบันการศึกษาในรายสาขานั้น

บทที่ 2 เกณฑ์การป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรม พืช ผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับปะรดกระป๋อง

ประกอบด้วย 4 หัวข้อ คือ

เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่ 1		
การใช้น้ำ		
เกณฑ์เป้าหมายเท่ากับ	3	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์

เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่ 2		
การใช้ไฟฟ้า		
เกณฑ์เป้าหมายเท่ากับ	20	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์

เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่ 3		
การใช้น้ำมันเตา		
เกณฑ์เป้าหมายเท่ากับ	22	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์

เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่ 4		
ภาระความสกปรกในน้ำเสีย (BOD)		
เกณฑ์เป้าหมายเท่ากับ	5	กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์

การกำหนดเกณฑ์การป้องกันมลพิษ

ข้อมูลพื้นฐาน

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้ทำการตรวจประเมินรายละเอียดด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในโรงงานผลิตสับปะรดกระป๋อง จำนวน 15 โรงงาน โดยทำการตรวจวัดปริมาณการสูญเสียวัตถุดิบ ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันเตา ในขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต ทำสมดุลมวลสาร/พลังงาน ของแต่ละหน่วยการผลิต แล้วนำข้อมูลของโรงงานทั้ง 15 โรงงานมาเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรต่างๆ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลการใช้น้ำ พลังงานและค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย

โรงงาน	อัตรากำลังผลิต (ตัน/วัน)	การใช้ทรัพยากรต่อตันผลิตภัณฑ์			BOD (กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์)
		น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)	ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	น้ำมันเตา (ลิตร)	
1	20	3.80	30.3	20.20	-
2	25	1.80	14.48	26.40	13.10
3	50	1.83	10.86	34.28	1.83
4	90	2.00	15.16	17.80	-
5	95	3.26	21.40	22.23	6.52
6	100	1.90	17.16	12.00	3.80
7	100	3.52	46.30	36.00	10.86
8	170	1.62	31.81	31.36	2.79
9	240	2.70	18.90	17.40	13.50
10	300	4.00	29.70	24.00	16.00
11	400	0.63	20.10	15.40	0.63
12	520	1.80	14.80	18.00	2.61
13	614	4.10	40.00	35.02	3.38
14	780	2.10	25.70	23.30	5.13
15	1,400	3.20	36.30	12.40	2.50

ในการเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรของแต่ละประเภท อันได้แก่ น้ำ ไฟฟ้า น้ำมันเตา และการใช้วัตถุดิบ ของแต่ละโรงงาน เราจะคำนวณหาค่ากลาง (Median) ในเชิงสถิติ โดยนำค่าความถี่ของการใช้ทรัพยากรมาประกอบการพิจารณาด้วย ปริมาณการใช้ทรัพยากรของแต่ละโรงงาน จากค่าต่ำสุดไปถึงค่าสูงสุด แล้วนำมาเขียนกราฟ เพื่อหาค่ากลางที่มีความน่าจะเป็นไปได้ สาเหตุที่เลือกใช้ค่ากลางในการเปรียบเทียบ เนื่องจากค่าที่ได้มีความถูกต้อง ไม่เกิดความเบี่ยงเบนจากค่าจริงมากนัก

วิธีการหาค่ากลาง (Median) ของการใช้ทรัพยากร

2.1 การใช้น้ำ

การใช้น้ำของโรงงานส่วนใหญ่ จะแยกตามคุณภาพการใช้ออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกน้ำล้าง จะใช้ในการล้างเครื่องจักร/อุปกรณ์ต่างๆ เช่นล้างพื้นโรงงาน หล่อสายพาน สำหรับส่วนที่สองจะเป็นน้ำผ่านระบบการปรับคุณภาพ โดยโรงงานนำไปใช้ในส่วนล้างผลสับปะรด ขั้นตอนการปอกเปลือก ตกแต่ง/ตัดแว่น ใช้บรรจุในผลิตภัณฑ์ น้ำล้างกระป๋อง น้ำหล่อเย็น และหม้อไอน้ำ

เมื่อนำข้อมูลมาคำนวณในเชิงสถิติการใช้น้ำต่อตันผลิตภัณฑ์ของแต่ละโรงงาน โดยหักปริมาณน้ำใช้ในส่วนการทำน้ำปรุงรส (Syrup) เพื่อบรรจุในผลิตภัณฑ์ออก แล้วนำข้อมูลทั้ง 15 โรงงาน มาเขียนกราฟ ได้ค่า Median ของการใช้น้ำเท่ากับ 2.10 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 2-1 และตารางที่ 2-2

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา พืชผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก มีมติเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2544 กำหนดเกณฑ์การใช้น้ำเท่ากับ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์

การคำนวณราคาค่าน้ำ

ราคาน้ำดิบ	=	3.5	บาท/ ลูกบาศก์เมตร
ราคาค่าปรับคุณภาพน้ำ(น้ำอ่อน)	=	5.0	บาท/ ลูกบาศก์เมตร
ความเข้มข้นของคลอรีนที่เติม	=	20	มิลลิกรัม / ลิตร
ราคาคลอรีน (65%)	=	33	บาท/กิโลกรัม
ค่าน้ำผสมคลอรีน	=	1	บาท/ลิตร

(ไม่รวมค่าสูบน้ำหรือค่าปรับสภาพน้ำ)

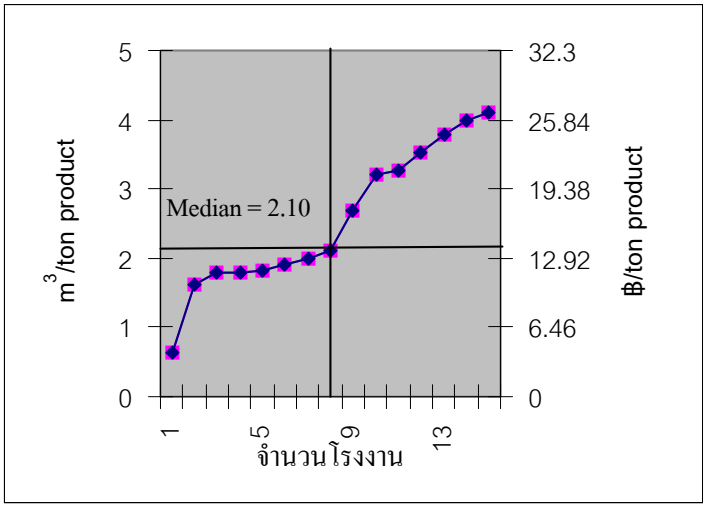
ตัวอย่างที่ 1 การคำนวณค่าใช้จ่ายน้ำใช้

โรงงานตัวอย่างมีอัตรากำลังผลิต สับปะรดกระป๋อง 170 ตัน/วัน (8 ชั่วโมง) สูบน้ำเพื่อนำไปใช้ 480 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยแยกเป็นน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด 154 ลูกบาศก์เมตร

ต่อวัน สำหรับน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง แยกเป็นน้ำดิบ 115 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และน้ำอ่อน 211 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยที่นำน้ำดิบไปผสมคลอรีนที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 30 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โรงงานมีอัตรากำลังผลิต 250 วัน/ปี

ตารางที่ 2-2 แสดงข้อมูลการใช้น้ำ

โรงงาน	การใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าน้ำ (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)
11	0.63	4.1
8	1.62	10.5
2	1.80	11.6
12	1.80	11.6
3	1.83	11.8
6	1.90	12.3
4	2.00	12.9
14	2.10	13.6
9	2.70	17.4
15	3.20	20.7
5	3.26	21.1
7	3.52	22.7
1	3.80	24.5
10	4.00	25.8
13	4.10	26.5
Minimum	0.63	4.1
Maximum	4.10	26.5
Median	2.10	13.6



รูปที่ 2-1 แสดงปริมาณการใช้น้ำ

สัดส่วนการใช้น้ำแต่ละประเภท	น้ำดิบ (ค่าสูบ)	:	น้ำอ่อน (ค่าสูบ+ค่าปรับคุณภาพ)	:	น้ำดิบผสมคลอรีน (ค่าสูบ+ค่าคลอรีน)
ปริมาณ(ลูกบาศก์เมตร/วัน)	85		160		30
ราคาค่าใช้จ่ายน้ำใช้ (บาท/ลูกบาศก์เมตร)	3.5		8.5		4.5

หมายเหตุ การใช้น้ำอ่อน คำนวณที่ปริมาณน้ำอ่อนทั้งหมด – น้ำอ่อนที่ใช้ผสมน้ำปรุงรส (Syrup) ปริมาณ 51 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

โรงงานที่ 13 ใช้น้ำสูงสุด	=	4.1	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์
เกณฑ์การใช้น้ำ	=	3	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์
หากโรงงานสามารถลดการใช้น้ำลงมาถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด			
โรงงานจะสามารถประหยัดการใช้น้ำได้	=	1.1	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์
โรงงานมีอัตรากำลังการผลิต	=	614	ตันต่อวัน
จำนวนวันทำการผลิต	=	180	วันต่อปี

กำหนดการคิดสัดส่วนน้ำใช้เท่ากับโรงงานตัวอย่างคือ น้ำดิบ (31%) : น้ำอ่อน (58%) : น้ำดิบผสมคลอรีน (11%)

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ - การใช้น้ำ

	การใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าน้ำ (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)	กำลังผลิต 614 ตัน (บาท/วัน)
โรงงานที่ 13	4.1	26.5	16,271
เกณฑ์การป้องกันมลพิษ	3.0	19.4	11,912
ประหยัดได้	1.1	7.1	4,359

สามารถประหยัดค่าน้ำใช้ได้	**= 4,359 × 180**	**=**	**784,620**	**บาทต่อปี**

2.2. การใช้ไฟฟ้า

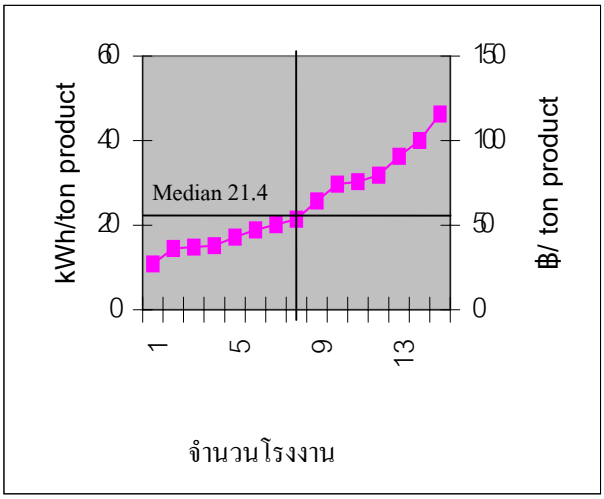
การใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของโรงงาน จะใช้ในการเดินเครื่องจักร เริ่มตั้งแต่เครื่องดั๊มผลสับปะรดลงจากรถ เครื่องคัดขนาด เครื่องปอกเปลือก/เจาะแกน เครื่องตัดแว่น เครื่องเติมน้ำปรุงรส (Syrup) เครื่องไล่อากาศ เครื่องผนึกฝา เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ พัดลมเป่ากระป๋องให้แห้ง ห้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ สายพานลำเลียงตลอดกระบวนการผลิต รวมทั้งหน่วยเสริมต่าง ๆ นอกจากไฟฟ้าที่ใช้ใน

กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องแล้ว ยังใช้ในส่วนผลิตน้ำสับปะรดและสำนักงานโรงงานด้วย ข้อมูลรวบรวมได้แสดงดังตารางที่ 2-1 ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้โดยตรง = ปริมาณพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ – ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ไม่เกี่ยวโดยตรงที่จัดแบ่งแล้ว

ตารางที่ 2-3 การใช้ไฟฟ้า

โรงงาน	การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง / ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าไฟฟ้า (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)
3	10.86	24.98
2	14.48	33.30
12	14.80	34.04
4	15.16	34.87
6	17.16	39.47
9	18.90	43.47
11	20.10	46.23
5	21.40	49.22
14	25.70	59.11
10	29.70	68.31
1	30.30	69.70
8	31.81	71.16
15	36.30	83.49
13	40.00	92.00
7	46.30	106.49
Minimum	10.80	24.98
Maximum	46.30	106.49
Median	21.40	49.22



รูปที่ 2-2 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้า

หลังจากนั้นนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าต่อตันผลิตภัณฑ์ มาเขียนกราฟ ได้ค่า Median ของการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 21.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์ แสดงดังใน รูปที่ 2-2 และตารางที่ 2-3

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา พืชผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกมีมติเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2544 กำหนดเกณฑ์การใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์

การคำนวณค่าใช้จ่ายการใช้ไฟฟ้า

คิดราคาไฟฟ้า = 2.33 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

$$\text{ต้นทุนค่าไฟฟ้า (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)} = \left(\frac{\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)}}{\text{(ตันผลิตภัณฑ์)}}\right)\left(\frac{\text{ราคาค่าไฟฟ้า (บาท)}}{\text{(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)}}\right)$$

ตัวอย่างที่ 2 การคำนวณการประหยัดค่าการใช้ไฟฟ้า

โรงงานที่ 7 ใช้ไฟฟ้าสูงสุด	=	46.3	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
เกณฑ์การใช้ไฟฟ้า	=	20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
หากโรงงานสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงมาถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด			
โรงงานสามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้า	=	26.3	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
ราคาค่าไฟฟ้า	=	2.33	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
โรงงานมีอัตรากำลังผลิต	=	100	ตัน/วัน
จำนวนวันทำการผลิต	=	260	วัน/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	$26.3 \times 2.33 \times 100 \times 260$	
	=	1,593,254	บาท/ปี

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ - การใช้ไฟฟ้า

	การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าไฟฟ้า (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)	กำลังผลิต 100 ตัน (บาท/วัน)
โรงงานที่ 7	46.3	106.5	10,650
เกณฑ์การป้องกันมลพิษ	20.0	46	4,600
ประหยัดได้	26.3	61.28	6,128

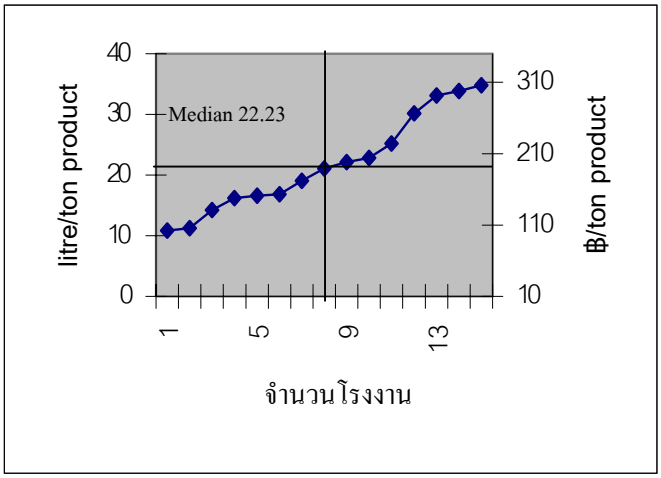
สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ = 6,128 × 260 = 1,600,000 บาทต่อปี

2.3. การใช้น้ำมันเตา

โรงงานใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ (Boiler) คุณภาพน้ำมันเตาที่ใช้โดยส่วนใหญ่จะใช้เกรด C มากกว่าเกรด A ไอน้ำหรือน้ำร้อนจะถูกนำไปใช้ในส่วนการล้างวัตถุดิบ ทำน้ำปรุงรส (Syrup) ไล่อากาศ ปิดฝาและการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ รวมถึงแผนกผลิตน้ำสับปะรด สำหรับการสูญเสียจะเกิดบริเวณการไล่อากาศและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (Pasteurization) เป็นจำนวนมาก เนื่องจากบางโรงงานไม่มีการหุ้มฉนวนทั้งท่อส่งไอน้ำและหน่วยผลิต ถ้าหากเป็นระบบเปิดจะเกิดการสูญเสียเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2-4 การใช้น้ำมันเตา

โรงงาน	การใช้น้ำมันเตา (ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนน้ำมันเตา (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)
6	12.00	102.0
15	12.40	105.4
11	15.40	130.9
9	17.40	147.9
4	17.80	151.3
12	18.00	153.0
1	20.20	171.7
5	22.23	189.0
14	23.30	198.0
10	24.00	204.0
2	26.40	224.4
8	31.36	226.6
3	34.28	291.4
13	35.02	297.7
7	36.00	306.0
Minimum	12.00	102.0
Maximum	36.00	306.0
Median	22.23	189.0



รูปที่ 2-3 แสดงปริมาณการใช้น้ำมัน

เมื่อนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ ได้ค่า Median ของการใช้น้ำมันเตาเท่ากับ 22.23 ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 2-3 และตารางที่ 2-4

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา พืชผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก มีมติเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2544 กำหนดเกณฑ์การใช้น้ำมันเตาเท่ากับ 22 ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์

การคำนวณค่าใช้จ่ายการใช้น้ำมันเตา

คิดราคาน้ำมันเตา = 8.50 บาท/ลิตร

$$\text{ต้นทุนค่าน้ำมันเตา (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)} = \left(\frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำมันเตา (ลิตร)}}{\text{(ตันผลิตภัณฑ์)}}\right)\left(\frac{\text{ราคาน้ำมันเตา (บาท)}}{\text{(ลิตร)}}\right)$$

ตัวอย่างที่ 3 การคำนวณการประหยัดค่าการใช้น้ำมันเตา

เกณฑ์การใช้น้ำมันเตา	=	22	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
โรงงานที่ 7 ใช้น้ำมันเตาสูงสุด	=	36	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
หากโรงงานสามารถลดการใช้น้ำมันเตาลงมาถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด			
โรงงานสามารถประหยัดการใช้น้ำมันเตา	=	14	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
ราคาค่าน้ำมันเตา	=	8.50	บาท/ลิตร
โรงงานมีอัตรากำลังผลิต	=	100	ตัน/วัน
จำนวนวันทำการผลิต	=	260	วัน/ปี

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ - การใช้น้ำมันเตา

	การใช้น้ำมันเตา (ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าน้ำมันเตา (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)	กำลังผลิต 100 ตัน (บาท/วัน)
โรงงานที่ 7	36	306	30,600
เกณฑ์การป้องกันมลพิษ	22	187	18,700
ประหยัดได้	14	119	11,900

สามารถประหยัดค่าน้ำมันเตาได้ = 11,900 × 260 = 3,094,000 บาทต่อปี

2.4 ภาระความสกปรกในน้ำเสีย

วัตถุประสงค์สำหรับการกำหนดภาระความสกปรกในน้ำเสียในรูป BOD (Biochemical Oxygen Demand) เพื่อต้องการให้โรงงานใช้ทรัพยากร คือ สับปะรดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยส่วนใหญ่ค่าความสกปรกมาจากน้ำสับปะรดที่เกิดจากการปอกเปลือก เจาะแกน ตัดแต่ง/ ตัดแว่น น้ำปรุงรส (syrup) ที่ใช้งานไม่ได้แล้ว และน้ำสับปะรดรั่วไหลจากรถบรรทุกเศษ/เปลือกสับปะรด ที่รอบรรจุให้เต็มรถก่อนนำไปจำหน่ายเป็นอาหารสัตว์ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้เก็บตัวอย่างน้ำสับปะรดดิบ วิเคราะห์ค่า BOD ได้เท่ากับ 27,040 มิลลิกรัม/ลิตร ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4.0 และเก็บตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดของแต่ละโรงงานมาวิเคราะห์ค่า BOD ตามตารางที่ 2-1 และจากการตรวจประเมินจะพบว่าค่า BOD สูงหรือต่ำไม่ขึ้นกับอัตรากำลังผลิตของโรงงาน แต่เกิดจากการบริหารจัดการการผลิตของแต่ละโรงงานที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะกล่าวต่อไปในบทที่ 3 เรื่องวิธีการป้องกันมลพิษ

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

คิดราคาค่าบำบัด = 5 บาท/กก. BOD
(รวมค่าไฟฟ้า สารเคมี การลงทุนสร้างระบบโดยกำหนดระบบบำบัดเป็นประเภท Stabilization Pond)

$$\text{ต้นทุนค่าบำบัด (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)} = \left(\frac{\text{ปริมาณ BOD Load (กิโลกรัม)}}{\text{(ตันผลิตภัณฑ์)}}\right)\left(\frac{\text{ราคาค่าบำบัด(บาท)}}{\text{(กิโลกรัม BOD Load)}}\right)$$

จากการนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ ได้ค่า Median ของ BOD Load เท่ากับ 3.80 กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์ แสดงดังรูปที่ 2-4 และตารางที่ 2-5

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก มีมติเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2544 กำหนดเกณฑ์ ภาระความสกปรกในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดเท่ากับ 5 กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์

ตัวอย่างที่ 4 การคำนวณการประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย

เกณฑ์ BOD Load ของน้ำเสีย	=	5	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์
โรงงานที่ 10 มีค่า BOD Load สูงสุด	=	16	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์

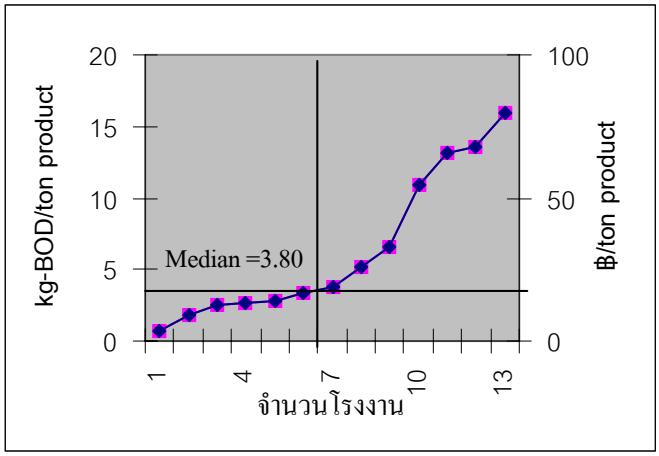
หากโรงงานสามารถเก็บรวบรวมน้ำสับปะรดที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต สามารถทำให้ค่า BOD Load ลดลงมาถึงค่าเกณฑ์ที่กำหนด

โรงงานสามารถลดค่า BOD Load ได้	=	11	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์
ราคาค่าบำบัด	=	5	บาท/กิโลกรัม BOD Load

โรงงานมีอัตรากำลังผลิต	=	300	ตัน/วัน
จำนวนวันทำการผลิต	=	210	วัน/ปี

ตารางที่ 2-5 ค่า BOD Load ในน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด

โรงงาน	ค่า BOD Load (กก./ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าบำบัด (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)
11	0.63	3.15
3	1.83	9.15
15	2.50	12.50
12	2.61	13.05
8	2.79	13.95
13	3.38	16.90
6	3.80	19.00
14	5.13	25.65
5	6.52	32.60
7	10.86	54.30
2	13.10	65.50
9	13.50	67.50
10	16.00	80.00
Minimum	0.63	3.15
Maximum	16.00	80.00
Median	3.80	19.00



รูปที่ 2-4 แสดงปริมาณ BOD ก่อนเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

ตัวอย่างที่ 5 การคำนวณการคืนกำไรจากการสูญเสียวัตถุดิบ

สมมติฐาน โรงงานมีกำลังการผลิต 300 ตัน/วัน ใช้ผลสับปะรดเป็นวัตถุดิบในการผลิต 1,200 ตัน/วัน พบการสูญเสียน้ำสับปะรดดิบที่บริสุทธิ์ ซึ่งเกิดจากขั้นตอนการตกแต่ง ตัดแว่น ปริมาณร้อยละ 2 ของวัตถุดิบ

ค่า BOD น้ำสับปะรดดิบ	=	27,040	มิลลิกรัม/ลิตร
ความหนาแน่นน้ำสับปะรดดิบ	=	1.1	กิโลกรัม/ลิตร
ปริมาณน้ำสับปะรดดิบ 24 ตัน/วัน คิดเป็น	=	21.8	ลูกบาศก์เมตร/วัน
คิดเป็น BOD Load	=	1.96	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์
กำหนดให้น้ำสับปะรดดิบมีค่าความหวาน	=	12	Brix
ต้องการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น	=	65	Brix
ต้องทำการระเหยน้ำสับปะรด 24 ตันให้เหลือ	=	4.43	ตัน
โรงงานทำการผลิต	=	210	วัน
ราคาขายน้ำสับปะรดเข้มข้น	=	20	บาท/กิโลกรัม
ราคาต้นทุน	=	15	บาท/กิโลกรัม

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ - การลดภาระความสกปรกในน้ำเสีย

	ภาระความสกปรก (กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์)	ต้นทุนค่าบำบัด (บาท/ตันผลิตภัณฑ์)	กำลังผลิต 300 ตัน (บาท/วัน)
โรงงานที่ 10	16	80	24,000
เกณฑ์การป้องกันมลพิษ	5	25	7,500
ประหยัดได้	11	55	16,500

สามารถเพิ่มกำไรได้ = (16,500 × 210) + (4,430 × 210 × 5) = 8,116,500 บาทต่อปี

บทที่ 3 วิธีการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรม พืช ผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึกสับปะรดกระป๋อง

วิธีการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option) เป็นทางเลือกสำหรับนำไปใช้ในการลดมลพิษ หรือลดการใช้ทรัพยากรเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์ป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Criteria) ดังนี้

1. ลดการใช้น้ำ
2. ลดการใช้ไฟฟ้า
3. ลดการใช้น้ำมันเตา
4. ลดการสูญเสียวัตถุดิบหรือลดภาระความสกปรกในน้ำเสีย ในรูปความต้องการออกซิเจน

แต่ละวิธีที่ได้กำหนดขึ้น มีความสำคัญไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาคัดเลือกทางที่ดีและเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติไปก่อน วิธีการป้องกันมลพิษหรือทางเลือกที่ดีที่สุด สามารถนำพาไปสู่เกณฑ์การป้องกันมลพิษได้มากที่สุด ทำให้เกิดผลตอบแทนสูงสุด ทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม ความปลอดภัย กฎหมาย ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและด้านการเงิน และมีความเหมาะสมกับเวลาดำเนินการ มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตน้อยหรือไม่มี ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุด จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมในหลายๆ ด้าน เพื่อทำให้สามารถเลือกวิธีการป้องกันมลพิษที่ดีที่สุด คือจะต้องวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านต่างๆ ดังนี้

1. ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิค
2. ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม
3. ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

3.1 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณน้ำใช้

1. ติดตั้งหัวฉีดน้ำแรงดันสูงที่ปลายท่อสายยาง
2. นำน้ำล้น (Overflow) หรือ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับมาใช้ใหม่
3. นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้ในระบบหม้อไอน้ำ
4. ติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำในขั้นตอนการผลิต
5. ล้างกระป๋องเปล่าแบบสวนกระแส
6. นำน้ำล้างกระป๋องเปล่าและน้ำหล่อเย็นไปล้างทำความสะอาดพื้น
7. ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำ

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงงานส่วนใหญ่ทำการสูบน้ำจากแหล่งธรรมชาติได้แก่ น้ำบาดาล และน้ำจากคลองชลประทาน บางโรงงานใช้น้ำประปา ไปใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งบางส่วนนำไปทำการปรับคุณภาพเป็นน้ำอ่อนก่อนนำไปใช้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแต่ละขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ใช้น้ำดิบ ล้างผลสับปะรด ล้างพื้น เครื่องจักร/อุปกรณ์ น้ำหล่อเย็น น้ำหล่อสายพาน ล้างมือ/เท้า ก่อนเข้าอาคารผลิต
2. ขั้นตอนที่ใช้น้ำอ่อนที่ผ่านการปรับคุณภาพ ล้างผลสับปะรดหลังการปอกเปลือก/เจาะแกน ตัดแต่ง/ตัดแว่น ล้างกระป๋อง ทำน้ำปรุงรส (Syrup) และใช้กับหม้อไอน้ำ

บางโรงงานอาจใช้น้ำดิบ หรือน้ำอ่อนผสมคลอรีนเพื่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ในบางขั้นตอนการผลิต น้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วยังมีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการผลิตอื่นได้ ดังนั้นโรงงานจะต้องหาวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ หรืออาจหาวิธีการจัดการที่เหมาะสมหรือการปฏิบัติที่ดีเพื่อประหยัดการใช้น้ำ ซึ่งถือว่าเป็นมาตรการป้องกันมลพิษ 7 วิธีตามที่กล่าวข้างต้น คือ

1. ติดตั้งหัวฉีดน้ำแรงดันสูงที่ปลายท่อสายยาง

โรงงานตัวอย่าง ใช้สายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร ความยาว 10 เมตร ล้างทำความสะอาดพื้น เครื่องจักร/อุปกรณ์ต่างๆ รวม 15 จุด ใช้น้ำปริมาณ 100 ลูกบาศก์เมตร/วัน เมื่อเปลี่ยนสายยางเป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร พร้อมติดตั้งหัวฉีดแรงดันสูงเพื่อเพิ่มแรงดัน ขณะล้างทำความสะอาดและสามารถกระจายน้ำได้ทั่วถึง สามารถลดการใช้น้ำลงเหลือ 80 ลูกบาศก์เมตร/วัน

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดปริมาณการใช้น้ำ 5,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
1. สายยางเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25 มม. ราคา 20 บาท/เมตร จำนวน 150 เมตร	3,000	บาท
2. หัวฉีดน้ำแรงดันสูง ราคา 320 บาท/หัว จำนวน 15 หัว	4,800	บาท
3. ติดตั้งโดยพนักงานโรงงาน	–	บาท
รวมเป็นเงินค่าใช้จ่าย	7,800	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ปกติโรงงานใช้น้ำทำความสะอาด	=	100	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ลดการใช้น้ำ	=	20	ลูกบาศก์เมตร/วัน
ต้นทุนค่าน้ำ	=	3.5	บาท/ลูกบาศก์เมตร
จำนวนเงินที่ประหยัด	=	17,500	บาท/ปี

$$\textbf{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (บาท)}}{\text{รายได้ (บาทต่อปี)}}$$

$$= 7{,}800 \div 17{,}500$$

$$= 5 \text{ เดือน}$$

2. นำน้ำล้น (Overflow) และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับมาใช้ใหม่

ในการล้างผลสับประรดของแต่ละโรงงานแตกต่างกันออกไป โดยอาจเป็นการใช้น้ำดิบ น้ำดิบผสมคลอรีน น้ำอ่อน น้ำอ่อนผสมคลอรีน น้ำมีอุณหภูมิ 50-60 ^{o}C ส่วนใหญ่จะทำการล้าง 2 ครั้ง คือล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน แล้วตามด้วยน้ำอ่อน หรือล้างด้วยน้ำดิบแล้วตามด้วยน้ำอ่อน หรือใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 ^{o}C เพียงอย่างเดียว

โรงงานตัวอย่าง ทำการล้างผลสับปะรด 2 ครั้ง โดยเมื่อเริ่มทำการผลิตจะใช้น้ำดิบ 25 ลูกบาศก์เมตร/วัน จากนั้นจะใช้น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) และน้ำล้น (Overflow) จากระบบฆ่าเชื้อและไล่อากาศปริมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร/วัน และน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากระบบทำน้ำสับปะรดเข้มข้น 56 ลูกบาศก์เมตร/วัน วิธีการนี้นอกจากจะประหยัดน้ำใช้แล้ว ยังมีผลให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงด้วย (สำหรับพลังงานจะกล่าวต่อไปในเรื่องของการลดการใช้น้ำมันเตา)

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดปริมาณการใช้น้ำ [(10 + 56) ×250วัน] 16,500 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
1. ถังปูนซิเมนต์เพื่อรวบรวมน้ำบริเวณล้างวัตถุดิบ ขนาด 1.5 x 2 x 3.5 เมตร	25,000	บาท
2. ท่อส่งน้ำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 120 เมตร	12,000	บาท

3. ปั้มน้ำรวมมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า 250 ลิตร/นาที จำนวน 3 ชุด	90,000	บาท
4. วาล์วน้ำเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว จำนวน 1 ชุด	2,000	บาท
5. ถังรวบรวมน้ำล้นและ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ จากระบบฆ่าเชื้อจุลินทรีย์และระบบทำน้ำสับปะรดเข้มข้น ขนาด 1.5 ลูกบาศก์เมตร	15,000	บาท
6. ค่าแรงงาน	8,100	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	152,100	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ปกติโรงงานใช้น้ำล้างผลสับปะรด = 91 ลูกบาศก์เมตร/วัน

โดยใช้น้ำหมุนเวียน = 66 ลูกบาศก์เมตร/วัน

<u>กรณีที่ 1</u> หากโรงงานเดิมใช้น้ำดิบแต่เพียงอย่างเดียว สามารถประหยัดได้

$$\text{น้ำดิบ} = \left(\frac{66 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{3.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

$$= 57{,}750 \text{ บาท/ปี}$$

<u>กรณีที่ 2</u> หากโรงงานเดิมใช้ น้ำดิบ : น้ำอ่อน (1:1) สามารถประหยัดได้

$$\text{น้ำดิบ} = \left(\frac{33 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{3.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

$$\text{น้ำอ่อน} = \left(\frac{33 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

ประหยัดได้รวม = 28,875 + 70,125

= 99,000 บาท/ปี

<u>กรณีที่ 3</u> หากโรงงานเดิมใช้ น้ำดิบผสมคลอรีน (20 มิลลิกรัมต่อลิตร) : น้ำอ่อน (1:5) สามารถประหยัดได้

$$\text{น้ำดิบ} = \left(\frac{11 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{4.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

$$\text{น้ำอ่อน} = \left(\frac{55 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

ประหยัดได้รวม = 12,375 + 116,875 = 129,250 บาท/ปี

<u>กรณีที่ 4</u> หากโรงงานเดิมใช้ น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C เพียงอย่างเดียวในการทำความสะอาด สามารถประหยัดได้

$$\text{น้ำอ่อน} = \left(\frac{66 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

= 140,250 บาท/ปี

ค่าน้ำมันเตาที่สามารถประหยัดได้ = 348,500 บาท/ปี
(การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อ 3.1)

รวมค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ = 488,750 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน

ประเภทน้ำใช้/กรณี	การคำนวณ	ระยะเวลาคืนทุน
1. น้ำดิบ	152,100 ÷ 57,750	2 .6 ปี
2. น้ำดิบ:น้ำอ่อน (1:1)	152,100 ÷ 99,000	1.5 ปี
3. น้ำดิบผสมคลอรีน(20 มิลลิกรัมต่อลิตร) : น้ำอ่อน (1:5)	152,100 ÷ 129,250	1.2 ปี
4. น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 ^{o}C	152,100 ÷ 488,750	3.7 เดือน

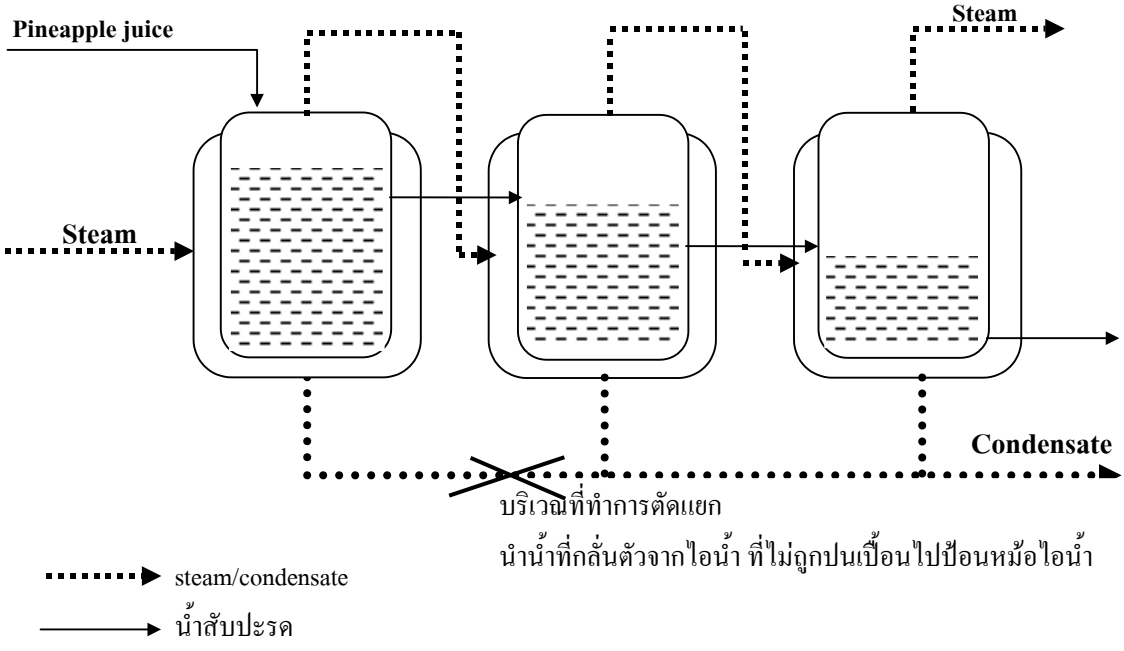
3. นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้ในระบบหม้อไอน้ำ

ระบบการไล่อากาศ และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของโรงงาน โดยทั่วไปจะใช้ไอน้ำโดยตรง (direct steam) หากโรงงานทำการล้างกระป๋องหลังปิดฝาไม่สะอาด จะเกิดการปนเปื้อนของน้ำปรุงรส (Syrup) ลงในน้ำล้น (Overflow) และน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ทำให้ไม่สามารถนำน้ำส่วนนี้ไปใช้งานในหม้อไอน้ำได้ สำหรับระบบทำน้ำสับปะ รดเข้มข้น น้ำสับปะรดจะได้รับความร้อนเบื้องต้น (preheat) ที่อุณหภูมิ 75°C - 95°C โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำที่มาจากหม้อไอน้ำในระบบสูญญากาศ ก่อนที่จะนำไประเหยไล่น้ำบางส่วนออก การระเหยแบบ 3 ขั้นตอน (Three Stages) มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ไอน้ำจะถูกป้อนเข้าไประเหยน้ำสับปะรดที่อยู่ในถังแรก ขั้นตอนนี้น้ำจะถูกระเหยออกประมาณ 1/ 2 เท่า แล้วผ่านน้ำสับปะรดเข้าไปยังถังที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ใช้ไอน้ำที่ได้จากการระเหยน้ำสับปะรดจากถังแรก ไประเหยน้ำสับปะรดในถังที่ 2 ทำการระเหยน้ำออก 1/2 เท่า แล้วผ่านน้ำสับปะรดเข้มข้นเข้าไปถังที่ 3

ขั้นตอนที่ 3 ใช้ไอน้ำที่ได้จากการระเหยน้ำสับปะรดจากถังที่ 2 ไประเหยน้ำสับปะรดในถังที่ 3 ทำการระเหยน้ำออกอีกประมาณ 1/2 เท่า ถึงขั้นนี้แล้วปริมาณความหวานของน้ำสับปะรดจะได้ประมาณ 60-65 Brix



รูปที่ 3-1 แสดงระบบการระเหยน้ำสับปะรดเข้มข้นแบบ 3 ขั้นตอน

ซึ่งจะเห็นได้ว่า สามารถตัดเอาเฉพาะ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่ออกมาจากถังแรก ซึ่งยังไม่เกิดการปนเปื้อน แล้วนำกลับไปใช้กับหม้อไอน้ำ

โรงงานตัวอย่าง ได้ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่ออกมาจากถังแรก ซึ่งไม่เกิดการปนเปื้อนปริมาณ 3,000 ลิตร/ชั่วโมง ซึ่งน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ส่วนนี้มีอุณหภูมิประมาณ 90°C สามารถนำกลับไปใช้กับหม้อไอน้ำได้ทันที เป็นการประหยัดทั้งน้ำอ่อนและพลังงานเชื้อเพลิง (จะได้กล่าวต่อไป ในเรื่องการลดการใช้น้ำมันเตา)

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดปริมาณการใช้น้ำอ่อน 6,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
1. ถังพักน้ำก่อนเข้าหม้อไอน้ำขนาด 2.5 ลูกบาศก์เมตร	150,000	บาท
2. ท่อส่งน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากเครื่องระเหยไปยังถังพักขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร ราคา 7,600 บาท ระยะทางรวม 80 เมตร	101,333	บาท
3. ค่าหุ้มฉนวน (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ราคา 133 บาท/เมตร)	10,640	บาท
4. ระบบควบคุมระดับน้ำจำนวน 1 ชุด	18,000	บาท
5. ปั๊มน้ำ 250 ลิตร/นาที	30,000	บาท
6. ค่าแรงงาน	39,300	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	349,273	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ปริมาณน้ำอ่อนที่ประหยัดได้ = 24 ลูกบาศก์เมตร/วัน

ต้นทุนค่าน้ำ = 8.5 บาท/ลูกบาศก์เมตร

$$\text{โรงงานสามารถประหยัดได้} = \left(\frac{24 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

$$= 51{,}000 \text{ บาท/ปี}$$

รวมทั้งประหยัดค่าใช้จ่ายน้ำมันเตา = 44,590 ลิตรต่อปี × 8.5 บาท

(การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 3.2) = 379,015 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน	=	349,273 ÷ (51,000 + 379,015)	
	=	9.7	เดือน

4. ติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำในขั้นตอนการผลิต

การล้างวัตถุดิบในขั้นตอนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการล้างสับปะรดเริ่มแรก หลังปอกเปลือก/เจาะแกน ตัดแต่ง/ตัดแว่น ล้างกระป๋องหลังการปิดฝา จะล้างด้วยหัวฉีดติด Nozzle บนสายพานลำเลียง (Conveyor) ทั้งสิ้น และหากไม่มีวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ผ่าน น้ำจะถูกปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ สามารถแก้ไขได้โดยติดตั้งระบบควบคุมการไหลอัตโนมัติ ซึ่งจะส่งสัญญาณไปปิดน้ำ เมื่อไม่มีวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ผ่านสายพานลำเลียงน้ำจะหยุดไหลทันที

โรงงานตัวอย่างใช้น้ำล้าง วัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ ดังนี้

น้ำดิบ (25) + น้ำ ล้นจากเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (10) +
น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำจากเครื่องระเหย (56) สำหรับ

ล้างวัตถุดิบ	=	91	ลูกบาศก์เมตร/วัน
น้ำอ่อนล้างหลังปอกเปลือก/เจาะแกน	=	20	ลูกบาศก์เมตร/วัน
น้ำอ่อนล้างหลังตัดแต่ง/ตัดแว่น	=	35	ลูกบาศก์เมตร/วัน
น้ำอ่อนล้างกระป๋องสับปะรดหลังการปิดฝา	=	30	ลูกบาศก์เมตร/วัน
รวม	=	176	ลูกบาศก์เมตร/วัน

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

ลดปริมาณน้ำใช้ (คิดที่ 25%)	=	11,000	ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
ระบบควบคุมการไหลของน้ำอัตโนมัติ 5 ชุดๆ ละ (ติดตั้งบริเวณล้างวัตถุดิบ 2 ชุด)	18,000	บาท
รวมเป็นเงินค่าใช้จ่าย	90,000	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ปริมาณการใช้น้ำ ณ จุดต่างๆ ในขั้นตอนการผลิต	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ บาท/ปี (ต้นทุนค่าน้ำ × ปริมาณ ×จำนวนวันผลิต)				
	5%	10%	15%	20%	25%
1. ล้างวัตถุดิบ					
- น้ำดิบ	3,981	7,963	11,944	15,925	19,906
- น้ำดิบ : น้ำอ่อน (1:1)	6,825	13,650	20,475	27,300	34,125
- น้ำดิบผสมคลอรีน(20มก./ลิตร) : น้ำอ่อน (1:5)	8,910	17,820	26,730	35,641	44,551
- น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C	33,693	67,386	101,078	134,771	168,464
ปริมาณน้ำ 91 ลูกบาศก์เมตร/วัน					
2. ล้างผลสับปะรดหลังปอกเปลือก/เจาะแกน					
ปริมาณน้ำอ่อน 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน	2,125	4,250	6,375	8,500	10,625
3. ล้างผลสับปะรดหลัง ตัดแต่ง/ตัดแว่น					
ปริมาณน้ำอ่อน 35 ลูกบาศก์เมตร/วัน	3,719	7,438	11,156	14,875	18,594
4. ล้างกระป๋องสับปะรดหลังปิดฝา					
ปริมาณน้ำอ่อน 30 ลูกบาศก์เมตร/วัน	3,188	6,375	9,563	12,750	15,938

หมายเหตุ ราคาน้ำดิบ (ค่าสูบน้ำ) เท่ากับ 3.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ราคาน้ำอ่อน (ค่าสูบน้ำ + ค่าปรับคุณภาพ) เท่ากับ 8.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ราคาน้ำดิบผสมคลอรีน (ค่าสูบน้ำ + ค่าคลอรีน) เท่ากับ 4.5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

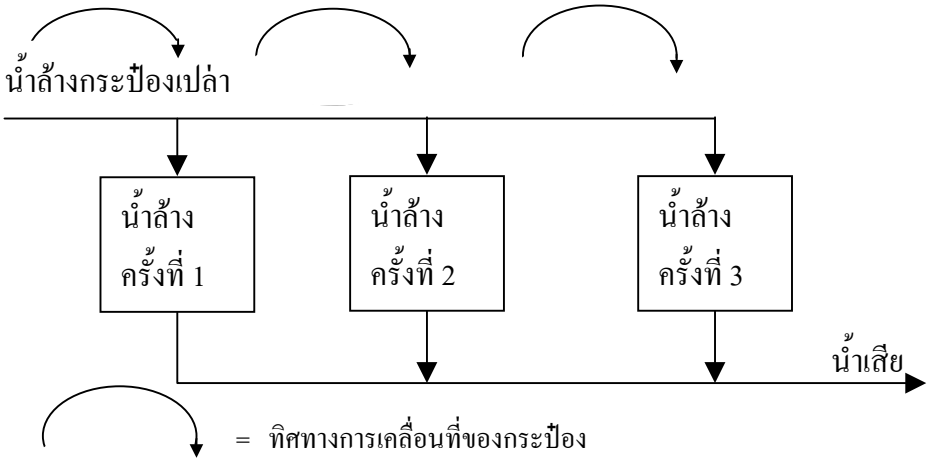
ราคาน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50°C (ค่าสูบน้ำ + ค่าปรับคุณภาพ +น้ำมันเตา) เท่ากับ 29.62 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ระยะเวลาคืนทุน

ปริมาณการใช้น้ำ ณ จุดต่างๆ ในขั้นตอนการผลิต	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)				
	5%	10%	15%	20%	25%
1.ล้างผลสับปะรด					
- น้ำดิบ	9.0	4.5	3.0	2.3	1.8
- น้ำดิบ : น้ำอ่อน (1:1)	5.3	2.6	1.8	1.3	1.0
- น้ำดิบผสมคลอรีน(20มก./ลิตร): น้ำอ่อน (1:5)	4.0	2.0	1.3	1.0	10 เดือน
- น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 °C	1.1	6 เดือน	4 เดือน	3 เดือน	2 เดือน
2.ล้างหลังปอกเปลือก/เจาะแกน	8.5	4.2	2.8	2.1	1.7
3.ล้างหลัง ตัดแต่ง/ตัดแว่น	4.8	2.4	1.6	1.2	1.0
4.ล้างกระป๋องสับปะรดหลังปิดฝา	5.6	2.8	1.9	1.4	1.1

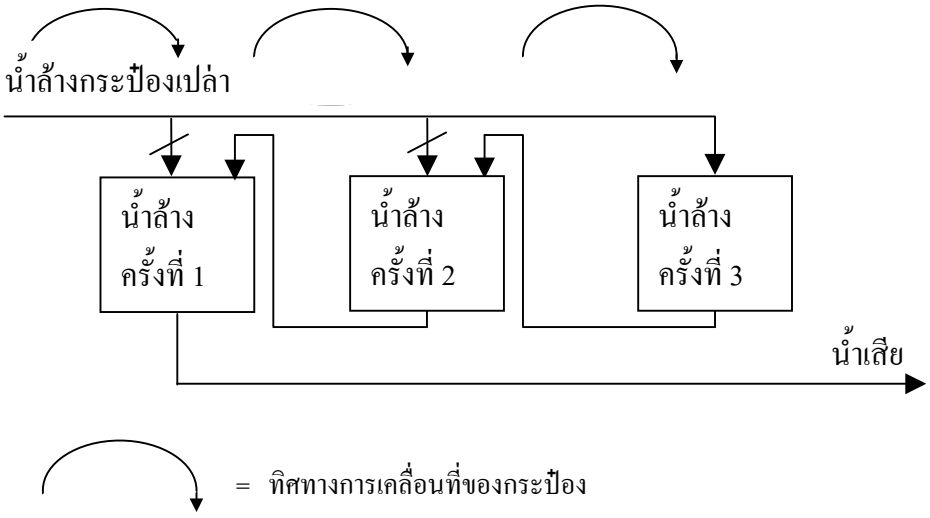
5. ล้างกระป๋องเปล่าแบบสวนกระแส (Counter current)

ในการล้างกระป๋องเปล่าของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน โรงงานขนาดใหญ่จะมีวิธีการล้างคือ นำกระป๋องเปล่าผ่านสายพานลำเลียง แล้วฉีดน้ำล้างโดยใช้หัวฉีดติด nozzle ซึ่งสามารถประหยัดการใช้น้ำอยู่แล้ว แต่สำหรับโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก จะใช้วิธีจุ่มล้าง 3 บ่อๆ ละ 1 ครั้ง แต่ละบ่อจะปล่อยน้ำทิ้งเมื่อครบจำนวนครั้งที่กำหนด เป็นการล้างแบบตามกระแส (flow current) คือ



รูปที่ 3-2 การล้างแบบตามกระแส (flow current) การไหลของน้ำ

หากเปลี่ยนมาใช้ระบบสวนกระแส (counter current) จะเป็นการประหยัดกว่า กล่าวคือน้ำล้างสุดท้ายที่ยังสะอาดอยู่ ให้นำมาใช้ล้างกระป๋องเปล่าครั้งที่สอง และน้ำที่สกปรกไม่มากในถังที่สอง ให้นำมาใช้ล้างกระป๋องในถังใบที่ 1



รูปที่ 3-3 การล้างแบบสวนกระแส (counter current) การไหลของน้ำ

โรงงานตัวอย่าง ใช้น้ำอ่อนในการล้างกระป๋องเปล่า โดยผ่านสายพานลำเลียง ติดตั้งหัวฉีด Nozzle น้ำใช้ ปริมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน และสมมุติฐานว่าโรงงานขนาดกลาง/ขนาดเล็กใช้น้ำล้างในขั้นตอนนี้ ปริมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน เช่นกัน และหากทำการล้างแบบสวนกระแสการไหลของน้ำ จะสามารถประหยัดน้ำใช้ได้ 20 × 66.7% เท่ากับ 13.3 ลูกบาศก์เมตร/วัน

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดปริมาณการใช้น้ำ 3,325 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม่มี

$$\textbf{จำนวนเงินที่ประหยัดได้} = \left(\frac{3{,}325 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{ปี}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)$$

$$= 28{,}263 \text{ บาท/ปี}$$

หมายเหตุ บางโรงงานอาจใช้น้ำร้อน หรือน้ำดิบผสมคลอรีนในการล้าง ซึ่งต้องคิดการประหยัดค่าใช้จ่ายรวมค่าน้ำมันเตาหรือค่าคลอรีนด้วย

6. นำน้ำล้างกระป๋องเปล่าและน้ำหล่อเย็นไปล้างทำความสะอาดพื้น

น้ำล้างกระป๋องเปล่าและน้ำหล่อเย็น มีคุณภาพดีเพียงพอที่จะนำไปทำความสะอาดพื้นโรงงานได้ โดยสร้างถังเก็บรวบรวมน้ำเพื่อนำไปใช้

โรงงานตัวอย่างทำความสะอาดพื้นโรงงานโดยใช้น้ำล้างกระป๋องเปล่าปริมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน และน้ำหล่อเย็นปริมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร/วัน ดังนั้นสามารถประหยัดน้ำล้างพื้นได้ 40 ลูกบาศก์เมตร/วัน

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดปริมาณการใช้น้ำดิบ 10,000 ลูกบาศก์เมตร/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
1. ถังปูนซิเมนต์ขนาด 25 ลูกบาศก์เมตร	55,000	บาท
2. ท่อส่งน้ำ	5,000	บาท

3. ค่าแรงงาน		9,000	บาท
รวมค่าใช้จ่าย		69,000	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = $\left(\frac{10{,}000 \text{ ลูกบาศก์เมตร}}{\text{ปี}}\right)\left(\frac{3.5 \text{ บาท}}{\text{ลูกบาศก์เมตร}}\right)$

= 35,000 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = 69,000 ÷ 35,000

= 2 ปี

7. ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำ

โรงงานโดยส่วนใหญ่ ไม่ได้ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าการใช้น้ำในขั้นตอนใดมากหรือน้อย หรือมีการรั่วไหล หากทราบปริมาณน้ำใช้ จะสามารถนำมาวางแผนประหยัดการใช้น้ำให้เหมาะสมในแต่ละขั้นตอนการผลิตได้ โดยราคาค่ามิเตอร์วัดน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว 1 ชุด เป็นจำนวนเงิน 12,000 บาท

3.2 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้ไฟฟ้า

1. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง
2. ควบคุมการบริหารกำลังไฟฟ้า

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงงานโดยส่วนใหญ่ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากการลำเลียงวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ ไม่เต็มสายการผลิต บางครั้งจะเดินเครื่องตัวเปล่า อาจเป็นเพราะอยู่ในช่วงนอกฤดูการผลิตที่มีปริมาณการป้อนวัตถุดิบลดลง หรือการวางแผนการผลิตไม่ดีพอ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้ ดังนี้

1. ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง

โรงงานตัวอย่างทำการผลิต 10 เดือน (250 วัน/ปี) เนื่องจากหยุดการผลิต นอกฤดูการผลิต เป็นเวลา 2 เดือน มีอัตรากำลังการผลิต 170 ตัน/วัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 5,410 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน หากได้ทำการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง เพื่อหยุดสายพานขณะไม่มีวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ผ่าน จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงได้มาก ดังนี้

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	ปริมาณกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี	ปริมาณสารมลพิษที่ลดลง				
		ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ปี)		ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง(กิโลกรัม/ปี)		
		SO_2	N_2	CO_2	SO_2	NO_2
1 %	13,525	13	30	3,110	43	2.70
3 %	40,575	40	91	9,332	129	8.11
5 %	67,625	66	152	15,554	216	13.52
10 %	135,250	133	303	31,108	433	27.05
20 %	270,500	265	607	62,215	866	54.10

หมายเหตุ ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (Key emission factor)

1. กรณี การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง : SO_2 = 0.981 กรัม/กิโลวัตต์- ชั่วโมง

N_2 = 2.243 กรัม/กิโลวัตต์- ชั่วโมง

2. กรณี การใช้น้ำมันเตาเกรด C ปริมาณกำมะถัน 2% เป็นเชื้อเพลิง :

CO_2 = 266 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

SO_2 = 3.2 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

NO_2 = 0.18 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

(การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 3.1 เรื่องการคำนวณปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันเตา)

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

ระบบควบคุมการไหลของสายพานลำเลียง ในขั้นตอนการล้างวัตถุดิบ คัดขนาด ปอกเปลือก/ เจาะแกน ตัดแต่ง/ตัดแว่น ปิดฝา ไล่อากาศ ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จำนวน 7 ชุดๆละ 18,000 บาท รวมเป็นเงิน 126,000 บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ บาท/ปี	ระยะเวลาคืนทุน
1 %	13,525	31,513	4.0 ปี
3 %	40,575	94,540	1.3 ปี
5 %	67,625	157,566	9.6 เดือน
10 %	135,250	315,132	4.8 เดือน
20 %	270,500	630,265	2.4 เดือน

หมายเหตุ คิดราคาค่าไฟฟ้า = 2.33 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

2. ควบคุมบริหารกำลังไฟฟ้า

การควบคุมบริหารกำลังไฟฟ้า ไม่ใช่เป็นวิธีการทางด้านเทคนิค แต่เป็นการปฏิบัติที่ดี อันได้แก่ การเข้มงวดเรื่องการปิดดวงไฟที่ไม่ใช้ การปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ การป้องกันการหมุนตัวเปล่าของเครื่องจักร การปรับปรุงประสิทธิภาพ เครื่องจักร/อุปกรณ์ การปรับปรุงโหลดแฟกเตอร์ การปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งสามารถลดปริมาณไฟฟ้าได้ 5 – 10 % (เทคนิคการประหยัดพลังงานภาคไฟฟ้า, โมะโตะกิ มัทซิโอะ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี ไทย-ญี่ปุ่น)

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

เปอร์เซ็นต์การใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	ปริมาณ กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี	ปริมาณสารมลพิษที่ลดลง				
		ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (กิโลกรัม/ปี)		ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง(กิโลกรัม/ปี)		
		SO_2	N_2	CO_2	SO_2	NO_2
5 %	67,625	66.34	152	15,554	216	13.52

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

ลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้า 157,566 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม่มี

3.3 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้น้ำมันเตา

1. นำน้ำล้น (Overflow) และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ไปล้างวัตถุดิบ
2. นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้กับหม้อไอน้ำ
3. หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงงานส่วนใหญ่ ใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำไปใช้ในขั้นตอนการไล่อากาศ ปิดฝากระป๋อง ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ระเหยน้ำสับปะรดเข้มข้นหรือบางโรงงานใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50-60°C ในการล้างวัตถุดิบ ส่วนการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง มักเกิดขึ้นเนื่องจากบางโรงงานมีระบบการไล่อากาศและฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นระบบเปิด ไม่มีการหุ้มฉนวนที่ระบบท่อส่งไอน้ำ ไม่มีการนำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้ประโยชน์ ซึ่งโรงงานสามารถลดการสิ้นเปลืองพลังงานได้โดยวิธีต่างๆ ดังนี้

1. นำน้ำล้น (Overflow) และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ไปล้างวัตถุดิบ

โรงงานตัวอย่างมีน้ำล้น (Overflow) และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณ 10 ลูกบาศก์เมตร/วัน และน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากการระเหยน้ำสับปะรดในกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ปริมาณ 56 ลูกบาศก์เมตร/วัน ซึ่งสามารถนำไปทำการล้างผลสับปะรดในขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตได้

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

1. ลดการใช้ น้ำมันเตา	=	41,000	ลิตร/ปี
(การคำนวณแสดงดังภาคผนวก ก หัวข้อที่ 3.1)			
2. ลดปริมาณสารมลพิษ			
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	=	41,000 × 2.5	
	=	102,500	กิโลกรัม/ปี
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	=	41,000 × 0.035	
	=	1,435	กิโลกรัม/ปี
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	=	41,000 × 0.0019	
	=	78	กิโลกรัม/ปี

- **ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน		152,100	บาท
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	488,750	บาท/ปี

(การคำนวณได้กล่าวในเรื่อง เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดปริมาณน้ำใช้ หัวข้อที่ 2 กรณีที่ 4)

ระยะเวลาคืนทุน	=	152,100 ÷488,750	
	=	3.7	เดือน

2. นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้ในหม้อไอน้ำ

โรงงานตัวอย่างได้ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่ออกจากหน่วยแรกของการระเหยน้ำสับปะรดเพื่อทำน้ำสับปะรดเข้มข้น ซึ่งในส่วนนี้ยังไม่เกิดการปนเปื้อนไอระเหยของน้ำสับปะรดเข้มข้น มีปริมาณ 3,000 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 24 ลูกบาศก์เมตร/วัน ที่อุณหภูมิ 90°C สามารถนำไปป้อนหม้อไอน้ำได้ (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 3.2)

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

1. ลดการใช้น้ำมันเตา	=	44,590	ลิตร/ปี
2. ลดปริมาณสารมลพิษ			
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	=	111,475	กิโลกรัม/ปี
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	=	1,560	กิโลกรัม/ปี
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	=	85	กิโลกรัม/ปี

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**

(การคำนวณได้กล่าวในเรื่อง เกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับ การลดปริมาณน้ำใช้)

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	=	349,273	บาท
จำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	44,590 × 8.5	
	=	379,015	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	349,273 ÷379,015	
	=	11	เดือน

3. หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

โรงงานตัวอย่าง ใช้หม้อไอน้ำขนาด 6 ตัน/ชั่วโมง ผลิตไอน้ำที่ความดัน 8 บาร์ เพื่อใช้ในกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการไล่อากาศ ปิดฝาฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และทำน้ำปรุงรส โดยใช้ท่อส่งไอน้ำที่มีขนาดและความยาวแตกต่างกัน หากโรงงานไม่ทำการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ จะเกิดการสูญเสียความร้อน 389.91 เมกกะจูล/ชั่วโมง (หรือเท่ากับ 458.72 เมกกะจูล/ชั่วโมง คิดที่ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 85%) แต่ถ้าหุ้มฉนวน (ชนิดใยแก้วบุฟอล์ย) สามารถประหยัดพลังงานได้ 361.58 เมกกะจูล/ชั่วโมง (หรือเท่า

กับ 425.39 เมกกะจูล/ชั่วโมง คิดที่ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ 85%) การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อ 3.3

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

1.	ลดการใช้น้ำมันเตา	=	24,067	ลิตร/ปี
2.	ลดปริมาณสารมลพิษ			
	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	=	60,166	กิโลกรัม/ปี
	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)	=	842	กิโลกรัม/ปี
	ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)	=	46	กิโลกรัม/ปี

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**
1. ฉนวนหุ้มท่อส่งไอน้ำ	
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ยาว 123 เมตร	66,420 บาท
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ยาว 20 เมตร	7,600 บาท
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 มิลลิเมตร ยาว 11 เมตร	3,520 บาท
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ยาว 64 เมตร	8,512 บาท
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40 มิลลิเมตร ยาว 29 เมตร	3,190 บาท
• ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตร ยาว 18 เมตร	1,440 บาท
2. ค่าแรงงาน	13,600 บาท
รวมเป็นเงิน	104,280 บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = $\left(\frac{24{,}067 \text{ ลิตร}}{\text{ปี}}\right)\left(\frac{8.5 \text{ บาท}}{\text{ลิตร}}\right)$

= 204,570 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = 104,280 ÷ 204,570

= 6 เดือน

3.4 วิธีการป้องกันมลพิษ : สำหรับเกณฑ์การป้องกันมลพิษที่เกี่ยวข้องกับการลดภาระความสกปรกในน้ำเสีย

1. การนำเศษและน้ำสับปะรดที่เกิดจากการตัดแต่ง/ตัดแว่น ไปทำน้ำสับปะรด
2. การนำเปลือกสับปะรดไปทำน้ำตาล
3. การติดตั้งเครื่องกรองเศษสับปะรด
4. เก็บกวาดเศษสับปะรดตามพื้นโรงงาน

ข้อมูลพื้นฐาน

ภาระความสกปรกของน้ำเสีย ในอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ส่วนใหญ่ เกิดจากการสูญเสียวัตถุดิบ (น้ำสับปะรด) ในขั้นตอนการปอกเปลือก/เจาะแกน และการตัดแต่ง ตัดแว่นที่หลายโรงงานจะทิ้งน้ำสับปะรดส่วนใหญ่ไป นอกจากนี้ ความสกปรกยังเกิดจากการชะล้างน้ำของเศษ/เปลือกสับปะรด ที่หกหล่นตามพื้นตลอดเวลา ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มาใช้แก้ไขปัญหา ด้วยการใช้วิธีการป้องกันมลพิษที่สำคัญ 4 วิธี คือ

1. การนำเศษและน้ำสับปะรดที่เกิดจากการ ตัดแต่ง/ตัดแว่น ไปทำน้ำสับปะรด

ปกติโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง จะมีหน่วยผลิตน้ำสับปะรดหรือน้ำสับปะรดเข้มข้นรวมอยู่ด้วย โดยนำเนื้อสับปะรดติดเปลือก เศษเนื้อสับปะรดที่เกิดจากการตัดแต่ง/ตัดแว่นไปเป็นวัตถุดิบในการผลิต หากต้องการรวบรวมน้ำสับปะรดที่เกิดขึ้นไปทำการผลิตด้วย ทางโรงงานต้องทำการติดตั้งแผ่นสแตนเลส เพื่อรวบรวมน้ำสับปะรด โดยติดคู่ขนานกับสายพานลำเลียงแล้วต่อท่อไปอาคารผลิตน้ำสับปะรด

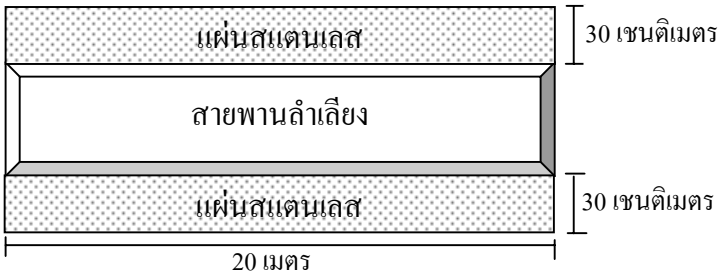
โรงงานตัวอย่าง มีอัตรากำลังผลิตสับปะรดกระป๋อง 170 ตัน/วัน จากการใช้วัตถุดิบปริมาณ 570 ตัน/วัน มีน้ำสับปะรดที่เกิดจากการ ตัดแต่ง/ตัดแว่น เกิดขึ้น 1.78 % ของวัตถุดิบ และเศษสับปะรดที่เกิดขึ้น 1 % ของวัตถุดิบ ซึ่งน้ำสับปะรดและเศษสับปะรดนี้สามารถรวบรวมไปทำน้ำสับปะรดเข้มข้น

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดความสกปรกในรูป BOD = 95,655 กิโลกรัม/ปี

  (การคำนวณแสดงในภาคผนวก ก หัวข้อที่ 4.1)

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**



รูปที่ 3-4 การติดตั้งถาดแผ่นสแตนเลสเพื่อรวบรวมน้ำสับปะรด

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

	รายการ	**จำนวนเงิน**	
1.	แผ่นสแตนเลส หนา 1.2 มิลลิเมตร ขนาด 4 × 8 ฟุต ราคา 750 บาท สายพานลำเลียง 5 ชุด	15,625	บาท
2.	ท่อสแตนเลสรวบรวมน้ำสับปะรด ส่งไปอาคารผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2 นิ้ว หนา 1.5 มิลลิเมตร ยาว 6 เมตร ราคา 7,600 บาท ความยาวท่อ 80 เมตร	101,333	บาท
3.	ค่าแรงงาน	17,000	บาท
รวมเป็นเงินค่าใช้จ่าย		133,958	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

1.	ราคาค่าบำบัดน้ำเสีย 1 กิโลกรัม BOD	=	5	บาท
	ประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย (95,654 × 5)	=	478,270	บาท/ปี
2.	เพิ่มกำไรจากการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น			
	กำหนดให้น้ำสับปะรดดิบมีความหวานที่	=	12	Brix
	ต้องการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น	=	65	Brix
	น้ำสับปะรดดิบที่รวบรวมได้	=	14.15	ตัน/วัน
	สามารถผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นได้	=	14.15 × (12 ÷65)	
		=	2.61	ตัน/วัน
	ราคาต้นทุน(ภาคผนวก ก หัวข้อ 4.2)	=	15	บาท/กิโลกรัม
	ราคาขาย	=	20	บาท/กิโลกรัม
	คิดเป็นกำไรที่เพิ่ม	=	2.61×250 × 1000 × 5	
		=	3,262,500	บาท/ปี
รวมเป็นเงินทั้งหมด		=	3,740,770	บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน $= \frac{133,958}{3,740,770}$

= 13 วัน

2. การนำเปลือกสับปะรดไปทำน้ำตาล

โรงงานสามารถผลิตน้ำตาลจากเปลือกสับปะรด เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำน้ำปรุงรส (Syrup) ของสับปะรดกระป๋อง แต่ยังมีเป็นส่วนน้อย เพราะต้องใช้เงินในการลงทุนค่อนข้างมาก สำหรับวิธีการป้องกันมลพิษทั้งหมดที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมนำเสนอ เป็นมาตรการทางเลือกต่างๆ ที่ให้โรงงานนำไปเลือกปฏิบัติ เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์การป้องกันมลพิษที่กำหนด ซึ่งวิธีการนำเปลือกสับปะรดไปทำน้ำตาล นอกจากจะเป็นมาตรการลดภาระความสกปรกของน้ำเสียแล้ว ยังเป็นทางเลือกหนึ่ง สำหรับพิจารณาการนำของเสียไปเพิ่มมูลค่าอีกด้วย เปลือกสับปะรดส่วนนี้จะเพิ่มภาระความสกปรกของน้ำเสีย เพราะในขั้นตอนสับหรือบดละเอียด เพื่อบรรจุลงรถบรรทุก รอการขนส่งไปขายเป็นอาหารสัตว์ ขณะที่รอการขนส่งจะมีน้ำสับปะรดรั่วไหลตลอดเวลา วิธีการป้องกันมลพิษด้วยวิธี นี้ต้องใช้เงินลงทุน ซึ่งขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของโรงงานเอง

โรงงานตัวอย่าง พบว่ามีเปลือกสับปะรดที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องปริมาณ 28.5% ของวัตถุดิบ (570 ตัน/วัน) โรงงานนำไปผลิตน้ำตาลทราย ได้ปริมาณ 3,192 กิโลกรัม/วัน

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

  ลดภาระความสกปรกของน้ำเสียในรูป BOD = 17,625 กิโลกรัม/ปี
  (การคำนวณตามภาคผนวก ก หัวข้อ 4.3)

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**

  ค่าใช้จ่ายในการลงทุน = 30.5 ล้านบาท
  เพิ่มกำไร = 26.42 ล้านบาท/ปี

  ระยะเวลาคืนทุน = 3.6 ปี
  (การคำนวณตามภาคผนวก ก หัวข้อ 4.4)

3. การติดเครื่องกรองเศษสับปะรด

บางโรงงานไม่ได้ปิดรางระบายน้ำ ทำให้มีเปลือกสับปะรด/เศษสับปะรดตกหล่นลงรางระบายน้ำ รวมไหลไปลงในระบบบำบัดน้ำเสีย ทำให้มีปัญหาในการบำบัดเพิ่มขึ้น

โรงงานตัวอย่าง มีน้ำเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต 286 ลูกบาศก์เมตร/วัน ก่อนติดตั้งเครื่องกรองเศษสับปะรดแบบ Rotary Screen วิเคราะห์ค่า BOD ในน้ำเสีย ได้เท่ากับ 9,700 มิลลิกรัม/ลิตร หลังติดตั้งเครื่องกรองแล้ว วิเคราะห์ค่า BOD ได้ 7,270 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ BOD ที่ลดลง 25% คิดเป็น 4.0 กิโลกรัม BOD /ตันสับปะรดกระป๋อง

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

ลดภาระความสกปรกของน้ำเสียในรูป BOD = 173,745 กิโลกรัม/ปี

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

รายการ	**จำนวนเงิน**	
1. ตะแกรงดักเศษสับปะรด(ใช้ขนาดรูที่แตกต่างกัน ติดตามรางระบายเป็นระยะๆ) ขนาดพื้นที่ตะแกรงที่กำหนด 30 × 30 เซนติเมตร จำนวน 20 แผ่น ราคาพื้นที่ตะแกรงขนาด 120 × 240 เซนติเมตร	5,200	บาท
2. ราคาชุด Rotary Screen พร้อมติดตั้ง	300,000	บาท
รวมเป็นเงินค่าใช้จ่าย	305,200	บาท

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ค่าบำบัดน้ำเสีย = 173,745 × 5

= 868,725 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{305,200}{868,725}$

= 4 เดือน

4. เก็บกวาดเศษสับปะรดตามพื้นโรงงาน

จากการทดสอบหาปริมาณความสกปรกจากการชะล้างเศษสับปะรดที่ตกหล่นตามพื้นโรงงาน พบว่าปริมาณเศษสับปะรด 1 กิโลกรัมใช้น้ำ 10 ลิตร และใช้เวลาชะล้าง 15 20 และ 60 นาที ตามภาคผนวก ก ตารางที่ ก-3 ผลการวิเคราะห์ค่า BOD ได้ 1,160 1,350 และ 2,100 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

โรงงานตัวอย่าง มีปริมาณเศษ/เปลือกสับปะรดหกหล่นปริมาณ 0.5% ของวัตถุดิบ หรือเท่ากับ 2.85 ตัน/วัน และกำหนดให้ 1 กิโลกรัม ของเศษสับปะรดและมีเวลาชะล้างนาน 1 ชั่วโมง เกิดภาระความสกปรกของน้ำเสียเท่ากับ 21 กรัม

- **ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

$$\text{ลดภาระความสกปรกของน้ำเสีย} = \left(\frac{2850 \text{ กิโลกรัม}}{\text{วัน}}\right)\left(\frac{0.021 \text{ กิโลกรัม}}{1 \text{ กิโลกรัม}}\right)\left(\frac{250 \text{ วัน}}{\text{ปี}}\right)$$

$$= 14{,}962 \text{ กิโลกรัม/ปี}$$

- **ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์**

ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม่มี

จำนวนเงินที่ประหยัดได้

ประหยัดค่าบำบัดน้ำเสีย = $14{,}962 \times 5$

= 74,810 บาท/ปี

ภาคผนวก ก

ข้อมูลโรงงานและการคำนวณ

1. รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรม จำนวน 50 โรงงาน (ข้อมูล เดือนธันวาคม 2544) คือ

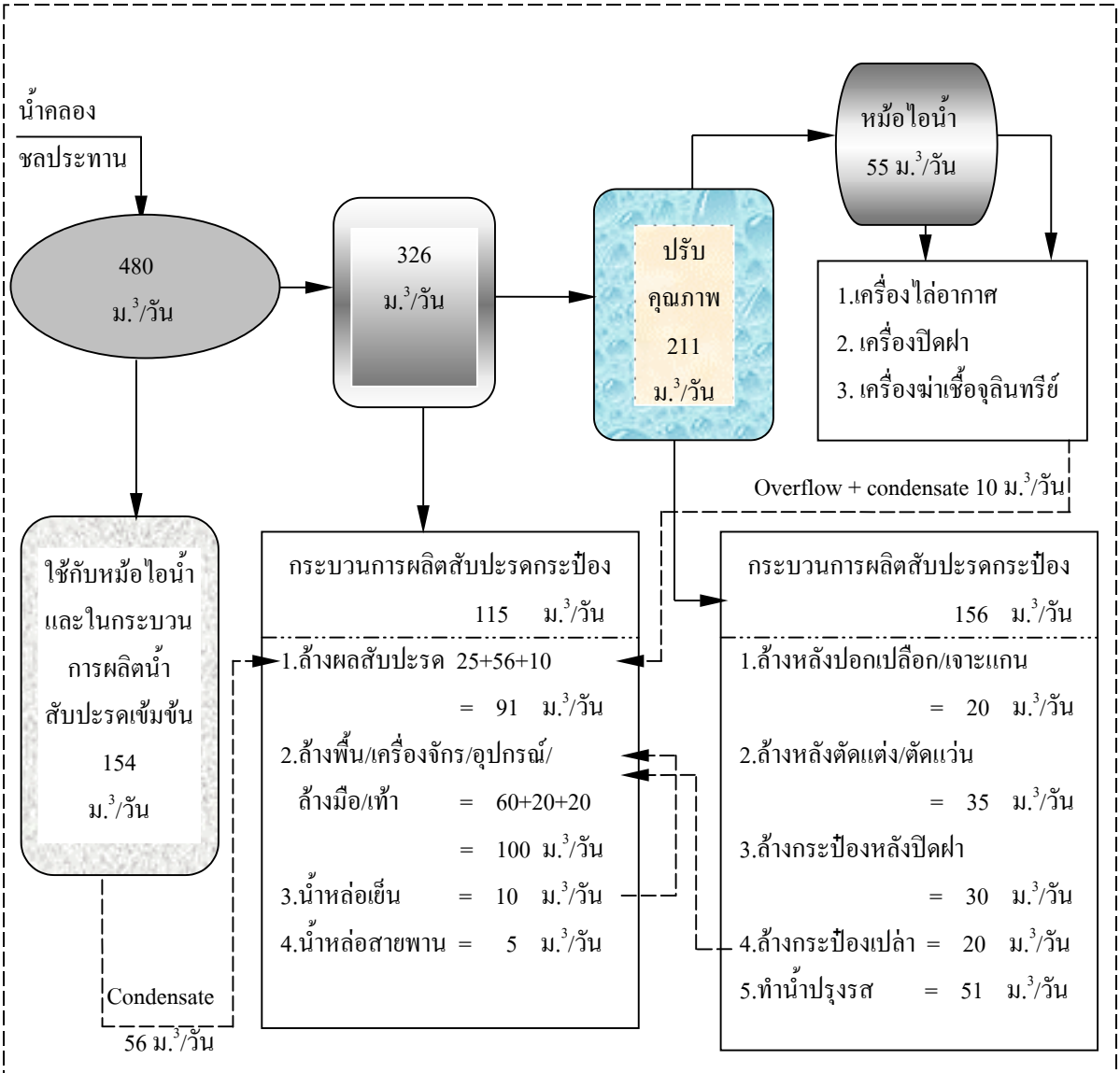
ชื่อโรงงาน	จังหวัดที่ตั้ง
1. วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี	ชลบุรี
2. บริษัท ภัทรภัณฑ์พัฒนา จำกัด	ชลบุรี
3. บริษัท ลัคกี้สวอน จำกัด	ชลบุรี
4. บริษัท อาหารสยาม จำกัด (มหาชน)	ชลบุรี
5. บริษัท สับปะรดระยอง จำกัด	ระยอง
6. บริษัท สยามอุตสาหกรรมการเกษตร (สับปะรด) และอื่นๆ จำกัด (มหาชน)	ระยอง
7. บริษัท เวิลด์ฟู้ดส์ซัพพลาย จำกัด	กาญจนบุรี
8. บริษัท อินโดไชน่า คอมเมอร์เชียล จำกัด	กาญจนบุรี
9. ห้างหุ้นส่วนจำกัด บ่อพลอยฟูดส์	กาญจนบุรี
10. บริษัท กาญจนบุรีผลไม้กระป๋อง จำกัด	กาญจนบุรี
11. บริษัท ไวต้าฟู้ดแฟคทอรี่ (1989) จำกัด	กาญจนบุรี
12. บริษัท บีเอ็น เอ็ช แคนนิ่ง จำกัด	ราชบุรี
13. บริษัท ทรอปิคอลฟู้ดอินดัสตรีส์ จำกัด	สมุทรสาคร
14. บริษัท นิวแหลมทองฟูดส์อินดัสทรีส์ จำกัด	นครปฐม
15. บริษัท ออร์คิดฟูดส์ จำกัด	นครปฐม
16. บริษัท โรงงานมาลีสามพราน จำกัด	นครปฐม
17. บริษัท ศรีพูนทรัพย์การ์ดดิ้ง จำกัด	กำแพงเพชร
18. บริษัท เกษตรอุตสาหกรรมอีสาน จำกัด (มหาชน)	หนองคาย
19. บริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด	หนองคาย
20. บริษัท ชิโก้-ไทย แพลนเตชัน จำกัด	นครพนม
21. บริษัท ซันเทคกรุ๊ป จำกัด	นครพนม
22. บริษัท ไทยยูเนี่ยนนำฮง จำกัด	ปราจีนบุรี

ชื่อโรงงาน	จังหวัดที่ตั้ง
23. บริษัท บี.อาร์.วีโปรดักส์ จำกัด	พิษณุโลก
24. บริษัท อาหารสากล จำกัด (มหาชน)	ลำปาง
25. บริษัท ปาลแม๊ก จำกัด	ลำพูน
26. นายวิรัช ปิยพรไพบูลย์	ประจวบคีรีขันธ์
27. บริษัท สามร้อยยอด จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
28. บริษัท อุตสาหกรรมสับปะรดหัวหิน จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
29. บริษัท ผลไม้รวมมิตร จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
30. บริษัท องค์พฤกษา จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
31. บริษัท อุตสาหกรรมเทพินทร์ จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
32. ห้างหุ้นส่วนจำกัด อุตสาหกรรมผลไม้ปราณบุรี	ประจวบคีรีขันธ์
33. บริษัท สับปะรดไทย จำกัด (มหาชน)	ประจวบคีรีขันธ์
34. ห้างหุ้นส่วนจำกัด มงคลกิจอุตสาหกรรม	ประจวบคีรีขันธ์
35. นายมงคล อุ่นอนุโลม	ประจวบคีรีขันธ์
36. สหกรณ์สับปะรดปราณบุรี จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
37. บริษัท เนเชอรัลฟรุต จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
38. บริษัท โดลไทยแลนด์ จำกัด(ประจวบคีรีขันธ์)	ประจวบคีรีขันธ์
39. บริษัท อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
40. บริษัท ปราณบุรีสับปะรดกระป๋อง จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
41. บริษัท ผลไม้กระป๋องสยาม จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
42. บริษัท ปราณบุรีโฮเตอิ จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
43. บริษัท ผลไม้กระป๋องประจวบ จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
44. บริษัท สับปะรดปราณบุรี (ประเทศไทย) จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
45. บริษัท กุยบุรีผลไม้กระป๋อง จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
46. บริษัท เจริญฟู้ดส์อุตสาหกิจ จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
47. บริษัท เถกิงอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องไทย จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
48. บริษัท ทิบโก้ จำกัด	ประจวบคีรีขันธ์
49. บริษัท โดลไทยแลนด์ จำกัด(ชุมพร)	ชุมพร
50. บริษัท หาดใหญ่แคนนิ่ง จำกัด	สงขลา

2. ข้อมูลโรงงานตัวอย่าง

2.1 ชื่อโรงงาน	XXX - XXX - XXX		
2.2 ประกอบการผลิต	สับปะรดกระป๋อง น้ำสับปะรดเข้มข้น		
2.3 จำนวนพนักงาน	ประจำ	40	คน
	รายวัน	540	คน
2.4 จำนวนวันทำการ	8	ชั่วโมง/วัน	
	25	วัน/เดือน	
	10	เดือน/ปี	
2.5 อัตรากำลังการผลิต			
สับปะรดกระป๋อง	170	ตัน/วัน	
น้ำสับปะรดเข้มข้น (65 Brix)	64	ตัน/วัน	
2.6 วัตถุดิบ			
ผลสับปะรด	570	ตัน/วัน	

2.7 น้ำใช้



รูปที่ ก-1 แสดงน้ำใช้

หมายเหตุ การคำนวณปริมาณน้ำใช้ต่อตันผลิตภัณฑ์ ไม่รวมน้ำที่ใช้ทำน้ำปรุงรส(Syrup) มีค่าเท่ากับ 51 ม.3/วัน

2.8 ไฟฟ้า

ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	193,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน
ใช้เฉพาะการผลิตสับปะรดกระป๋อง	70 %	
คิดเป็นจำนวนการใช้ไฟฟ้า	135,100	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน
หรือ	5,404	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน

2.9 น้ำมันเตา

เฉพาะการผลิตสับปะรดกระป๋อง	133,300	ลิตร/เดือน
หรือ	5,332	ลิตร/วัน

2.10 ระบบบำบัดน้ำเสีย

ประเภท ระบบบ่อเติมอากาศ

ปริมาณน้ำทิ้งจากการผลิตสับปะรดกระป๋อง 286 ลูกบาศก์เมตร/วัน

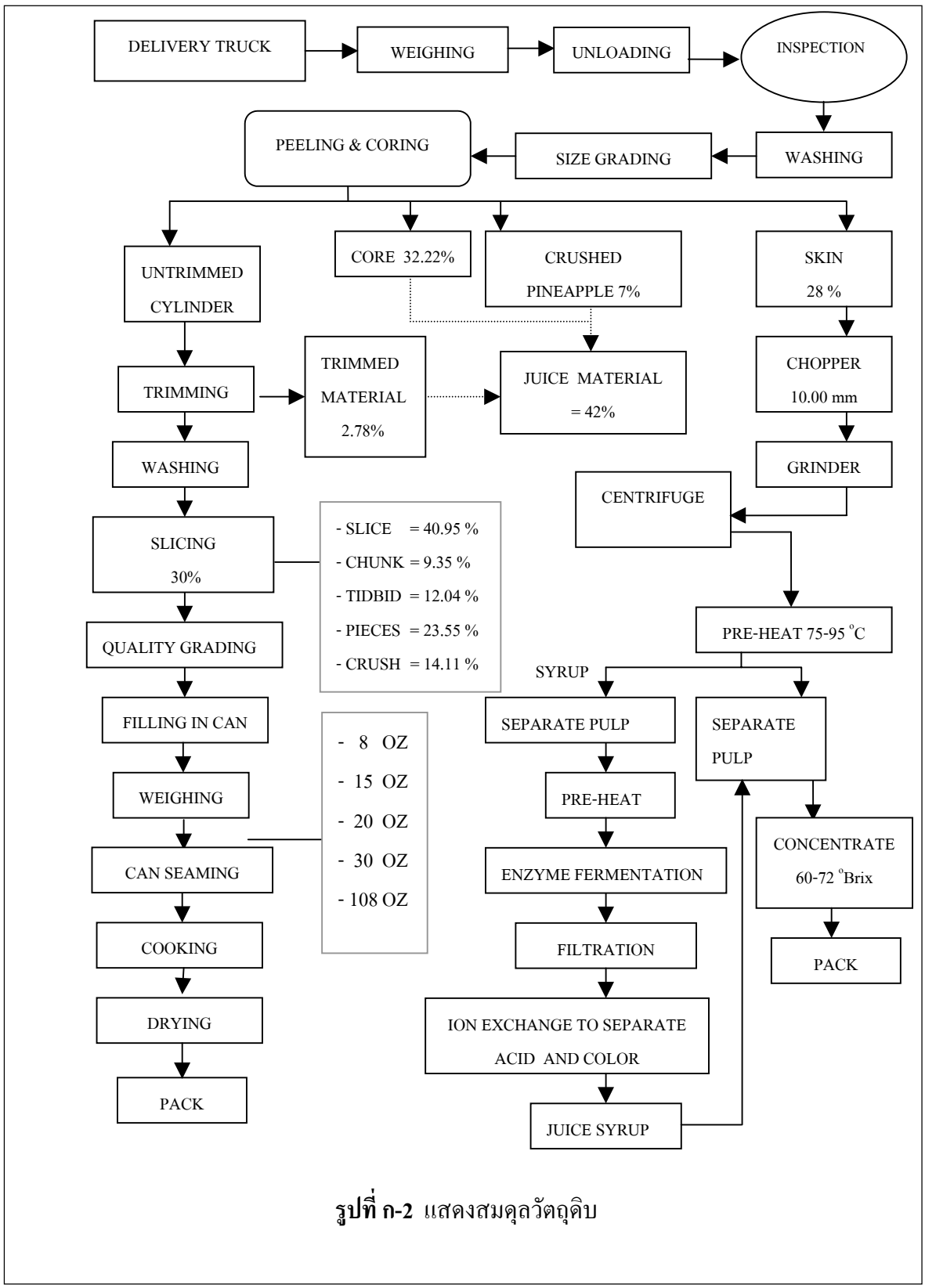
คุณภาพน้ำเสีย

pH	SS (มก./ลิตร)	BOD (มก./ลิตร)	COD (มก./ลิตร)
4.0	201	7,270	9,430

2.11 เครื่องจักร/อุปกรณ์

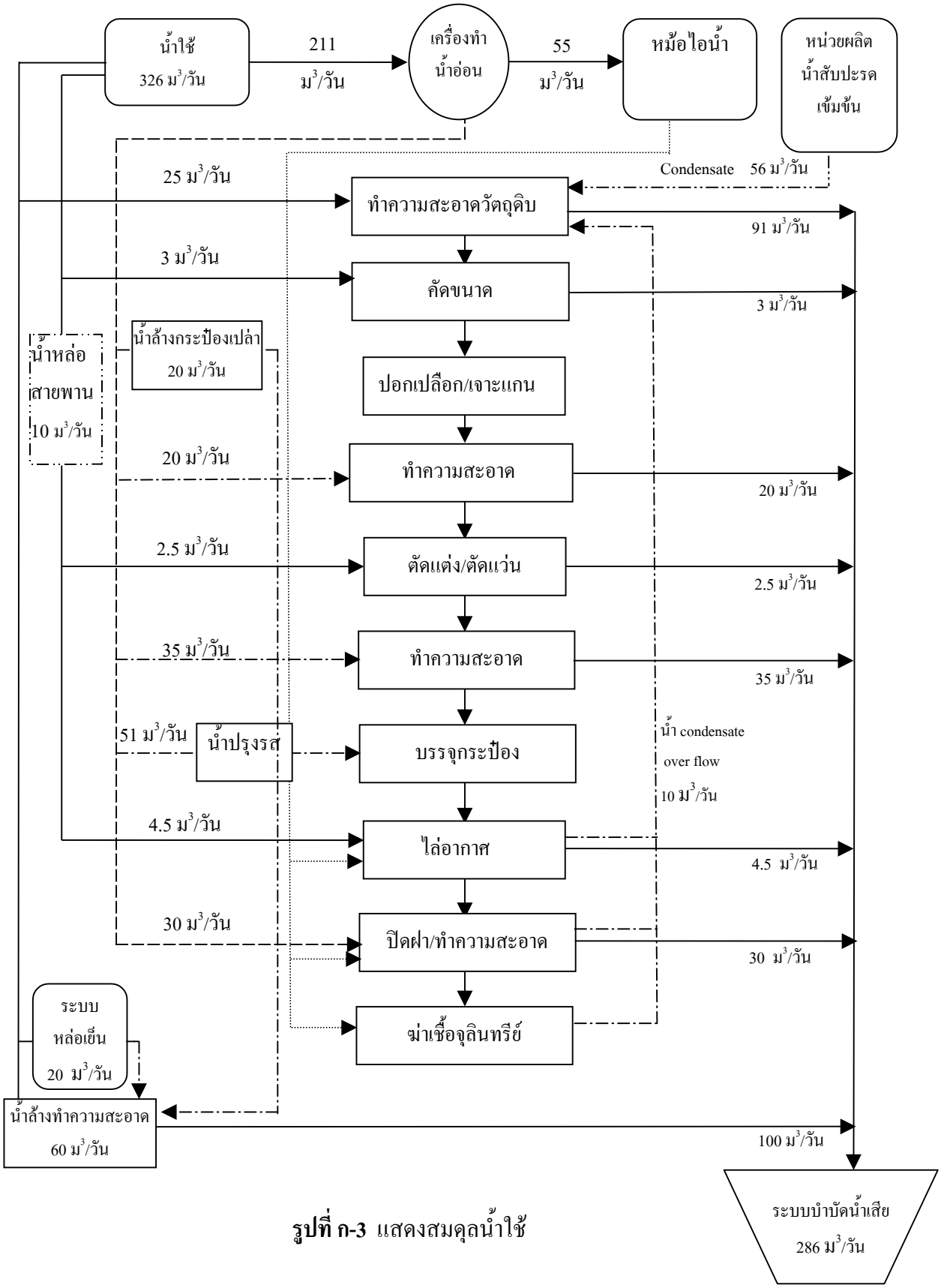
1. เครื่องดั๊มผลสับปะรด	2	ชุด	9. เครื่องต้มน้ำเชื่อม	2	ชุด
2. เครื่องลำเลียง	2	ชุด	10. เครื่องผนึกฝา	2	ชุด
3. เครื่องคัดขนาด	1	ชุด	11. เครื่องไล่อากาศ	2	ชุด
4. เครื่องปอกเปลือก/เจาะแกน	10	ชุด	12. เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์	1	ชุด
5. เครื่องแยกกาก	1	ชุด	13. เครื่องปิดฉลาก	1	ชุด
6. เครื่องตัดแว่น	6	ชุด	14. สายพานลำเลียง ตัดแต่ง/ตัดแว่น	6	ชุด
7. เครื่องป้อนกระป๋อง	2	ชุด	15. สายพานลำเลียง คัดเลือก/บรรจุ	6	ชุด
8. เครื่องล้างกระป๋อง	10	ชุด	16. หน่วยเสริมการผลิต ได้แก่ เครื่องทำความเย็น หม้อแปลงไฟฟ้า หม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำ มอเตอร์ เป็นต้น		

2.12 สมดุลวัตถุดิบ



รูปที่ ก-2 แสดงสมดุลวัตถุดิบ

2.13 สมดุลน้ำใช้



รูปที่ ก-3 แสดงสมดุลน้ำใช้

3. การคำนวณการประหยัดน้ำมันเตา

3.1 การนำน้ำล้น (Overflow) และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ และน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) จากกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นไปทำการล้างผลสับปะรด

โรงงานตัวอย่าง ได้นำน้ำล้น และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ ไปทำการล้างผลสับปะรด ดังนี้

ปริมาณน้ำล้น และ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ จากเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ 10 ลูกบาศก์เมตร/วัน

ปริมาณน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ จากกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น 56 ลูกบาศก์เมตร/วัน

การล้างผลสับปะรดของโรงงานใช้น้ำอุณหภูมิ 50 – 60 °C

คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำที่อุณหภูมิ 30°C ปริมาณ 66,000 กิโลกรัม มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 50 °C ได้ดังนี้

$$Q = mCp\,\Delta t$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อนที่ต้องการ (กิโลจูล/ชั่วโมง)

m = อัตราการไหลของน้ำ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

Cp = ความร้อนจำเพาะของน้ำ 4.187 กิโลจูล/กิโลกรัม. องศาเคลวิน

Δt = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง(องศาเคลวิน)

แทนค่าสูตรจะได้ $Q = \left(\frac{8{,}250\ \text{kg}}{\text{hr}}\right)\left(\frac{8\ \text{hr}}{\text{d}}\right)\left(\frac{4.187\ \text{kJ}}{\text{kg.K}}\right)(323\text{-}303)\text{K}$

= 5,526,840 กิโลจูล/วัน

น้ำมันเตา 1 ลิตรให้ค่าความร้อน = 39.77 เมกกะจูล

สมมุติฐาน ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ = 85 %

ดังนั้นจะต้องใช้น้ำมันเตาปริมาณ = $\frac{5{,}527}{39.77 \times 0.85}$ ลิตร/วัน

= 164 ลิตร/วัน

หรือ = 41,000 ลิตร/ปี

คิดเป็นเงิน (ราคาน้ำมันเตา 8.5 บาท/ลิตร) = 1,394 บาท/วัน

ค่าน้ำมันเตา = 1,394 ÷66

(ที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิ 30 °C เป็น 50 °C) = 21.12 บาท/ลูกบาศก์เมตร

การคำนวณปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำมันเตา

องค์ประกอบหลักของการปลดปล่อยสารมลพิษทางอากาศ (Key emission factor) สำหรับน้ำมันเตาเกรด C ปริมาณกำมะถัน 2%

CO_2 = 266 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

SO_2 = 3.2 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

NO_2 = 0.18 กิโลกรัม/เมกกะวัตต์- ชั่วโมง

สารมลพิษที่เกิดจากการใช้น้ำมันเตา 1 ลิตร มีค่าความร้อน 39.77 เมกกะจูล มีดังนี้

CO_2(ใน 1 ลิตรน้ำมันเตา) = $\left(\frac{226\ kg}{MWh}\right)\left(\frac{1\ MWh}{3600\ MJ}\right)\left(39.77\ MJ\right)$

= 2.5 กิโลกรัม

CO_2(ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh) = $\left(\frac{2.5\ kg}{39.77 \times 10^{6}\ J}\right)\left(\frac{1J}{2.78 \times 10^{-7}\ kWh}\right)$

= 0.23 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ - ชั่วโมง

SO_2(ใน 1 ลิตรน้ำมันเตา) = $\left(\frac{3.2\ kg}{MWh}\right)\left(\frac{1\ MWh}{3600\ MJ}\right)\left(39.77\ MJ\right)$

= 0.035 กิโลกรัม

SO_2(ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh) = $\left(\frac{0.035\ kg}{39.77 \times 10^{6}\ J}\right)\left(\frac{1J}{2.78 \times 10^{-7}\ kWh}\right)$

= 0.0032 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ - ชั่วโมง

NO_2(ใน 1 ลิตรน้ำมันเตา) = $\left(\frac{0.18\ kg}{MWh}\right)\left(\frac{1\ MWh}{3600\ MJ}\right)\left(39.77\ MJ\right)$

= 0.0019 กิโลกรัม

NO_2(ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh) = $\left(\frac{0.0019\ kg}{39.77 \times 10^{6}\ J}\right)\left(\frac{1J}{2.78 \times 10^{-7}\ kWh}\right)$

= 0.0002 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ - ชั่วโมง

3.2 การคำนวณ การนำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate)ที่อุณหภูมิ 90° C ปริมาณ 24 ลูกบาศก์เมตร/วันไปป้อนเข้าหม้อไอน้ำ (การคำนวณคิดทำนองเดียวกับ หัวข้อที่ 3.1)

$$Q = \left(\frac{24{,}000\ kg}{d}\right)\left(\frac{4.187\ kJ}{kg.K}\right)\left((363\text{-}303)K\right)$$

$$= 6{,}029{,}280 \quad \text{กิโลจูล/วัน}$$

$$\text{น้ำมันเตาที่ใช้} = \left(\frac{6{,}029.28\ MJ}{d}\right)\left(\frac{1\ L}{39.77\ MJ}\right)\left(\text{ประสิทธิภาพ } 85\%\right)$$

$$= 178.36 \quad \text{ลิตร/วัน}$$

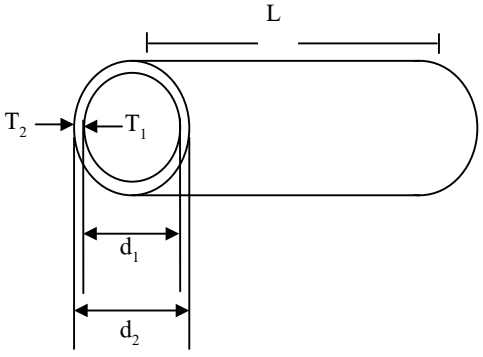
$$= 44{,}590 \quad \text{ลิตร/ปี}$$

ปริมาณสารมลพิษที่เกิดขึ้น

CO_2 ในน้ำมันเตา 1 ลิตร	=	44,590 × 2.5	กิโลกรัม/ปี
	=	111,475	กิโลกรัม/ปี
SO_2 ในน้ำมันเตา 1 ลิตร	=	44,590 × 0.035	กิโลกรัม/ปี
	=	1,560	กิโลกรัม/ปี
NO_2 ในน้ำมันเตา 1 ลิตร	=	44,590 × 0.0019	กิโลกรัม/ปี
	=	85	กิโลกรัม/ปี

3.3 การคำนวณการเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนระหว่างท่อไม่หุ้มฉนวนและท่อหุ้มฉนวน

3.3.1 การถ่ายเทความร้อนผ่านท่อไม่หุ้มฉนวน



รูปที่ ก-4 แสดงท่อไม่หุ้มฉนวน

หม้อไอน้ำที่มีกำลังผลิตไอน้ำ 6 ตัน/ชั่วโมง ที่ความดัน 8 บาร์ อุณหภูมิไอน้ำ 170 °C ส่งไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิต ในขั้นตอนการเตรียมน้ำปรุงรส การไล่อากาศ การปิดฝาและการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้ท่อสแตนเลสที่มี ขนาด และความยาวที่แตกต่างกัน ตามตารางที่ ก-1 ดังนี้

ตารางที่ ก-1 ข้อมูลท่อส่งไอน้ำทั้งหมดของโรงงานตัวอย่าง

Norminal pipe Ø Outside Ø,mm	20 27.0	40 48.6	50 60.5	80 89.1	100 114.8	150 168.8
ความยาว (เมตร)	18	29	64	11	20	123
ความดันไอน้ำ (บาร์)	0.3	0.5	1.5	3.5	5	8
อุณหภูมิไอน้ำ (^{o}C)	69	81	111	139	152	170
อุณหภูมิผนังท่อ (^{o}C)	50	55	70	90	100	110
อุณหภูมินอกผิวท่อหุ้มฉนวน (^{o}C)	30	30	36	45	48	55
ราคาฉนวนหุ้มท่อ (บาท/ท่อ-เมตร)	80	110	133	320	380	410
ความหนาของฉนวนหุ้มท่อ (เมตร)	0.060	0.060	0.075	0.075	0.075	0.45
การถ่ายเทความร้อน, ไม่หุ้มฉนวน (เมกกะจูล/ชั่วโมง)	1.49	5.17	24.19	9.62	28.44	321
การถ่ายเทความร้อน, หุ้มฉนวน (กิโลจูล/ชั่วโมง)	654	1,295	4,771	1,302	3,094	17,214

การคำนวณการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนผ่านผนังท่อเปลือย

นำข้อมูลการสูญเสียความร้อนผ่านผนังท่อเปลือย ตารางที่ ก-2 มาใช้ในการคำนวณ

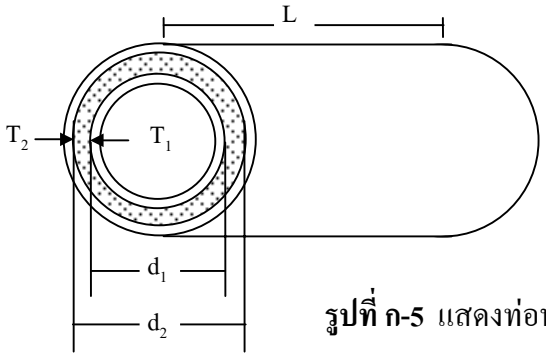
ตัวอย่างที่ 6 การถ่ายเทความร้อนผ่านท่อเปลือย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ความยาว 80 เมตร อุณหภูมิผิวท่อ 110 ^{o}C และมีค่า TD = 90

ปริมาณความร้อนสูญเสีย = 725 วัตต์/เมตร

$$= \left(\frac{725\ J}{s.m}\right)\left(\frac{3600\ s}{hr}\right)\left(123\ m\right)$$

= 321 เมกกะจูล/ชั่วโมง

การคำนวณการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อน (หุ้มฉนวน)



รูปที่ ก-5 แสดงท่อหุ้มฉนวน

จากสูตร $$Q = \frac{KA_{av}\Delta T}{\Delta r}$$

$$A_{av} = \frac{A_2 - A_1}{\ln \frac{A_2}{A_1}}$$

โดยที่ Q = ปริมาณการถ่ายเทความร้อน, กิโลจูล/ชั่วโมง

A_{av} = พื้นที่เฉลี่ยในรูป Logarithmic

ΔT = การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เริ่มจากผิวในท่อสู่ผิวนอกท่อ,°K

K = ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของฉนวนมีค่าเท่ากับ 0.055 วัตต์/เมตร.องศาเคลวิน

Δr = ผลต่างระหว่างรัศมีภายนอกท่อหุ้มฉนวนกับรัศมีภายนอกท่อเปลือย, เมตร

A_1 = พื้นที่ถ่ายเทความร้อนรอบผิวท่อเปลือย, ตารางเมตร

A_2 = พื้นที่ถ่ายเทความร้อนรอบผิวท่อหุ้มฉนวน, ตารางเมตร

ตัวอย่าง การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านท่อหุ้มฉนวน(ความหนาของฉนวน 150 มิลลิเมตร) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 150 มิลลิเมตรความยาว 123 เมตร

A_1 = 3.14 × 0.1688 m × 123 m = 65.19 m^2

A_2 = 3.14 × (0.1688 + 0.150 + 0.150) m × 123 m = 181.06 m^2

$$A_{av} = \frac{181.06 - 65.19}{\ln \frac{181.06}{65.19}} = 113.4 \quad m^2$$

$$Q = \left(\frac{0.055\ J}{s.m.K}\right)\left(\frac{3600\ s}{hr}\right)\left(\frac{113.4\ m^2}{0.150\ m}\right)\left((443\text{-}328)\ K\right)$$

= 17,214 กิโลจูล/ชั่วโมง

ตารางที่ ก – 2 HEAT LOSS IN WATT PER METRE (BARE PIPEX) : TD = PIPE SURFACE TEMP – AMBIENT TEMP.(30 °C)

TEMP DIFF *TD*	NORMINAL PIPE DIAMETER/OUTSIDE DIAMETER IN MM														
	10.00 21.70	20.00 27.00	25.00 34.00	32.00 42.70	40.00 48.60	50.00 60.50	65.00 76.30	80.00 89.10	100.00 114.30	125.00 139.00	150.00 168.80	200.00 219.10	250.00 273.00	300.00 323.80	350.00 355.60
20	19	23	26	34	38	46	60	64	80	96	113	144	175	204	223
30	30	37	45	54	61	74	91	104	129	155	163	231	282	329	368
40	43	52	63	77	86	105	128	147	183	219	258	327	398	464	505
50	67	69	83	102	114	138	169	193	241	288	340	430	524	610	664
60	71	86	105	128	143	173	212	243	303	362	427	541	658	768	865
70	87	105	128	155	174	211	258	296	396	441	520	659	803	936	1018
80	103	125	152	185	207	251	307	352	439	525	620	765	956	1115	1213
90	120	146	177	216	242	293	359	412	514	614	725	918	1119	1305	1421
100	138	168	204	249	279	338	414	475	592	709	887	1060	1292	1507	1641
110	157	191	232	283	317	385	472	542	676	809	964	1210	1475	1721	1874
120	177	216	262	320	358	434	533	612	763	914	1079	1368	1668	1947	2120
130	198	241	293	358	401	486	597	685	856	1024	1210	1535	1873	2186	2381
140	220	268	326	398	446	541	684	763	953	1141	1348	1711	2088	2485	2655
150	243	296	360	440	493	598	735	844	1055	1264	1449	1896	2315	2704	2945
160	267	325	396	484	542	658	809	930	1162	1393	1646	2091	2554	2964	3250
170	292	356	433	529	594	721	887	1019	1274	1528	1807	2296	2605	3278	3572
180	318	388	472	577	648	787	958	1113	1392	1670	1976	2511	3089	3588	3909
190	345	421	513	628	704	665	1054	1211	1516	1819	2162	2737	3346	3913	4264
200	374	456	566	680	763	928	1143	1314	1649	1975	2388	2974	3687	4254	4637
210	403	492	600	735	825	1003	1236	1422	1781	2138	2532	3222	3942	4612	5028
220	434	530	646	792	889	1082	1334	1534	1923	2309	2765	3482	4262	4988	5439
230	466	570	695	852	956	1164	1435	1652	2071	2488	2948	3755	4598	5382	5869
240	500	611	695	914	1026	1250	1542	1775	2226	2675	3171	4040	4949	5794	6320
250	543	653	745	978	1099	1339	1653	1903	2388	2871	3403	4389	5316	6226	6792
260	570	698	798	1046	1175	1433	1769	2037	2557	3075	3646	4650	5700	6678	7235
270	608	744	909	1116	1255	1530	1889	2176	2733	3288	3900	4976	6102	7150	7802

ที่มา : ส่วนบริการอนุรักษ์พลังงาน สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนรวม หรือ การสูญเสียความร้อน(ไม่หุ้มฉนวน)

= 321 + 28.44 + 9.62 + 24.19 + 5.17 + 1.49

= 389.91 เมกกะจูล/ชั่วโมง

ปริมาณการถ่ายเทความร้อนรวมหรือ การสูญเสียความร้อน(หุ้มฉนวน)

= 17,214 + 3,094 + 1,302 + 4,771 + 1,295 + 654

= 28.33 เมกกะจูล/ชั่วโมง

เมื่อทำการหุ้มฉนวนสามารถประหยัดพลังงานความร้อนได้

= 389.91 - 28.33 เมกกะจูล/ชั่วโมง

= 361.58 × 9 เมกกะจูล/วัน

= 3,254.22 เมกกะจูล/วัน

คิดเป็นน้ำมันเตา $= \left(\frac{3{,}254.22\ \text{MJ}}{\text{d}}\right)\left(\frac{1\ \text{L}}{39.77\ \text{MJ}}\right)$

= 81.82 ลิตร/วัน

ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ = 85 %

ประหยัดการใช้น้ำมันเตาได้ = 96.25 ลิตร/วัน

4. การคำนวณเกี่ยวกับภาระความสกปรกของน้ำเสีย

ตารางที่ ก-3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ดัชนีคุณภาพน้ำ	น้ำสับปะรดดิบ	น้ำจากเปลือกสับปะรด	น้ำชะล้างเศษเนื้อสับปะรด 1 กิโลกรัม/น้ำ10 ลิตร		
			15 นาที	30 นาที	60 นาที
pH	3.7	4.0	6.0	5.9	5.6
SS (มิลลิกรัม/ลิตร)	9,680	2,310	176	196	268
BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)	27,040	14,100	1,160	1,350	2,100

ข้อมูล : ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคกลาง จังหวัดราชบุรี
สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

4.1 การคำนวณค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดจากการ ตัดแต่ง/ตัดแว่น

ค่าความสกปรกของน้ำสับปะรด	=	27,040	มิลลิกรัม/ลิตร
ปริมาณวัตถุดิบ(ผลสับปะรด)	=	570	ตัน/วัน
ปริมาณน้ำสับปะรดดิบที่เกิดขึ้น	=	1.78 %	ของวัตถุดิบ
	=	10.15	ตัน/วัน
ปริมาณเศษสับปะรดที่เกิดขึ้น	=	1 %	ของวัตถุดิบ
โดยทั่วไปปริมาณ น้ำ : เนื้อสับปะรด	=	70 : 30	
คิดเป็นปริมาณน้ำสับปะรดในเศษสับปะรด	=	570 × 1% × 70%	
	=	4	ตัน/วัน
รวม	=	14.15	ตัน/วัน
คิดเป็นค่าภาระความสกปรก	=	382.62	กิโลกรัม/วัน

4.2 การคำนวณต้นทุนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

รายการ	**จำนวนเงิน** (บาท/ตัน)
1. ค่าเตรียมวัตถุดิบ(น้ำสับปะรด)	6,000
2. ค่าน้ำใช้ ไฟฟ้า น้ำมันเตา ค่าบำบัดน้ำเสีย	3,600
3. ค่าถังบรรจุ	1,500
4. ค่าถุงบรรจุ	1,200
5. ค่าการตลาด/ขนส่ง	1,500
6. ค่าแรงงาน	200
7. ค่าใช้จ่ายทั่วไป	1,000
รวมเป็นเงิน	15,000

ราคาต้นทุนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น	=	15	บาท/กิโลกรัม

4.3 การคำนวณค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดจากเศษเปลือกสับปะรด

ค่าความสกปรกของน้ำเปลือกสับปะรด	=	14,100	มิลลิกรัม/ลิตร
(ตัวอย่างน้ำเปลือกสับปะรดที่รั่วไหลจากรถบรรทุก)			
ปริมาณที่กำหนด	=	5	ตัน/วัน
คิดเป็นภาระความสกปรกในรูป BOD	=	70.5	กิโลกรัม/วัน
	=	17,625	กิโลกรัม/ปี

4.4 การคำนวณความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการผลิตน้ำตาลจากเปลือกสับปะรด

ตารางที่ ก – 4 รายการเครื่องจักร/อุปกรณ์ในการทำน้ำตาลจากเปลือกสับปะรด

Item	Description	Qty.	Unit	Unit price	Amount
1.	Pineapple peel chopper	1	Each	400,000	400,000
2.	Stainless steel screw conveyor	1	Each	260,000	260,000
3.	Diffuser, chain conveyor type	1	Each	1,500,000	1,500,000
4.	Stainless steel storage tank 2000 L, complete with pump	1	Each	165,000	165,000
5.	Pre-heater	1	Set	500,000	500,000
6.	Stainless steel tanks for enzyme treatment, 5000 L, complete with enzyme dosing system & pump	2	Each	240,000	480,000
7.	Ultra filtration	1	Set	7,000,000	7,000,000
8.	Stainless steel storage tank 5000 L, complete with pump	1	Each	240,000	240,000
9.	Ion exchange columns (anion + adsorption + mixed bed)	1	Set	10,500,000	10,500,000
10.	Evaporator, triple effects falling film shell and tube type	1	Set	6,000,000	6,000,000

ตารางที่ ก - 5 การประเมินราคาการลงทุน

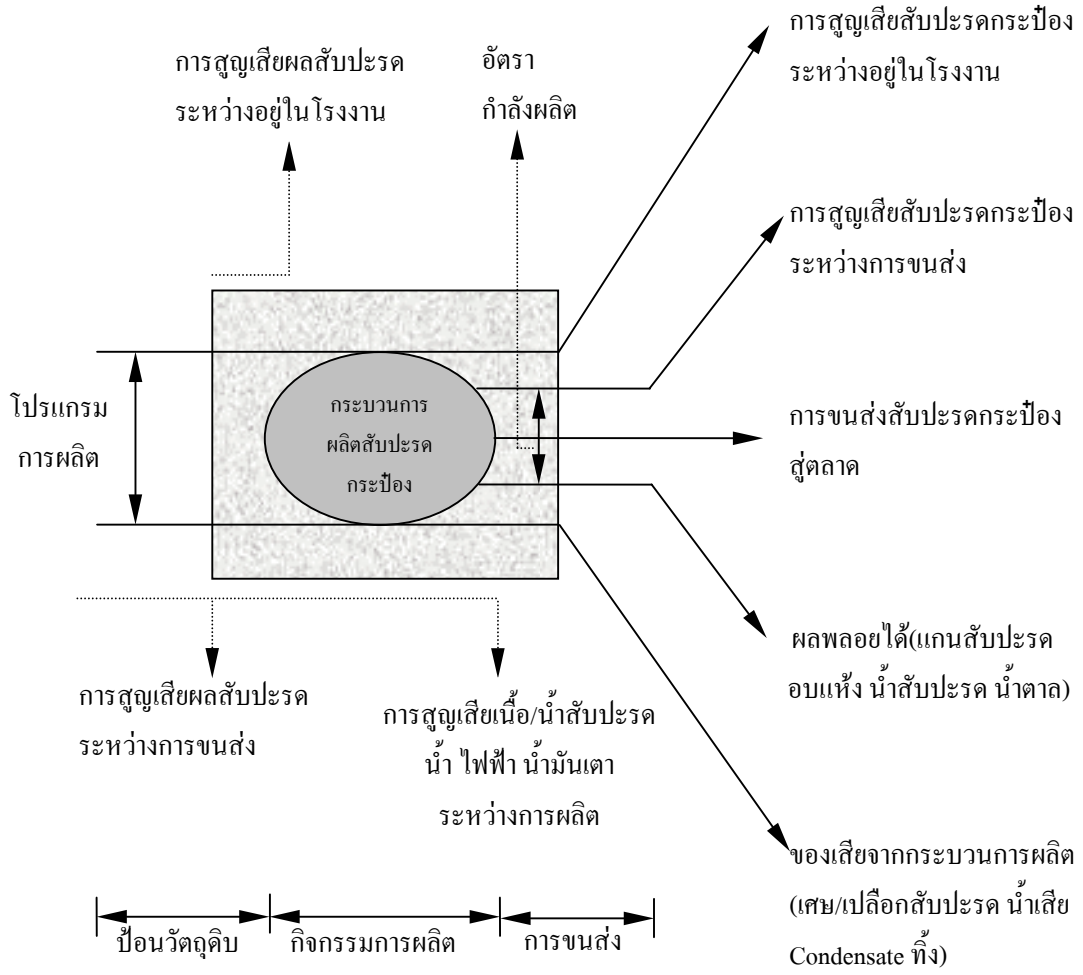
RETURN ON INVESTMENT			
1.	Plant capacity	20	Ton/hr.
	Assumed operation	8	Hour./day
	Production	160	Ton/day
2.	Average juice recovery for concentrate	171	Liter/ton peel
	Juice production	27,360	Liter/day
	Density	1.0499	Kg/Liter
		28,800	Kg/day
	Single strength juice	7	Brix
	Concentrate	60	Brix
	Concentrate production	3,192	Kg/day
3.	Fixed Capital	28,000,000	Baht
4.	Working Capital	2,500,200	Baht
5.	Total Investment	30,500,200	Baht
6.	Variable Operating Cost	17,279	
	Fruit , Electricity, Steam, Packaging, Labor	13,790,000	Baht /year
	Other		
7.	Profit		
	1. Income		
	Assumed exchange rate	44	Baht/USD
	Assumed concentrate FOB price	750	USD
	Working Day	250	Days/year
	Additional profit($750 \times 44 \times 3.192 \times 250$)	26,334,000	Baht/ year
	2. Wastewater Treatment Cost Saving	88,125	Baht/ year
	Total Additional profit	26,422,125	Baht/ year
8.	Fixed Operating Cost	16,290,200	Baht/ year
9.	Rate	6.5	%
10	Pay Back Time	3.6	year

ภาคผนวก ข

สาเหตุหรือบริเวณการสูญเสียทรัพยากร

การสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติหรือสาเหตุการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม มีขอบเขตเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบคือผลสับปะรด การขนส่งเข้าสู่โรงงาน กระบวนการผลิตจนถึงขั้นสุดท้ายการจำหน่าย แสดงดังรูปที่ ข-1 ดังนี้

.



รูปที่ ข-1 ภาพลักษณ์บริเวณการสูญเสียทรัพยากรธรรมชาติ (Resource Loss Profile)

1. การขนส่งวัตถุดิบ

เกษตรกรจะต้องคัดขนาดและคุณภาพคือ ความอ่อน แก่ ของผลสับปะรดก่อนการขนส่งเข้าโรงงาน เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายระหว่างการขนส่ง และให้ได้ตามมาตรฐานคุณภาพของวัตถุดิบที่โรงงานกำหนด

รูปที่ ข-2 การขนส่งวัตถุดิบ

2. การเก็บรักษาผลสับปะรดระหว่างอยู่ในโรงงาน

การสูญเสียผลสับปะรดในส่วนนี้เกิดขึ้นน้อย เนื่องจากโรงงานส่วนใหญ่จะทำการผลิตวัตถุดิบให้หมดภายในหนึ่งวัน หากมีวัตถุดิบมากก็จะขยายเวลาทำงานออกไป

3. กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง

กระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง และบริเวณที่ทำให้เกิดการสูญเสีย แสดงดังรูปที่ ข-13 อธิบายรายละเอียด ดังนี้

1) การรับวัตถุดิบ/ล้างทำความสะอาด

บางช่วงของการผลิต พบผลสับประรดไม่เต็มสายพานลำเลียง และเมื่อผ่านระบบสเปรย์(Spray) น้ำ เพื่อล้างทำความสะอาดผลสับปะรด มีแต่สายพานลำเลียงว่างเปล่า เกิดการสูญเสียทั้งน้ำ ไฟฟ้า และเวลา ซึ่งถ้าใช้น้ำล้างที่อุณหภูมิ 50-60 $^{\circ}$C ก็ จะเพิ่มการสูญเสียน้ำมันเตาด้วย

รูปที่ ข-3 การล้างวัตถุดิบ

2) การคัดขนาด

เนื่องจากผลสับปะรดไม่เต็มสายพานลำเลียงทุกสายพาน ทำให้เกิดการสูญเสียไฟฟ้า

รูปที่ ข-4 การคัดขนาด

รูปที่ ข-5 การปอกเปลือก/เจาะแกน

3) การปอกเปลือก/เจาะแกน

พบการสูญเสียเนื้อและน้ำสับปะรด โดยเฉพาะโรงงานขนาดเล็กที่ไม่มีการนำเปลือกติดเนื้อไปผลิตน้ำสับปะรด สำหรับแกนสับปะรด ส่วนใหญ่ขายไปทำแกนสับปะรดอบแห้ง

รูปที่ ข-6 การตัดแต่ง/ตัดแว่น

4) การตัดแต่ง/ตัดแว่น

การตัดแต่งเพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด ขึ้นกับความชำนาญของพนักงาน โดยน้ำสับปะรดที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้หลายโรงงานทิ้งลงรางระบายไม่มีการเก็บไปทำน้ำสับปะรด และถ้าหากวัตถุดิบไม่เต็มสายการผลิต จะทำให้สิ้นเปลืองไฟฟ้าและน้ำที่ฉีดล้าง

รูปที่ ข-7 การบรรจุ

5) การบรรจุ

พนักงานทำการคัดเลือกสับปะรดที่ตัดแว่นแล้ว มีขนาดเท่ากัน ความหวานใกล้เคียงกันบรรจุลงกระป๋อง

รูปที่ ข-8 การเติมน้ำปรุงรส (Syrup)

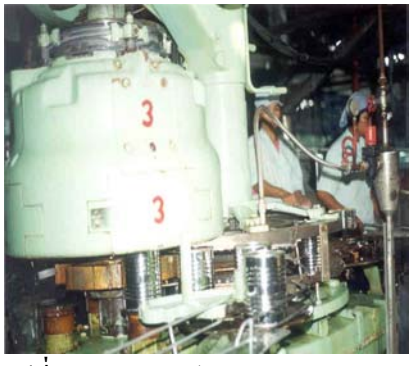
6) การเติมน้ำปรุงรส (Syrup)

ทำการเติมน้ำปรุงรส (Syrup) เพื่อให้ได้ความหวานเปรี้ยว ตามความต้องการของลูกค้า

รูปที่ ข-9 การไล่อากาศ

7) การไล่อากาศ

โรงงานทั่วไปจะทำการไล่อากาศภายในกระป๋อง หลังการบรรจุสับปะรดเรียบร้อยแล้ว โดยใช้ไอน้ำจากหม้อนึ่ง ซึ่งจะเกิดการสูญเสียไอน้ำ นั่นหมายถึงการสูญเสียน้ำมันเตาหม้อนึ่งบางเครื่องที่มีสายพานลำเลียงทำด้วยตาข่ายเหล็ก การเดินของสายพานไม่ราบเรียบทำให้น้ำปรุงรส (Syrup) ในกระป๋องเกิดการหกหล่น เป็นผลให้ค่า BOD ในน้ำเสียสูงขึ้น



รูปที่ ข-10 การปิดฝา

8) การปิดฝา

ในส่วนนี้จะเกิดการสูญเสียไอน้ำ (น้ำมันเตา) เพื่อใช้ในการปิดฝาซึ่งปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับหม้อนึ่งฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ หลังจากปิดฝาแล้วนำผ่านสายพานลำเลียง เพื่อฉีดน้ำล้างทำความสะอาดกระป๋องที่เปื้อนน้ำปรุงรส (Syrup) บางช่วงไม่มีกระป๋องผ่านทำให้สิ้นเปลืองน้ำใช้และไฟฟ้า

รูปที่ ข-11 การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

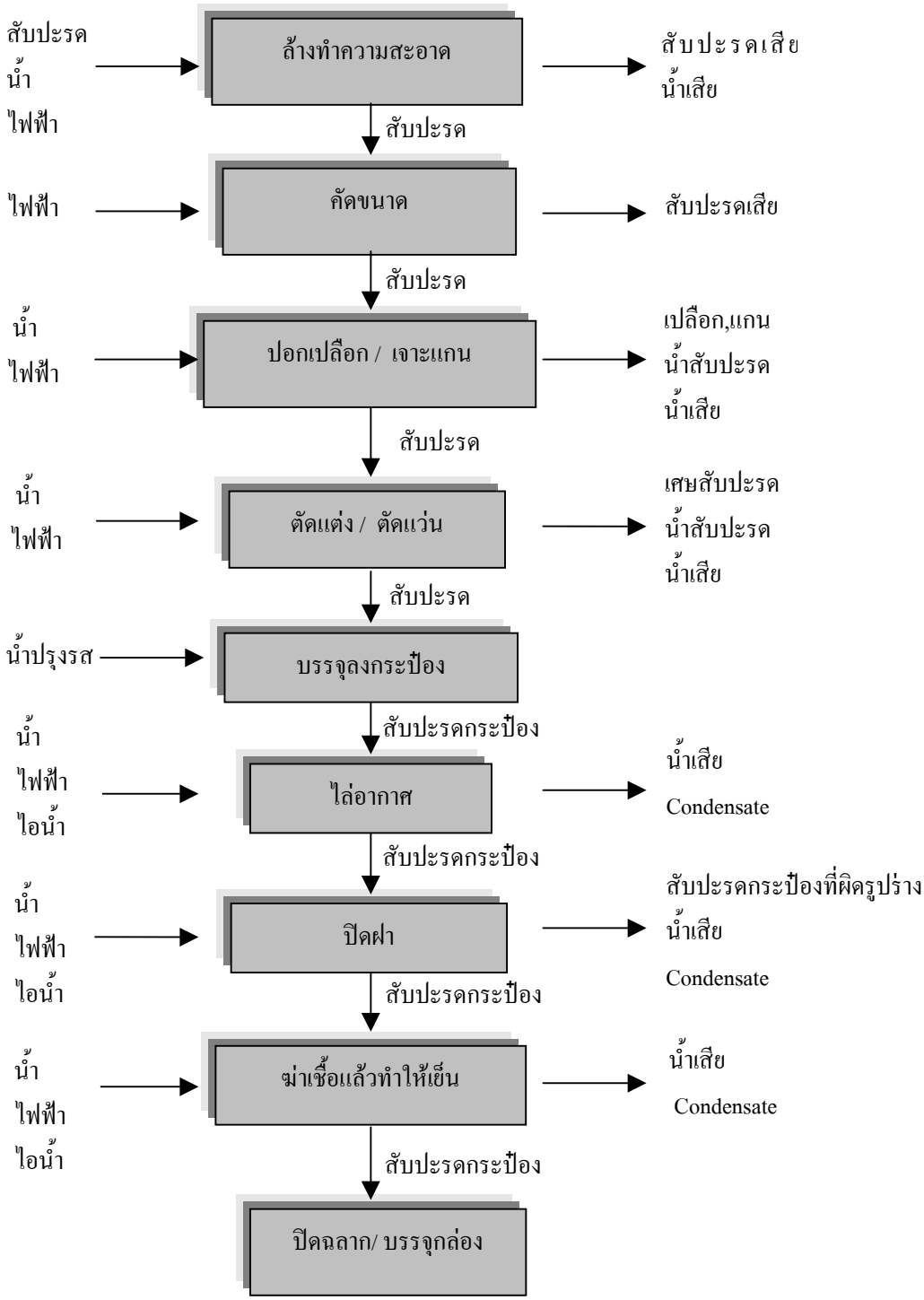
9) การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

โรงงานทั่วไปจะใช้หม้อนึ่ง (Cooker unit) ในการฆ่าจุลินทรีย์จะมีทั้งระบบปิด (Close System) และระบบเปิด (Open System) ซึ่งจะเกิดการสูญเสียไอน้ำ (น้ำมันเตา) เป็นอย่างมาก การควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อเป็นสิ่งที่ต้องให้ความสำคัญที่สุด หากเกิดการผิดพลาดจะก่อให้เกิดความเสียหายของผลิตภัณฑ์

รูปที่ ข-12 การทำให้เย็น

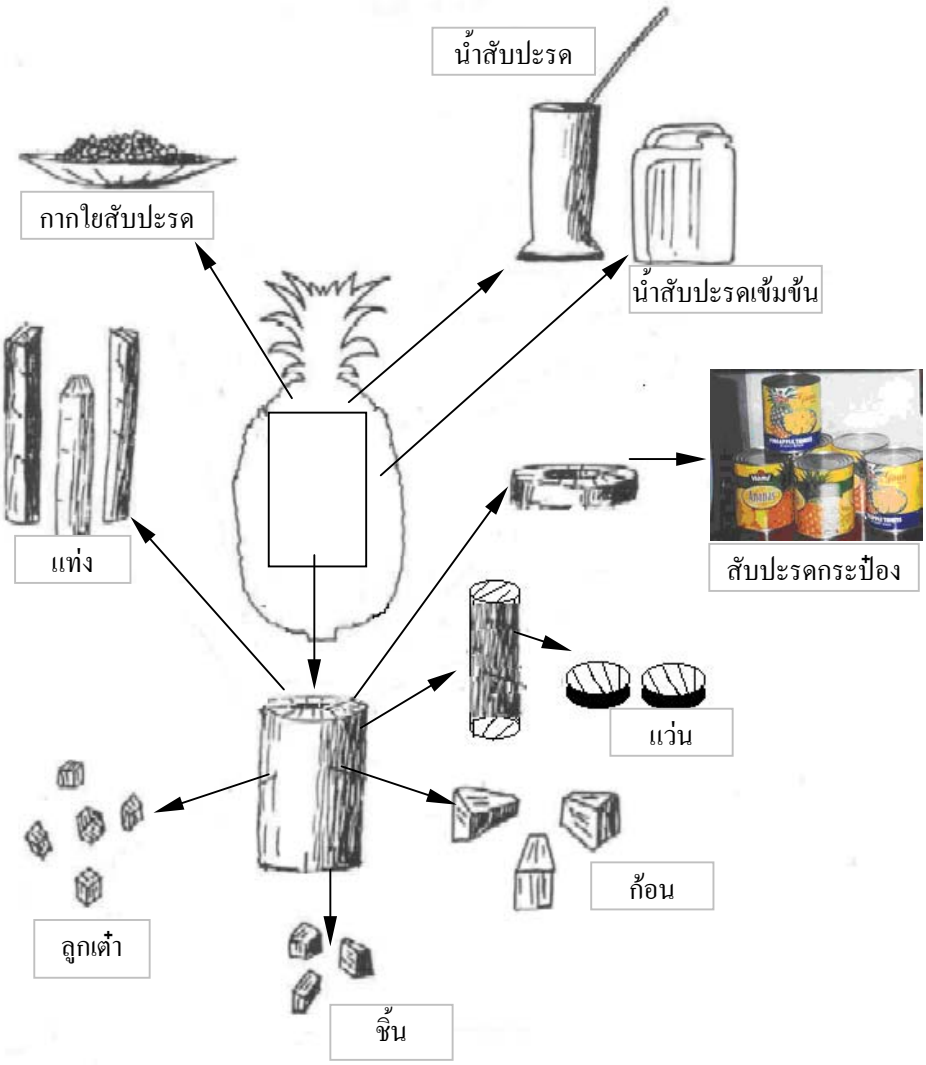
10) การทำให้เย็น

โรงงานทั่วไปจะใช้ ระบบน้ำหล่อเย็น(Cooling System) โดยใช้น้ำหมุนเวียน 1-2 วันจึงจะทิ้ง เกิดการสูญเสียน้ำในส่วนนี้ แต่ก็ไม่สูงมากนัก



รูปที่ ข-13 แสดงกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋องและจุดกำเนิดของเสียในขั้นตอนการผลิต

ผลิตภัณฑ์ (สับปะรดกระป๋อง) และผลพลอยได้ชนิดต่างๆ แสดงดังรูปที่ ข-14



รูปที่ ข-14 ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋องและผลพลอยได้ชนิดต่างๆ

ที่มา : สับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดในประเทศไทย มล.จารุพันธ์ ทองแถม

4. การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

การเกิดสภาวะการผลิตมากเกินไป (Over production) ทำให้ผลผลิตเกินความต้องการของตลาด หากโรงงานไม่มีวิธีการเก็บรักษาที่ดีจะเกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์ในส่วนนี้ แต่มาตรฐานการผลิตของโรงงานโดยส่วนใหญ่ จะมีมาตรฐานการผลิตเพื่อรักษาคุณภาพของสับปะรดในกระป๋องและภาชนะที่ทำ

กระป๋องบรรจุ ซึ่งสัมผัสกับน้ำปรุงรส (Syrup) โดยตรง ต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารที่บรรจุ ปกติคุณภาพสับปะรดกระป๋องโดยทั่วไปจะมีอายุการบริโภค 2-3 ปี

5. การขนส่งสู่ตลาด

การเสียหายของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ สาเหตุมาจากการขนส่ง การจัดวาง อย่างไม่เป็นระบบเกิดการกระแทกชำรุดเสียหายของกระป๋องบรรจุ กลายเป็นสินค้ามีตำหนิทำให้ต้องจำหน่ายในราคาต่ำลง

การสูญเสียต่างๆดังกล่าวที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตสับปะรดกระป๋อง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องวัตถุดิบ ระบบการขนส่ง กระบวนการผลิตที่ไร้ประสิทธิภาพ ล้วนแต่เป็นปัญหาเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยลดการสูญเสียทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยอาศัยหลักการป้องกันการเกิดของเสียที่แหล่งกำเนิดและหาทางนำของเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมด ไปใช้ประโยชน์หรือนำไปแปรเป็นผลิตภัณฑ์อย่างอื่นตามความเหมาะสม ซึ่งเป็นหลักการของเทคโนโลยีที่เรียกว่า เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ภาคผนวก ค

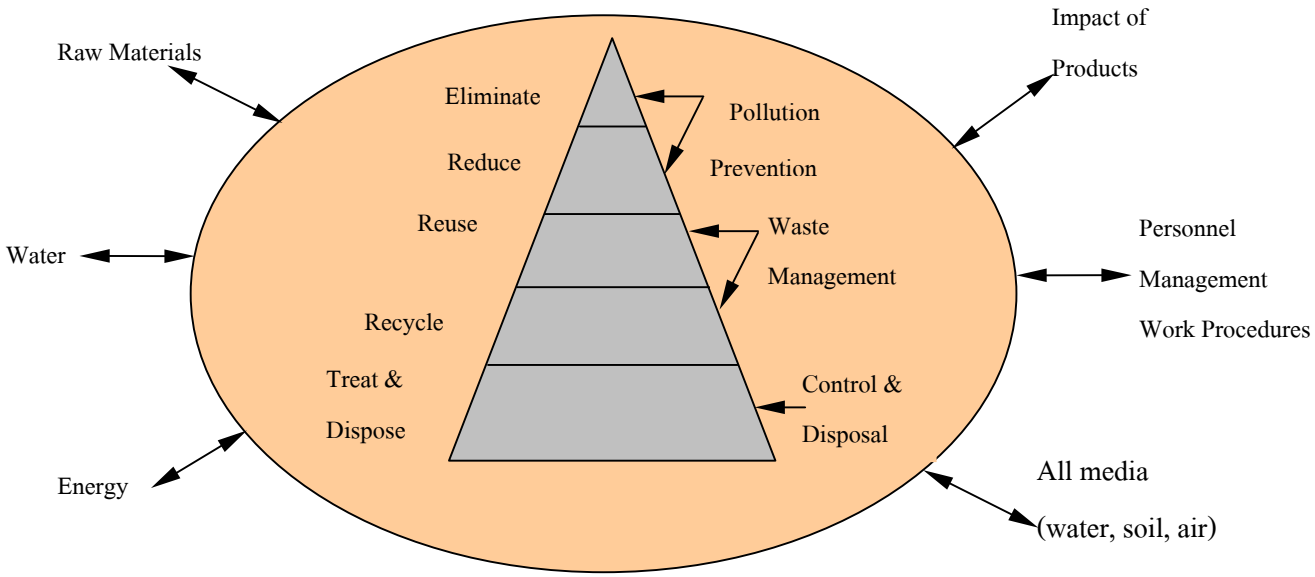
หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

1. ความหมาย

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology) หมายถึงการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมๆ กัน

2. หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นหลักการป้องกันมลพิษ (Pollution prevention) โดยใช้หลักการลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด(Waste minimization) โดยใช้วิธีการแยกอนุภาคของสารมลพิษที่ปล่อยออกจากทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต หรือลดปริมาณและความเข้มข้นขององค์ประกอบในน้ำเสียหรือกากของเสียด้วยการนำกลับไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (recycle) จนเหลือของเสียหรือวัสดุที่ไม่สามารถหาวิธีจัดการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ก็จะทำการบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป ซึ่งการบำบัดจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะได้นำมาพิจารณา

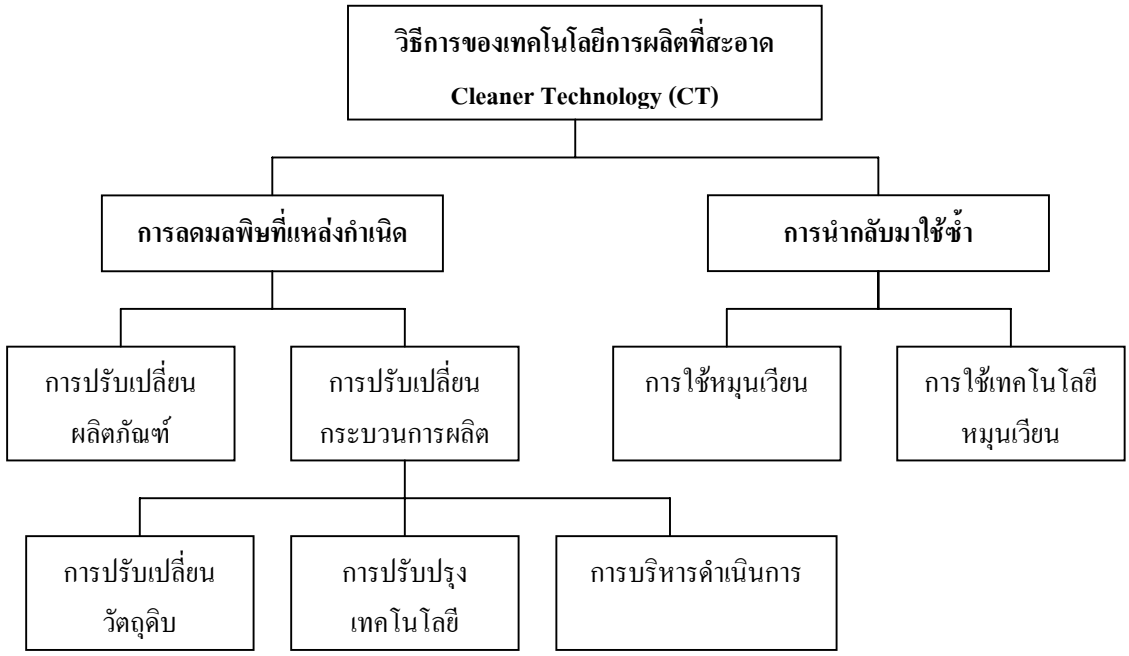


รูปที่ ค-1 แสดงภาพรวมของหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ

การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จะลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อมโดยลดของเสียที่ปล่อยออกมาในทุกขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตซึ่งอาจน้อยมาก หรือเปลี่ยนแปลงบางขั้นตอนที่จำเป็น หรือเปลี่ยนวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรในโรงงานผลิต ผังการผลิต หรือสูตรในการผลิตล้วนแต่เป็นทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดทั้งนั้น แต่สิ่งเหล่านี้จะไม่สามารถดำเนินการได้ ถ้าปราศจากทัศนคติที่ดี และการร่วมมือกันอย่างเต็มที่ของผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน

3. วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

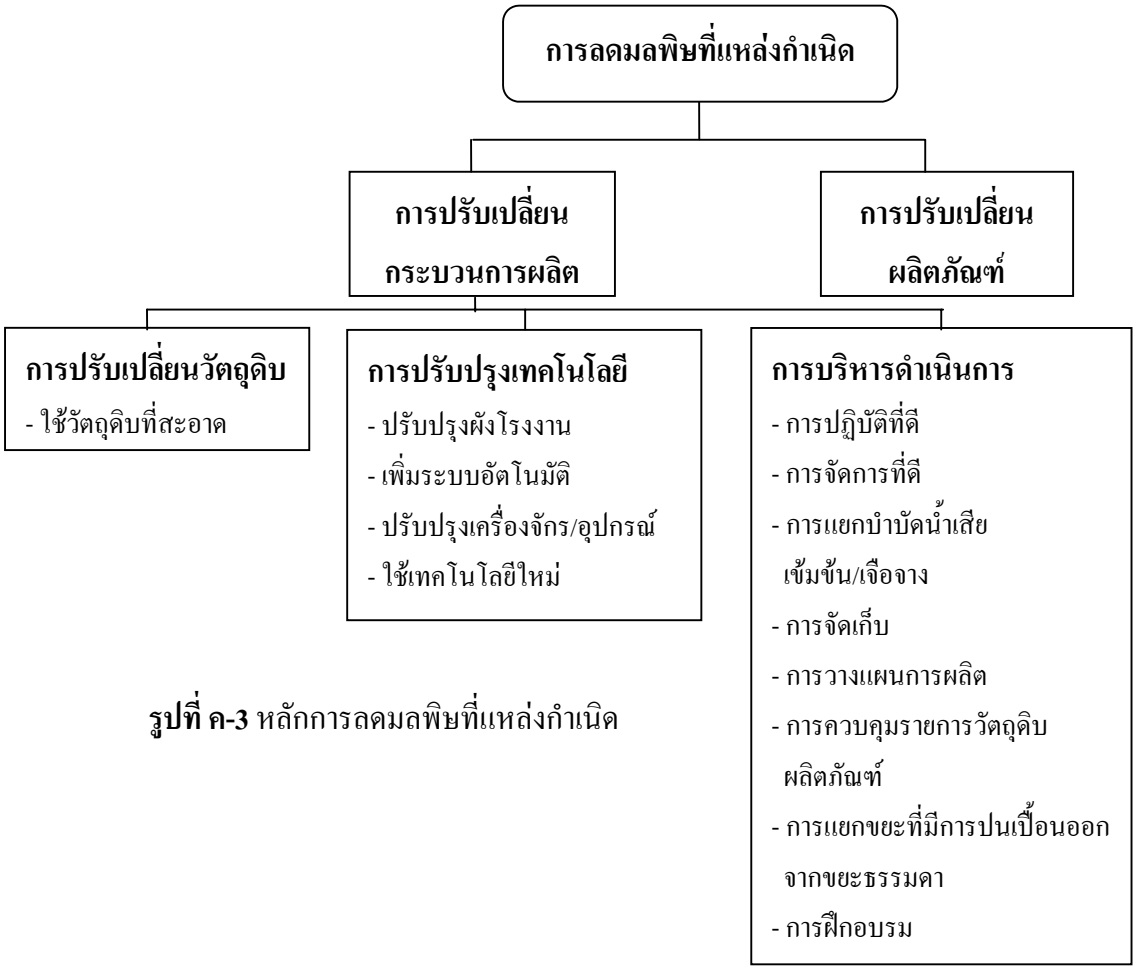
เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มีวิธีดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด และวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ แสดงดังรูปที่ ค-2



รูปที่ ค-2 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีที่สะอาด

3.1 การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

แบ่งออกเป็น 2 วิธี แสดงดังรูปที่ ค-3



รูปที่ ค-3 หลักการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

3.1.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process change) แบ่งออกเป็น 3 วิธีคือ

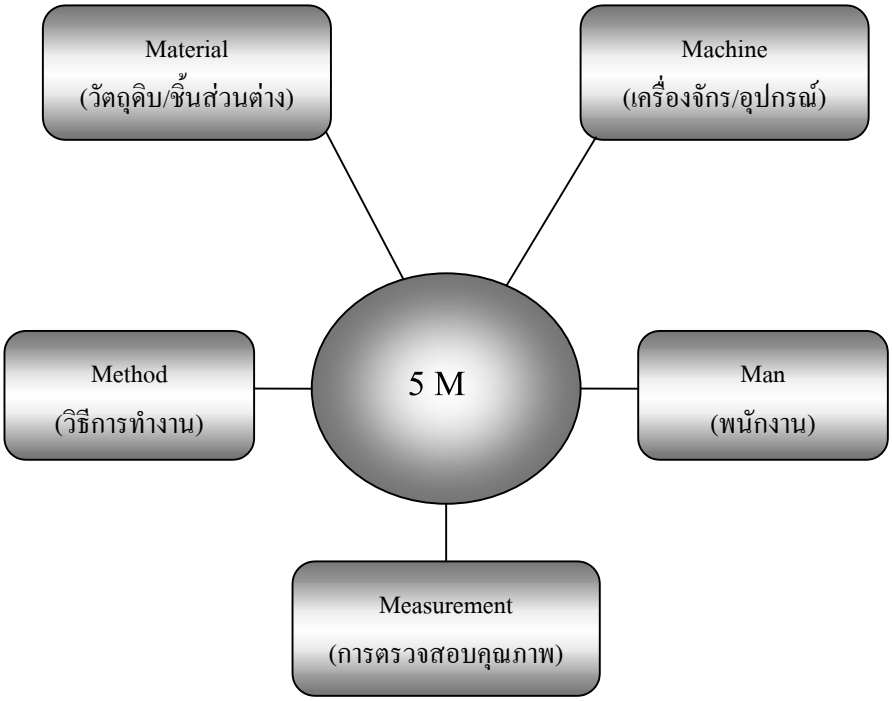
ก. การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change)

เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุดิบเองหรือสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบหากเป็นไปได้ควรมีการกำจัดออกตั้งแต่ต้นคือแหล่งที่มาก่อนที่จะขนส่งเข้าสู่โรงงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตรวมทั้งคุณภาพต้องให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตของโรงงานด้วย

ข. การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement)

เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิต หรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด และถ้าหากของเสียไม่สามารถลดหรือกำจัดได้แล้ว ก็ให้หาวิธีนำเทคโนโลยีเพื่อทำการ

เคลื่อนย้ายตัวกลางทางสิ่งแวดล้อมเดิมไปสู่ตัวกลางใหม่ ซึ่งเงื่อนไขในการนำเทคโนโลยีมาปรับปรุงมีองค์ประกอบ 5 ประการ (5M) แสดงดังรูปที่ ค-4



รูปที่ ค-4 เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี

ค. การบริหารการดำเนินงาน (Operational management)

เป็นการบริหารระบบการวางแผน และควบคุมการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพของกระบวนการผลิต ให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิผล

3.1.2 การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product reformulation)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจมีคุณภาพ รูปลักษณะ ขนาด ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ ที่มีผลกระทบสิ่งแวดล้อม สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาได้ 4 วิธี คือ

ก. Product change factor เป็นการออกแบบใหม่เพื่อปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไขเทคนิคต่างๆ ที่เหมาะสม

ข. Production change factor เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิต วิธีการควบคุมสินค้า การเก็บรักษา

ค. Market change factor ปรับเปลี่ยนวิธีการตลาด ประมาณความต้องการตลาด

ง. Marketing change factor ปรับปรุงการบริการ การตลาด

3.2 การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ

โดยปกติควรดำเนินการลดการสูญเสีย ก่อนที่จะหาวิธีนำกลับมาใช้หมุนเวียนหรือนำไปสกัดของมีค่ากลับคืน การหมุนเวียนการใช้ เช่น เมื่อนำทรัพยากรมาผ่านการใช้งานครั้งหนึ่งแล้วยังมีคุณภาพที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนอื่นได้ ก็ควรหาวิธีที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือถ้าใช้ในกระบวนการอื่นไม่ได้อีกแล้วก็จะใช้วิธีการศึกษาเทคโนโลยีเพื่อออกแบบกระบวนการนำทรัพยากรน้ำ วัตถุดิบ หรือพลังงานกลับมาใช้อีก หรือทำให้เกิดผลพลอยได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเสีย

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้เป็นการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิต เพื่อให้เกิดการแข่งขัน ในภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในประเทศ และการค้าของตลาดโลกได้อย่างแน่นอน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และให้ประโยชน์อย่างมากมาย ซึ่งบางกรณีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุน แต่ผลที่ได้กลับมาสามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก หรือถ้ามีการลงทุนก็ต้องได้รับผลตอบแทนภายในระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

4. ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิตเพื่อให้เกิดการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ให้ประโยชน์อย่างมากมาย ทั้งภาคอุตสาหกรรม สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1) ลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ลดลง ได้แก่ น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน (ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง) เป็นผลให้มีการลดของเสีย (น้ำเสีย กากของแข็ง อากาศเสีย) รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย

2) เพิ่มศักยภาพการผลิต หมายถึงเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้าที่ออกจำหน่ายและบริการ

3) พัฒนาองค์กร เกิดการบริหารงานอย่างเป็นระบบ ภาพพจน์ภายในโรงงานดีขึ้น

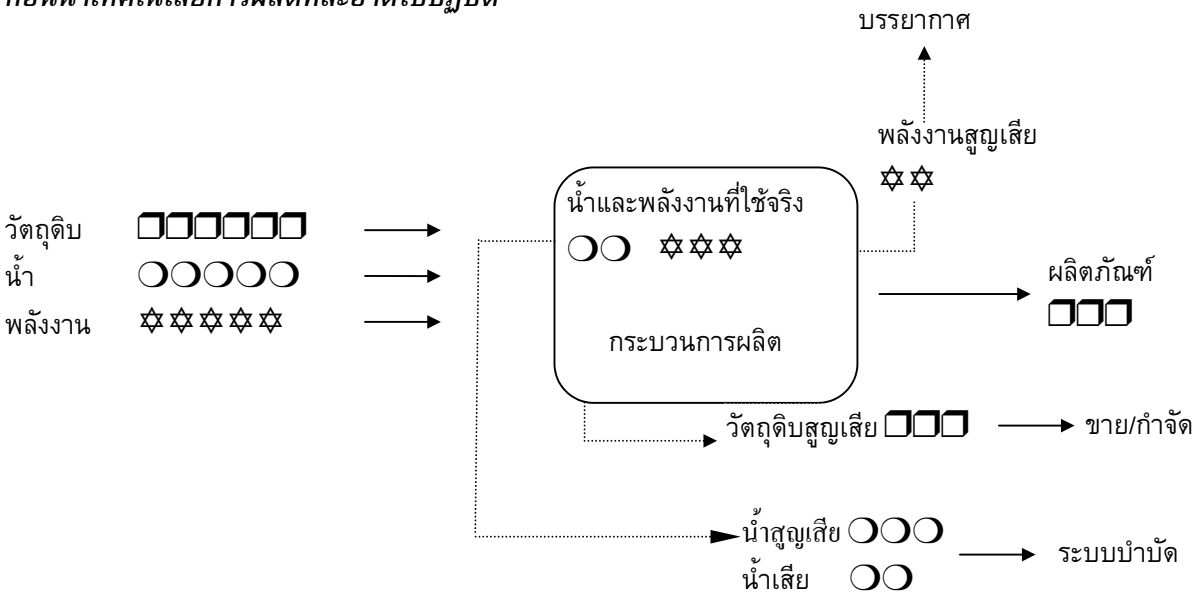
4) เพิ่มความสัมพันธ์ของพนักงาน หน่วยงานราชการ และชุมชนใกล้เคียง

5) เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากเป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และหลังจากไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่หรือใช้ซ้ำได้อีกต่อไปแล้ว ก็ทำการบำบัดให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับธรรมชาติดังเดิม

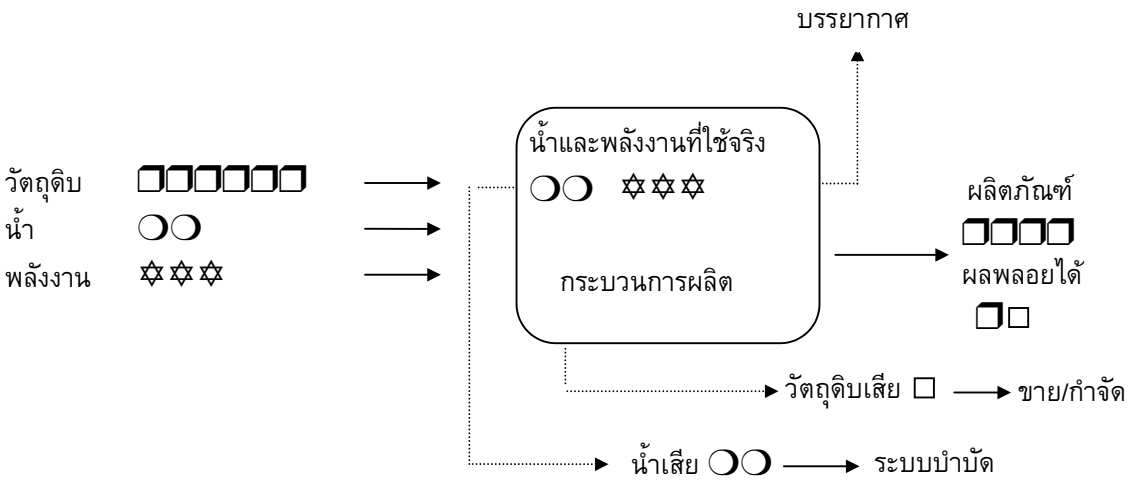
6) พัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

การเปรียบเทียบสถานการณ์ของโรงงานอุตสาหกรรม ก่อนและหลังการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติ

ก่อนนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติ



หลังนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติ

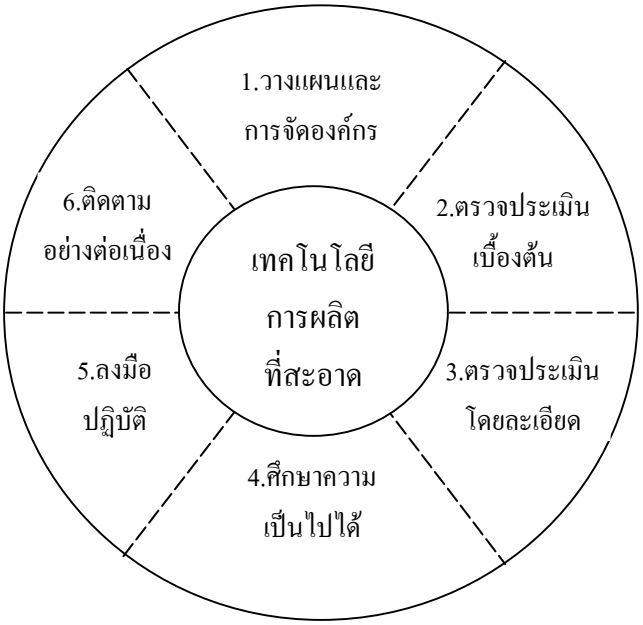


รูปที่ ค-5 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ภาคผนวก ง

การดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มุ่งเน้นให้สามารถนำไปปรับใช้ได้กับกิจการทุกขนาด และในทุกสภาวะ เพราะเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นเครื่องมือให้โรงงาน นำไปใช้ควบคุมการสูญเสียต่างๆ และช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพโดยตัวของระบบงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเอง ทั้งนี้โรงงานจะมีอิสระในการกำหนดขอบเขตของงานตรวจสอบ ประเมินผลทางเลือกต่างๆ เอง สำหรับสิ่งจูงใจที่ให้ดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้น กรมโรงงานอุตสาหกรรมไม่มีเจตนาที่จะเพิ่มอัตราค่าใช้จ่ายใหม่ให้กับโรงงาน เพราะไม่ได้กำหนดหรือบังคับให้โรงงานต้องลงทุน ปรับเปลี่ยนมากมายหรือจัดหาทรัพยากร/บุคลากรใหม่มาใช้งานแทน แต่กลับเน้นไปที่ความร่วมมือของบุคลากรที่โรงงานมีอยู่ ดังนั้นฝ่ายบริหารของโรงงานระดับสูงที่มองการณ์ไกล ต้องยอมรับและให้การสนับสนุนโครงการต่างๆ ของโรงงานตนก่อน งานจึงจะบรรลุเป้าหมายของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ตั้งไว้ โดยการดำเนินงานประกอบด้วย 6 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ ง-1



รูปที่ ง-1 ขั้นตอนการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนและการจัดการองค์กร (Planning & Organization)

จากสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำในปัจจุบัน เป็นการบีบบังคับให้ผู้ประกอบการต้องแสวงหาแนวความคิดใหม่ๆ ที่ท้าทายทางด้านผลผลิตและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม เพื่อเปลี่ยนความสูญเสียให้เป็นกำไร สิ่งจูงใจที่ทำให้ผู้บริหารโรงงานมีความสนใจในเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โดยเรียงตามลำดับความสำคัญ คือ

- เป็นภาพพจน์ของโรงงาน
- เป็นมาตรการที่ทุกฝ่ายชนะ(Win-Win measures)
- เพิ่มโอกาสในการแข่งขันด้านการค้า
- ทำตามแนวทางที่เป็นที่ยอมรับกันแล้ว
- ค่าพลังงานและน้ำแพงมากขึ้น
- กฎหมายควบคุมเข้มงวดขึ้น
- ภาวะกดดันจากกลุ่มอนุรักษ์ต่างๆ

ฝ่ายบริหารระดับสูงของโรงงาน จะต้องเห็นความสำคัญของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดและให้การสนับสนุนโดย

1.1 กำหนดนโยบายอย่างชัดเจนและเป็นลายลักษณ์อักษร โดยแจ้งทุกแผนกเพื่อให้ทุกคนมีส่วนร่วม ย้ำชี้แจงนโยบายเป็นระยะๆ เพื่อการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

1.2 จัดตั้งทีมงาน ประกอบด้วยผู้แทนจากหลายฝ่ายที่สัมพันธ์กันได้แก่ ฝ่ายบริหาร ฝ่ายผลิตฝ่ายวิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่ายซ่อมบำรุง ฝ่ายจัดซื้อ/จำหน่าย โดยร่วมประชุมเพื่อปรึกษาหารือและเสนอแนวทางข้อคิดเห็นต่างๆ เพื่อค้นหาของเสียที่เกิดขึ้นจากการผลิต แล้วหาทางแก้ไขเพื่อให้การสูญเสียนั้นเป็นศูนย์หรือเป็นการใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงเพิ่มคุณภาพและอัตราการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจประเมินเบื้องต้น (Pre-assessment)

2.1 เตรียมการประเมิน

ทีมงานต้องรวบรวมข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิต การใช้วัตถุดิบ (ผลสับปะรด) น้ำ ไฟฟ้า น้ำมันเตา เงื่อนไขต่างๆ สำหรับการเดินระบบ ศึกษาข้อมูลต่างๆ เพื่อหาประเด็นสำคัญทางสิ่งแวดล้อม (Environmental significance) อาจเป็น น้ำเสีย กากของเสีย หรืออากาศเสีย และค้นหาต่อไปว่า สิ่งเหล่านี้เกิดขึ้นจากขั้นตอนใดของการผลิต และเกิดขึ้นได้อย่างไร แล้วนำมาจัดทำตารางข้อมูลตามตารางที่ ง-1 หลังจากได้บันทึกการใช้ทรัพยากรและทราบคุณสมบัติของน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ตามตารางที่ ง-2 แล้ว ให้ทำการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยสิ่งแวดล้อมตามตาราง ง-3

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลทั่วไปโครงการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ข้อมูลทั่วไป

1. ทีมงานตรวจประเมิน

ชื่อ	ตำแหน่ง
1. ……..	. ……..
2. …….	. …….
3……	……
4……	……

2. เป้าหมายเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด คือ เกณฑ์การป้องกันมลพิษ (CT-criteria)

1. การใช้น้ำ	3	ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์
2. การใช้ไฟฟ้า	20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
3. การใช้น้ำมันเตา	22	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
4. ภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD)	5	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์

3. จำนวนพนักงาน ประจำ……..คน
ชั่วคราว……คน

4. เวลาทำงาน ……ชั่วโมง/วัน
……วัน/ปี

5. ปริมาณการผลิต

ผลิตภัณฑ์หลัก และ ผลพลอยได้	ในฤดูการผลิต (ตัน/ชั่วโมง)	นอกฤดูการผลิต (ตัน/ชั่วโมง)	ราคาผลิตภัณฑ์ (บาท/กิโลกรัม)
สับปะรดกระป๋อง			
น้ำสับปะรดกระป๋อง			
แกน			
เปลือก			

ตารางที่ ง-1 ข้อมูลทั่วไปโครงการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (ต่อ)

6. วัตถุดิบ

ผลิตภัณฑ์หลัก และ ผลพลอยได้	ในฤดูการผลิต (ตัน/ชั่วโมง)	นอกฤดูการผลิต (ตัน/ชั่วโมง)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)
สับปะรด			
น้ำสับปะรด			

7. รายการสาธารณูปโภค

ประเภท		ปริมาณ
7.1	น้ำใช้ แหล่งที่มา.....	.....ลูกบาศก์เมตร/เดือน
	วิธีทำน้ำอ่อน.....	
7.2	น้ำมันเตา	..... .ลิตร/เดือน
7.3	ไฟฟ้า	.....กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน

8. ระบบบำบัดน้ำเสีย

ประเภทของระบบบำบัด	.....
ปริมาณ	.....ลูกบาศก์เมตร/วัน

9. กากของเสีย (ของแข็ง)

เศษสับปะรด	.....กิโลกรัม/วัน
เปลือกสับปะรด	.....กิโลกรัม/วัน

ตารางที่ ง-2 คุณสมบัติของน้ำเสีย

แหล่งกำเนิด	อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	pH	อุณหภูมิ (^{o}C)	BOD (กิโลกรัม/วัน)	SS (กิโลกรัม/วัน)
1. รับวัตถุดิบ					
2. คัดขนาด					
3. ปอกเปลือก/เจาะแกน					
4. ตัดแต่ง/ตัดแว่น					
5. เครื่องไล่อากาศ					
6. เครื่องปิดฝา					
7. เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์					

ตารางที่ ง-3 การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม	ปริมาณ	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	กฎหมายเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม	นโยบายบริษัท	คะแนนรวม	ลำดับ	หมายเหตุ
1. น้ำทิ้ง							
2. น้ำมันเตา							
3. ไฟฟ้า							
4. เศษ/เปลือกสับปะรด							
5. มลพิษทางอากาศ							
6. อื่นๆ							

คะแนน 1 : สูง
2 : ปานกลาง
3 : ต่ำ

2.2 บันทึกรายการของหน่วยปฏิบัติการทั้งหมด

จัดทำ Lay Out เพื่อแสดงขอบเขตพื้นที่ทำการผลิตซึ่งมีหลายหน่วยการผลิต แต่ละหน่วยผลิตมีขอบเขตพื้นที่แน่นอนที่จะพบมวลสารที่เข้าและออก และจัดทำตารางบันทึกการเดินเครื่องของแต่ละหน่วยผลิตและหน่วยเสริม ดังตารางที่ ง-4

ตารางที่ ง-4 บันทึกรายการของหน่วยปฏิบัติการต่างๆ

หน่วยผลิต	การใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์) หรือการใช้เชื้อเพลิง (ลิตร/ชั่วโมง)	ความสามารถในการนำมวลสารเข้า (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	ระยะเวลาในการเดินเครื่อง (ชั่วโมง/วัน)	หมายเหตุ
1. รับวัตถุดิบ				
2. คัดขนาด				
3. ปอกเปลือก/เจาะแกน				
4. ตกแต่ง/ตัดแว่น				
5. เครื่องไล่อากาศ				
6. เครื่องปิดฝา				
7. เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์				
8. ระบบน้ำประปา				
9. เครื่องปั้มน้ำ				
10. มอเตอร์				
11. สายพานลำเลียง				
12. อื่นๆ				

2.3 จัดทำแผนผังกระบวนการผลิต

เขียนแผนผังการผลิต โดยให้เรียงต่อกันแต่ละหน่วยการผลิต เพื่อแสดงการไหลของมวลสารเข้าและออกของแต่ละหน่วยการผลิต แสดงดังรูปที่ ข-13 ภาคผนวก ข.

2.4 ประเมินการใช้ทรัพยากร

ทำการประเมินการใช้ทรัพยากร วัตถุดิบ น้ำ ไฟฟ้า และน้ำมันเตา รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่ได้ แล้วจัดทำตารางข้อมูล ดังตารางที่ ง-5

ตารางที่ ง-5 แสดงการใช้ทรัพยากรในการผลิต

อัตรากำลังการผลิต (ตัน/วัน)	การใช้ทรัพยากร(หน่วย/ตันผลิตภัณฑ์)					ของเสีย(หน่วย/ตันผลิตภัณฑ์)	
	ผลสับปะรด (กิโลกรัม)	น้ำตาล/กรดซิตริก (กิโลกรัม)	น้ำใช้ (ลูกบาศก์เมตร)	น้ำมันเตา (ลิตร)	ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	น้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร)	กากของเสีย (กิโลกรัม)
สับปะรดกระป๋อง							
น้ำสับปะรดกระป๋อง							
น้ำสับปะรดเข้มข้น							
แกนสับปะรดอบแห้ง							
น้ำตาล							
ราคาค่าใช้จ่าย	บาท/กิโลกรัม	บาท/กิโลกรัม	บาท/ลูกบาศก์เมตร	บาท/ลิตร	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ค่าบำบัด บาท/ลูกบาศก์เมตร	ค่าบำบัด/ขาย บาท/กิโลกรัม

น้ำเสียที่เกิดขึ้นปนเปื้อนสารอินทรีย์ (Organic Substance) เป็นส่วนใหญ่ นำไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ค่าความสกปรกในรูปของความต้องการออกซิเจน (Biochemical Oxygen Demand, BOD) ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid, SS) และอุณหภูมิ เพื่อจะได้ทราบความเข้มข้น และองค์ประกอบ สำหรับที่จะนำไปพิจารณาหาแหล่งหรือบริเวณของแต่ละขั้นตอนการผลิตที่เกิดของเสียหรือเกิดการสูญเสียทรัพยากร

2.5 กำหนดบริเวณที่จะทำการประเมินโดยละเอียด

โดยจัดทำตารางข้อมูลเพื่อเลือกบริเวณพื้นที่ที่จะนำไปประเมิน โดยวิธีการให้น้ำหนักคะแนน ตามตารางที่ ง-6

ตารางที่ ง-6 การเลือกบริเวณพื้นที่เพื่อทำการประเมินโดยละเอียด

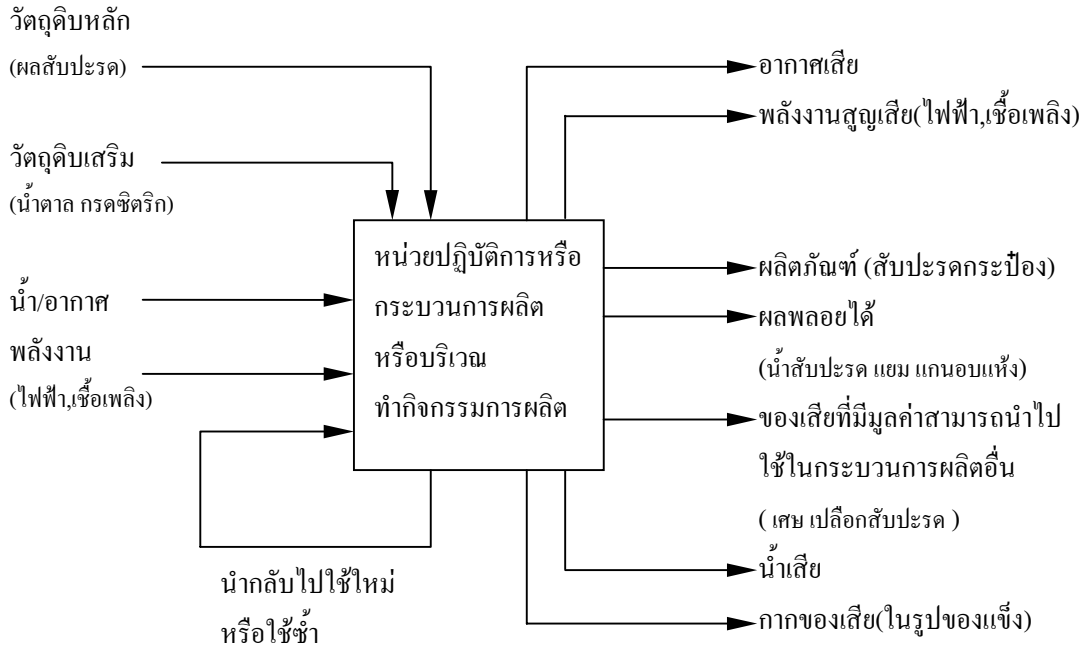
หน่วยการผลิต	เกณฑ์การเลือก				คะแนนรวม	ลำดับที่
	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (pH/BOD/SS/Temp.)	ต้นทุนการสูญเสีย	วิธีการป้องกันมลพิษ	ความไม่ร่วมมือของพนักงาน		
1. รับวัตถุดิบ						
2. คัดขนาด						
3. ปอกเปลือก/ เจาะแกน						
4. ตัดแต่ง/ตัดแว่น						
5. บรรจุ/เติมน้ำปรุงรส						
6. ไล่อากาศ						
7. ปิดฝา						
8. ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์						
9. ทำให้เย็น						
10. ปิดฉลาก						

คะแนน 1 : สูง
2 : ปานกลาง
3 : ต่ำ

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจประเมินโดยละเอียด (Detailed audit)

3.1 ทำสมดุลมวลสาร (Material Balance)

เพื่อต้องการทราบปริมาณวัตถุดิบ น้ำใช้และพลังงานทั้งหมดที่เข้าและออกจากระบบต่างๆ โดย พิจารณาจากรูปที่ ง-2



รูปที่ ง-2 แสดงการทำสมดุลของมวลสารรอบหน่วยปฏิบัติการ

การคำนวณสมดุลมวลสาร โดยอาศัยสมการอนุรักษ์มวลสาร (equation of mass conservation) ซึ่งกล่าวไว้ว่า มวลรวมของระบบที่แยกออกจากระบบอื่น (Isolated system) จะมีค่าคงเดิมเสมอไม่ว่าจะมีปฏิกิริยาใดๆ เกิดขึ้นภายในระบบหรือไม่ก็ตาม โดยมวลสารจะไม่สูญหายไปไหน และสามารถเขียนเป็นสมการอย่างง่ายดังนี้

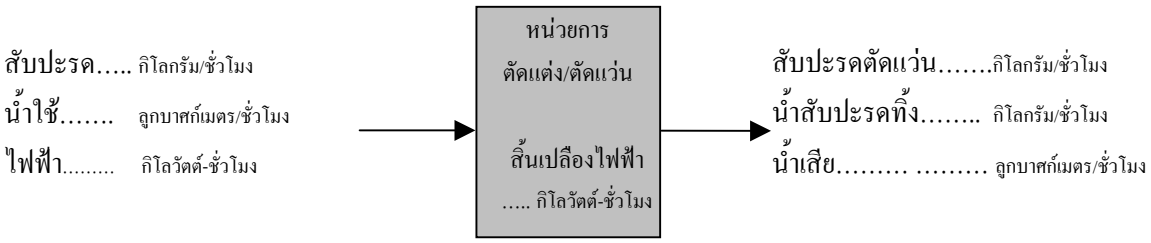
มวลสารเข้าระบบ (Input) = มวลสารออกจากระบบ (Out put)

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้เทคนิคกล่องดำ (Black block Technique) มาใช้คำนวณสมดุลมวลสาร ดังนี้

1. แยกกระบวนการผลิตออกเป็นแต่ละหน่วยการผลิตย่อย
2. กำหนดขอบเขตระบบหรือหน่วยผลิตโดยใช้ Block diagram มีลูกศรแสดงการไหลเข้าและออกของมวลสาร (ทรัพยากร)ในแต่ละส่วนการผลิต
3. ใช้ทฤษฎี กฎ หรือหลักอ้างอิง เพื่อใช้ในการคำนวณแก้ปัญหา
4. รวบรวมข้อมูลต่างๆที่มีอยู่ แปลความหมายข้อมูลให้อยู่ในรูปขององค์ประกอบโดยเฉพาะตัวเลข แล้วบันทึกลงในแต่ละสายที่เข้าและออกจากหน่วยผลิต ทั้งที่ทราบค่าและไม่ทราบค่ามวลสาร ให้อยู่ในรูปของน้ำหนักและปริมาตร และควรตรวจสอบหน่วยที่ใช้ให้เป็นหน่วยเดียวกันตลอด
5. ตั้งสมการสมดุลมวลสาร
6. กำหนดตัวแปรค่า รวมทั้งสมการอิสระหรือหลักอ้างอิงทั้งหมดที่จำเป็นต้องใช้

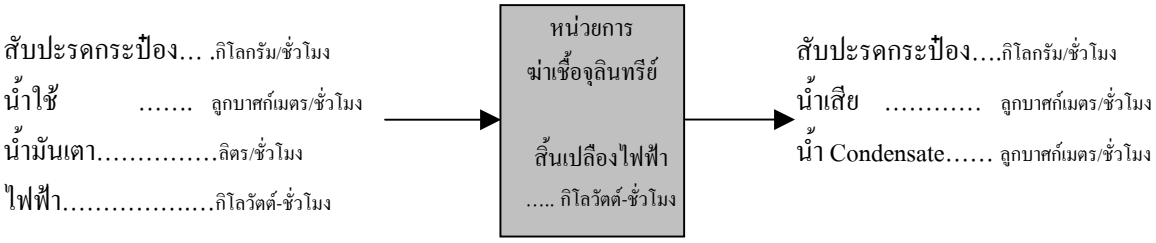
ตัวอย่างการเขียน Block diagram แสดงดังนี้

ตัวอย่างที่ 7



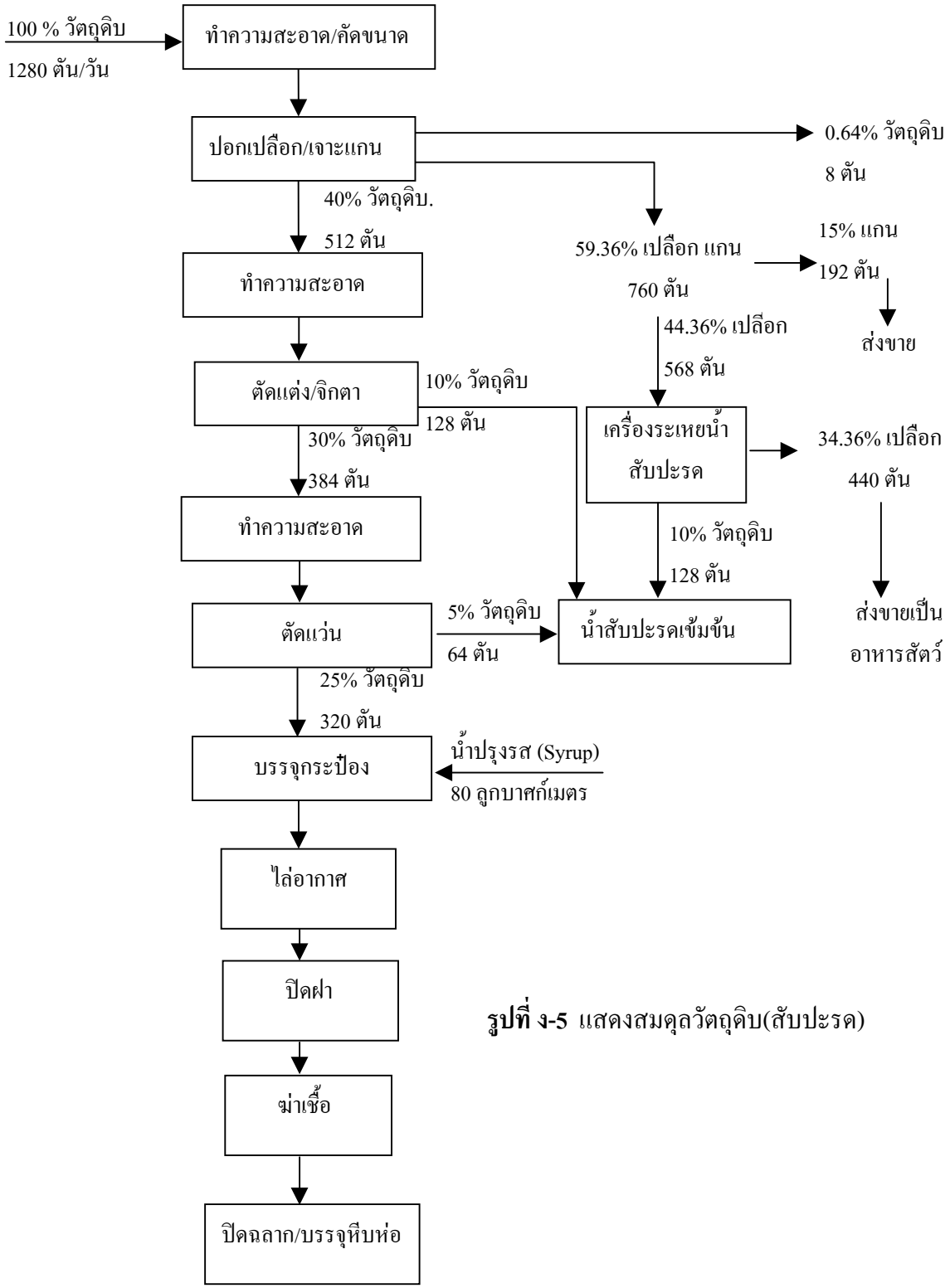
รูปที่ ง-3 แสดงสมดุลมวลสารของหน่วยการ ตัดแต่ง/ตัดแว่น

ตัวอย่างที่ 8



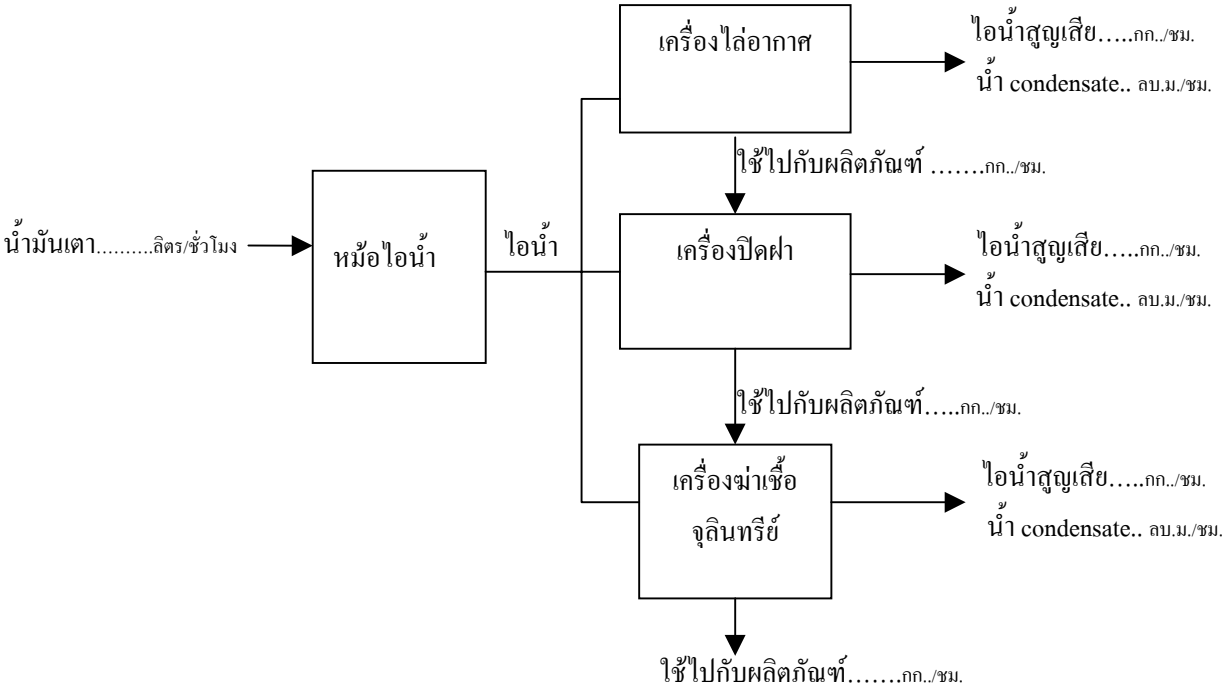
รูปที่ ง-4 แสดงสมดุลมวลสารของหน่วยฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

ตัวอย่างที่ 9 สมดุลย์มวลสารรอบกระบวนการผลิต



รูปที่ ง-5 แสดงสมดุลวัตถุดิบ(สับปะรด)

ตัวอย่างที่ 10 สมดุลพลังงาน (น้ำมันเตา) ของระบบหม้อไอน้ำ



รูปที่ ง-6 แสดงสมดุลพลังงาน(น้ำมันเตา)

3.2 วิเคราะห์บริเวณหรือสาเหตุการสูญเสีย

เมื่อทำสมดุลมวลสาร และพลังงานของแต่ละหน่วยการผลิตแล้ว นำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่ามีการสูญเสียสับปะรด น้ำสับปะรด น้ำใช้ ไฟฟ้า และน้ำมันเตา หรือวัสดุอื่นๆ เกิดขึ้นบริเวณใดบ้าง จัดทำตารางข้อมูลดังตารางที่ ง-7 จากนั้นคำนวณต้นทุนการสูญเสียแล้วบันทึกลงตามตารางที่ ง-8

ตารางที่ ง-7 บริเวณหรือสาเหตุของการสูญเสีย

หน่วยการผลิต/ กระบวนการ/ พื้นที่กิจกรรม	มวลสารเข้า(หน่วย/ตันผลิตภัณฑ์)					มวลสารออก(หน่วย/ตันผลิตภัณฑ์)				
	สับปะรด กิโลกรัม	*น้ำปรุงรส กิโลกรัม	น้ำใช้ ลบ.เมตร	*ไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชม.	น้ำมันเตา ลิตร	สับปะรด กิโลกรัม	น้ำ สับปะรด กิโลกรัม	เศษ/ เปลือก สับปะรด กิโลกรัม	ปริมาณ น้ำเสีย ลบ.เมตร	น้ำมันเตา สูญเสีย ลิตร
1. รับวัตถุดิบ										
2. คัดขนาด										
3. ปอกเปลือก เจาะแกน										
4. ตัดแต่ง/ตัดแว่น										
5. บรรจุใส่ กระป๋อง										
6. ไล่อากาศ										
7. ปิดฝา										
8. ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์										
9. ทำให้เย็น										
10. ปิดฉลาก										
รวม										

หมายเหตุ *น้ำปรุงรส ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์

*ไฟฟ้า หากเครื่องจักรมีประสิทธิภาพตามที่กำหนดไม่ถือเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน แต่ถ้าเดินเครื่องจักรตัวเปล่าให้คิดตามเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย

ตารางที่ ง-8 ต้นทุนการสูญเสีย

ประเภทของเสีย	หน่วยผลิต	ต้นทุนของผลิตภัณฑ์ที่สูญเสีย (ต่อปี)	ต้นทุนของวัตถุที่สูญเสีย (ต่อปี)	ต้นทุนทางสิ่งแวดล้อม (ต่อปี)	ต้นทุนรวม (ต่อปี)
1. เศษสับปะรด					
2. เปลือกสับปะรด					
3. น้ำสับปะรด					
4. น้ำเสีย					
5. เชื้อเพลิง - ไอน้ำ - น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ					
6. ไฟฟ้าสูญเสีย					
รวม					

3.3 วิธีป้องกันการสูญเสีย หรือโอกาสเลือกทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เมื่อพบบริเวณที่มีการสูญเสีย เนื้อสับปะรด น้ำสับปะรด น้ำใช้ ไฟฟ้า น้ำมันเตา ขั้นต่อไปต้องเป็นการเลือกทางเลือกของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (CT-Option) ด้วยวิธี

1. Good housekeeping หมายถึง การจัดการที่ดี นั่นคือการบริหารกระบวนการผลิตและการปฏิบัติงานให้มีศักยภาพ รายละเอียดได้อธิบายไว้ใน ภาคผนวก จ.

2. Technology change การปรับปรุงเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น น้ำสับปะรด เนื้อสับปะรด เศษเปลือกที่ถูกทิ้งระหว่างการผลิตโดยไม่มีค่า ให้หาวิธีการนำวัตถุดิบเหล่านี้ไปทำให้มีคุณค่ามากที่สุดได้แก่ การทำแยม ทำน้ำสับปะรด ทำน้ำตาล จะได้ราคามากกว่าการนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งต้องมีการศึกษาในด้านการลงทุน

3. Recycling/Reuse/Recovery เป็นการนำน้ำ หรือพลังงานความร้อนในน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่เกิดการสูญเสียกลับไปใช้ใหม่หรือใช้ซ้ำ ซึ่งต้องมีการศึกษาคุณภาพน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง แล้วยังมีคุณภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนอื่นได้อีกหรือไม่ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมอาหาร ก็ต้องขึ้นอยู่กับความสะอาด ความปลอดภัยของผู้บริโภคเป็นสำคัญด้วย

สำหรับ CT-Option ต่างๆ ที่จะพิจารณาใช้ ให้เลือกวิธีการที่สามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่ต้องลงทุนก่อน ตามด้วยทางเลือกที่ต้องมีการลงทุนและคุ้มค่าการลงทุน สำหรับการเลือกใช้วิธีการป้องกันมลพิษ ให้พิจารณาจากบทที่ 3 แล้วจัดทำตารางข้อมูลดังตารางที่ ง-9 ง-10 และ ง-11 ดังนี้

ตารางที่ ง-9 รายการวิธีการป้องกันมลพิษ

หน่วยการผลิต	วิธีการป้องกันมลพิษ	เทคนิคการดำเนินงาน
1. รับวัตถุดิบ		
2. คัดขนาด		
3. ปอกเปลือก/เจาะแกน		
4. ตัดแต่ง/ตัดแว่น		
5. บรรจุกระป๋อง		
6. เครื่องไล่อากาศ		
7. เครื่องปิดฝา		
8. เครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์		
9. ทำให้เย็น		
10. ปิดฉลาก		

ตารางที่ ง-10 การคัดเลือกวิธีป้องกันมลพิษ

วิธีการป้องกันมลพิษ	ทำได้ทันที	ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม	ไม่สามารถปฏิบัติได้	หมายเหตุ
1. การลดปริมาณน้ำใช้				
2. การลดการใช้ไฟฟ้า				
3. การลดการใช้น้ำมันเตา				
4. การลดภาระความสกปรกของน้ำเสีย				

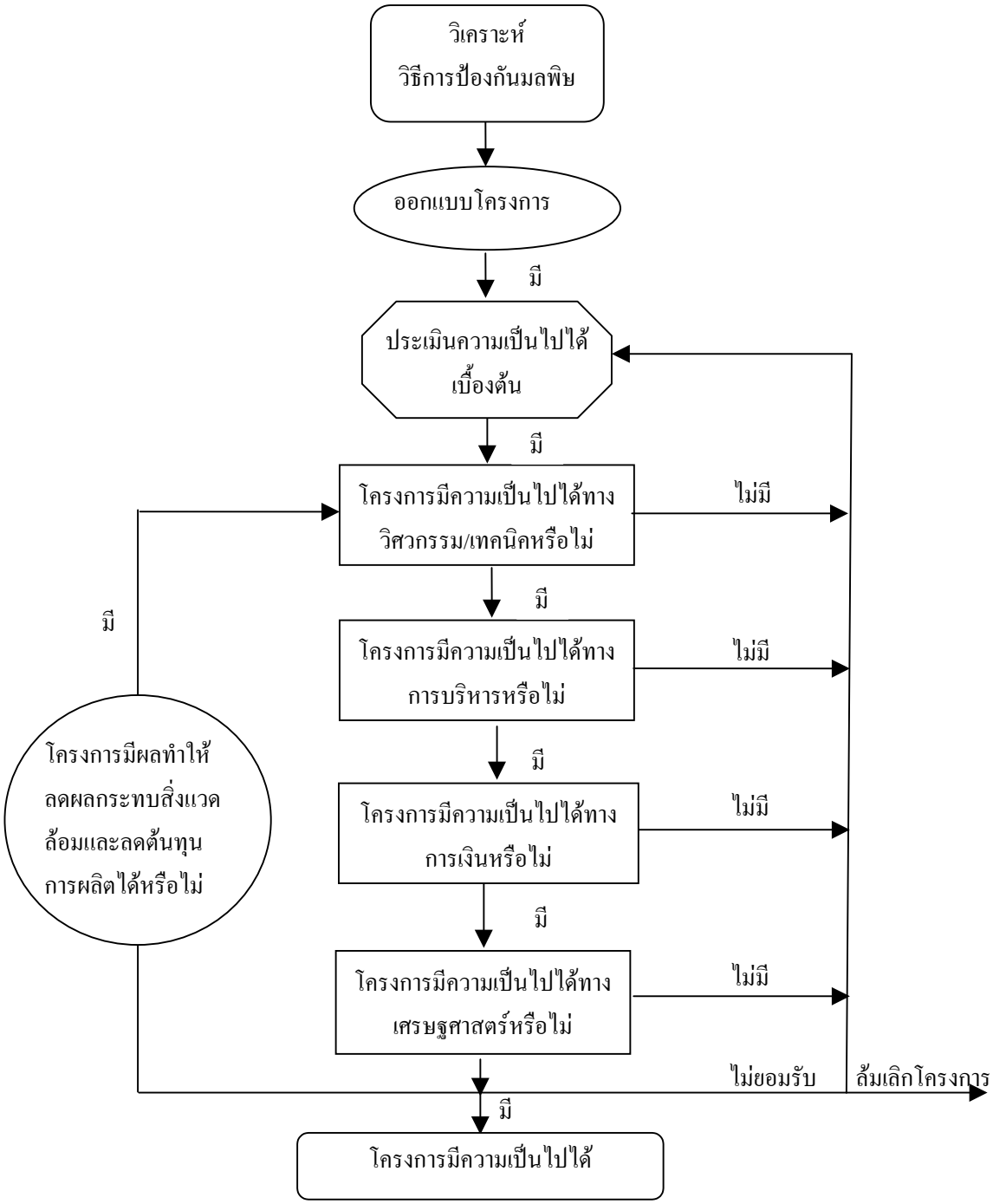
ตารางที่ ง-11 การคิดวิธีการป้องกันมลพิษที่เหมาะสมเพื่อนำไปปฏิบัติ

วิธีการป้องกันมลพิษ	คะแนนความเป็นไปได้			รวมคะแนน	ปฏิบัติได้/ไม่ได้
	ทางด้านเทคนิค	ทางด้านเศรษฐศาสตร์	ทางด้านสิ่งแวดล้อม		
1. การลดปริมาณน้ำใช้ - ติดตั้งหัวฉีดน้ำแรงดันสูง - นำน้ำล้น หรือ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ กลับมาใช้ใหม่ - นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ กลับไปใช้ในระบบหม้อไอน้ำ - ติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำ - ล้างกระป๋องเปล่าแบบสวนกระแส - นำน้ำล้างกระป๋องเปล่าและน้ำหล่อเย็นไปล้างทำความสะอาดพื้น - ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำ					
2. การลดการใช้ไฟฟ้า - ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง - ควบคุมการบริหารกำลังไฟฟ้า					
3. การลดการใช้น้ำมันเตา - นำน้ำล้น หรือ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ ไปล้างวัตถุดิบ - นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ กลับไปใช้กับหม้อไอน้ำ - หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ					
4.การลดภาระความสกปรกของน้ำเสีย - การนำเศษและน้ำสับปะรดที่เกิดจากการตัดแต่ง/ตัดแว่น ไปทำน้ำสับปะรด - การนำเปลือกสับปะรดไปทำน้ำตาล - การติดตั้งเครื่องกรองเศษสับปะรด - เก็บกวาดเศษสับปะรดตามพื้นโรงงาน					

คะแนน 1 : สูง
2 : ปานกลาง
3 : ต่ำ

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาความเป็นไปได้

เมื่อเลือกวิธีการป้องกันมลพิษได้แล้ว วิธีใดที่ต้องมีการลงทุน ให้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ว่ามีมากน้อยเพียงใด ตามหลักการดังรูปที่ ง-7



รูปที่ ง-7 หลักการเบื้องต้นสำหรับวิเคราะห์โครงการ

ขั้นตอนที่ 5 การลงมือปฏิบัติ (Implementation)

ทีมงานต้องจัดทำแผนปฏิบัติงานโครงการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ตัดสินใจเลือกกันแล้ว ตามทางเลือกวิธีการป้องกันมลพิษ (CT-Option) ต่างๆ เพื่อให้การใช้ทรัพยากรน้ำ ไฟฟ้า น้ำมันเตา และการใช้วัตถุดิบเป็นไปตามเกณฑ์การป้องกันมลพิษ (CT-Criteria) ที่ได้กำหนดไว้จำนวน 4 หัวข้อ คือ

1. การใช้น้ำ	3	ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์
2. การใช้ไฟฟ้า	20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์
3. การใช้น้ำมันเตา	22	ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์
4. ภาระความสกปรกในน้ำเสีย (BOD)	5	กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์

ทั้งนี้ให้จัดทำแผนปฏิบัติงานตามตารางที่ ง-12

ขั้นตอนที่ 6 การตรวจติดตามอย่างต่อเนื่อง(Continuation)

เมื่อได้สร้างแผนปฏิบัติงาน และดำเนินงานตามแผนระยะหนึ่งแล้ว ต้องทำการติดตามอย่างต่อเนื่องเพื่อประเมินผลการทำงานดังนี้

6.1 เปรียบเทียบการใช้น้ำ ไฟฟ้า น้ำมันเตา และการสูญเสียทรัพยากรในปัจจุบันกับอดีตที่ผ่านมา เพื่อดูว่าการใช้ทรัพยากรเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

6.2 เปรียบเทียบทรัพยากรที่ใช้กับเกณฑ์ป้องกันมลพิษตลอดเวลา เมื่อดำเนินงานเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดแล้ว ทางทีมงานควรตั้งเกณฑ์ของโรงงานใหม่ เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิต และลดการใช้จ่ายให้มากขึ้น รวมถึงการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อมลดลงไปด้วย

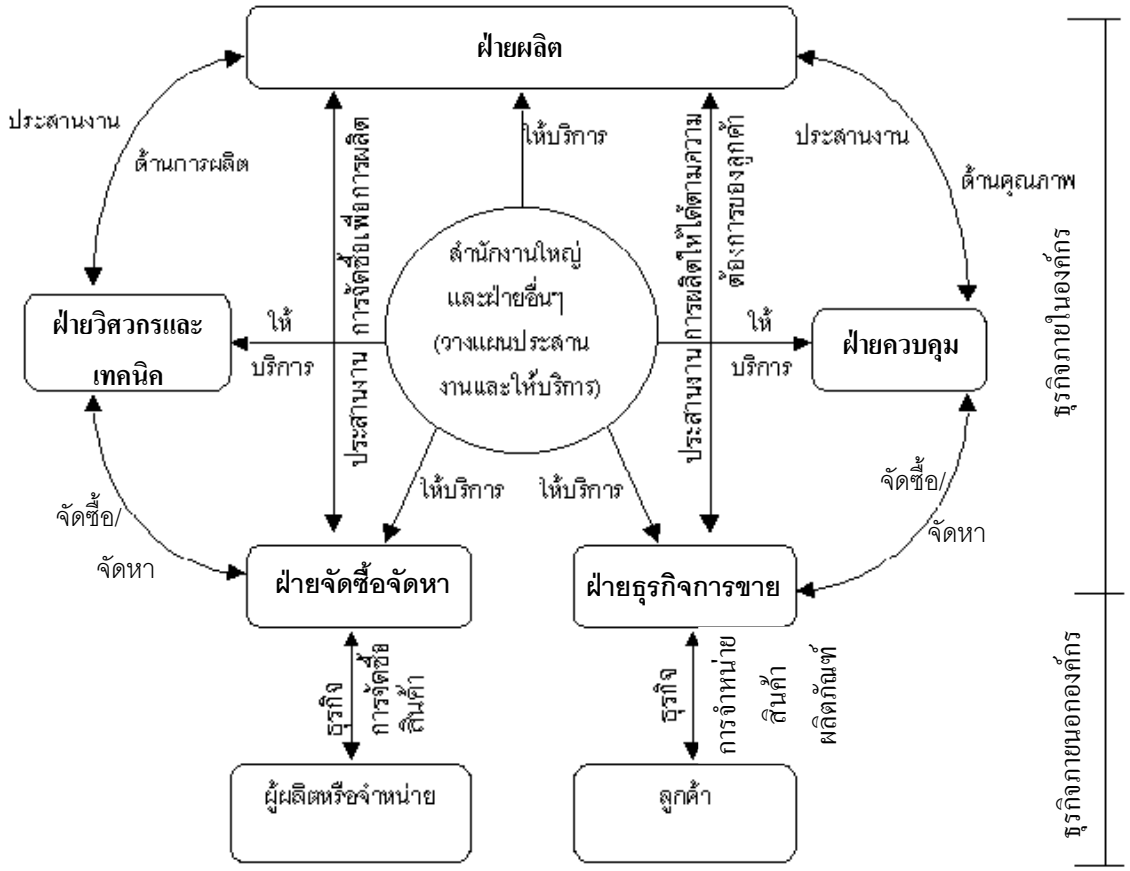
ตารางที่ ง-12 แผนงานการปฏิบัติงานโครงการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ลดการสูญเสีย	เกณฑ์ CT	บริเวณหน่วยผลิต	วิธีการ	ระยะเวลา เดือน/พ.ศ												ผู้รับผิดชอบ
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. น้ำใช้	3 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์	1. รับวัตถุดิบ 2. คัดขนาด 3. ปอกเปลือกเจาะแกน 4. ตัดแต่งตัดแว่น 5. บรรจุ 6. ไล่อากาศ 7. ปิดฝา 8. ฆ่าเชื้อ 9. ทำให้เย็น	1. การบริหารจัดการ 2. การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี 3. การนำกลับมาใช้ใหม่/ใช้ซ้ำ 4. การปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ 5. การทำให้เป็นผลพลอยได้ 6. การควบคุมกระบวนการผลิต													
2.พลังงาน 2..1 ไฟฟ้า	20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์	1. รับวัตถุดิบ 2. คัดขนาด 3. ปอกเปลือกเจาะแกน 4. ตัดแต่งตัดแว่น 5. บรรจุ 6. ไล่อากาศ 7. ปิดฝา 8. ฆ่าเชื้อ 9. ทำให้เย็น	1. การบริหารจัดการ 2. การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี 3. การนำกลับมาใช้ใหม่/ใช้ซ้ำ 4. การปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ 5. การทำให้เป็นผลพลอยได้ 6. การควบคุมกระบวนการผลิต													
2.2 เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา)	22 ลิตร/ตันผลิตภัณฑ์															
3.ภาระความสกปรกในน้ำเสีย (BOD)	5 กิโลกรัม/ตันผลิตภัณฑ์	1. รับวัตถุดิบ 2. คัดขนาด 3. ปอกเปลือกเจาะแกน 4. ตัดแต่งตัดแว่น 5. บรรจุ 6. ไล่อากาศ 7. ปิดฝา 8. ฆ่าเชื้อ 9. ทำให้เย็น	1. การบริหารจัดการ 2. การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี 3. การนำกลับมาใช้ใหม่/ใช้ซ้ำ 4. การปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ 5. การทำให้เป็นผลพลอยได้ 6. การควบคุมกระบวนการผลิต													

ภาคผนวก จ

การควบคุมการผลิตระดับโรงงาน (Shop Floor Control)

ระบบควบคุมการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับสถานประกอบการ ที่จะนำไปปฏิบัติเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตหรือลดต้นทุนการผลิต เป็นผลทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรวัตถุดิบ น้ำ พลังงาน การใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ในการบริหารการผลิต ทุกฝ่ายในองค์กรจะต้องมีหน้าที่สัมพันธ์กัน และการปฏิบัติงานของแต่ละฝ่ายต้องสอดคล้องและรองรับงานซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ แสดงดังรูปที่ จ-1



รูปที่ จ-1 แสดงความสัมพันธ์ของฝ่ายต่างๆ ในสถานประกอบการ

1. ฝ่ายจัดซื้อ (Purchasing)

การสั่งซื้อวัตถุดิบและชิ้นส่วนต่างๆ เป็นหน้าที่ของฝ่ายจัดซื้อ ทั้งนี้ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- ความต้องการของอัตรากำลังผลิตเนื่องจากสับปะรดมีคุณภาพแปรผกผันกับเวลาที่ใช้ในการเก็บรักษา และไม่จำเป็นต้อง Stock เก็บไว้ เพราะโดยส่วนใหญ่พื้นที่เพาะปลูกสับปะรดก็อยู่ไม่ไกลจากโรงงานมากนัก
- ความอ่อนแก่ของสับปะรด ต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานการผลิต
- สิ่งปนเปื้อนที่มากับวัตถุดิบ อาจเป็นดิน สารตกค้าง หากเป็นไปได้ควรให้เกษตรกรทำการกำจัด ณ บริเวณพื้นที่เพาะปลูก หรือถ้าโรงงานปลูกสับปะรดเอง ก็ควรกำจัดสิ่งสกปรกทั้งหมดไว้ที่บริเวณพื้นที่เพาะปลูก

2. ฝ่ายผลิต (Production)

วางแผนการผลิตโดยทั่วๆ ไปจะพิจารณาจากข้อมูลการขายและระดับสินค้าคงคลังที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง ความสามารถของเครื่องจักร/แรงงาน ความสม่ำเสมอด้านการผลิตในช่วงเวลาที่ได้วางแผนไว้ รวมถึงมาตรฐานการผลิตที่กำหนดไว้ ทั้งหมดนี้จะเป็นข้อมูลที่มุ่งจะนำมาใช้เพื่อจัดตารางการผลิต การวางแผนควบคุมการผลิต แสดงดังรูปที่ จ-2

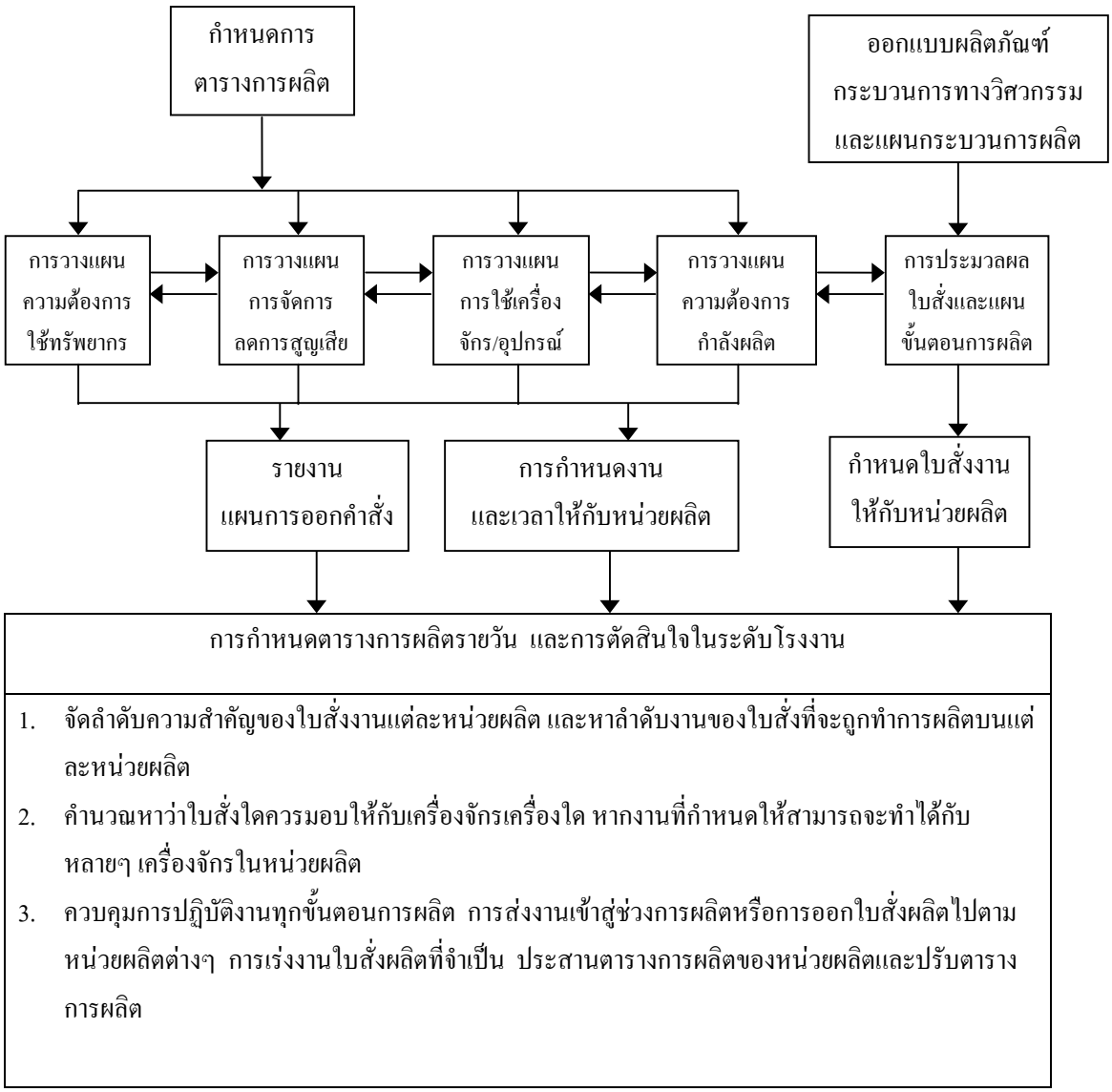
2.1 การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling)

การจัดตารางการผลิต ก็เพื่อต้องการกำหนดงานให้กับเครื่องจักรต่างๆ ข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบนี้ประกอบด้วยชุดออกใบสั่งงาน (Order Release) และการควบคุมลำดับความสำคัญที่ได้จัดไว้เป็นลำดับหนึ่ง

2.1.1 การออกใบสั่งงาน (Production Release)

การจัดเตรียมเอกสารที่จำเป็นสำหรับการผลิตตามใบสั่ง จะรวบรวมอยู่ในรูปของเอกสารโรงงาน (Shop Packet) เอกสารเหล่านี้จะถูกส่งเข้าไปในโรงงานพร้อมกับการออกใบสั่งงาน ชุดเอกสารโรงงานของใบสั่งงานหนึ่งๆ จะประกอบด้วย

1. ใบแสดงขั้นตอนการผลิต (Route Sheet) แสดงลำดับขั้นตอนการผลิตและเครื่องมือต่างๆ ที่ใช้ในการผลิต
2. ใบแสดงรายการวัสดุที่ต้องใช้ (Material Requisition) เพื่อเบิกวัสดุที่ใช้ในการผลิต
3. ใบงาน (Job cards) จำนวนใบงานต้องเพียงพอกับพนักงานที่ควบคุมในแต่ละขั้นตอนการผลิต
4. บัตรเคลื่อนย้าย (Move tickets) เพื่อใช้ในการเคลื่อนย้ายงานระหว่างหน่วยงาน
5. ใบแสดงรายการชิ้นส่วน (Parts list) สำหรับงานประกอบ



รูปที่ จ-2 การวางแผนควบคุมกระบวนการผลิต

เอกสารโรงงานจะส่งไปพร้อมกับงานตามแต่ละขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วยเอกสารที่จำเป็นที่จะทำให้งานแล้วเสร็จและใช้ในการติดตามความก้าวหน้าของงาน ในส่วนของใบสั่งงานจะประกอบด้วยเอกสาร 2 ชุดคือ

ก. ชุดสารสนเทศพื้นฐาน คือใบสั่งรายการใดๆ ที่มาจากระบบการวางแผนและบริหารการผลิต

ข. ชุดฐานข้อมูลการผลิต วิศวกรรม ซึ่งจะบรรจุ 2 รายการ คือ

- รายการมาตรฐานการผลิตประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตและหน่วยผลิตที่จำเป็นต่อ การผลิตตามใบสั่ง
- รายการโครงสร้างผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยรายการวัสดุต่างๆ และรายการชิ้นส่วนประกอบ

2.1.2 การควบคุมลำดับความสำคัญของการผลิต

เพื่อให้บรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในตารางการผลิตหลัก ควรจัดลำดับของใบสั่งงาน เพื่อการผลิตจะได้ดำเนินไปตามลำดับความสำคัญของใบสั่งแต่ละใบ แสดงตามรูป ที่ จ-3

2.2 วางแผนกำลังการผลิต (Capacity Planning)

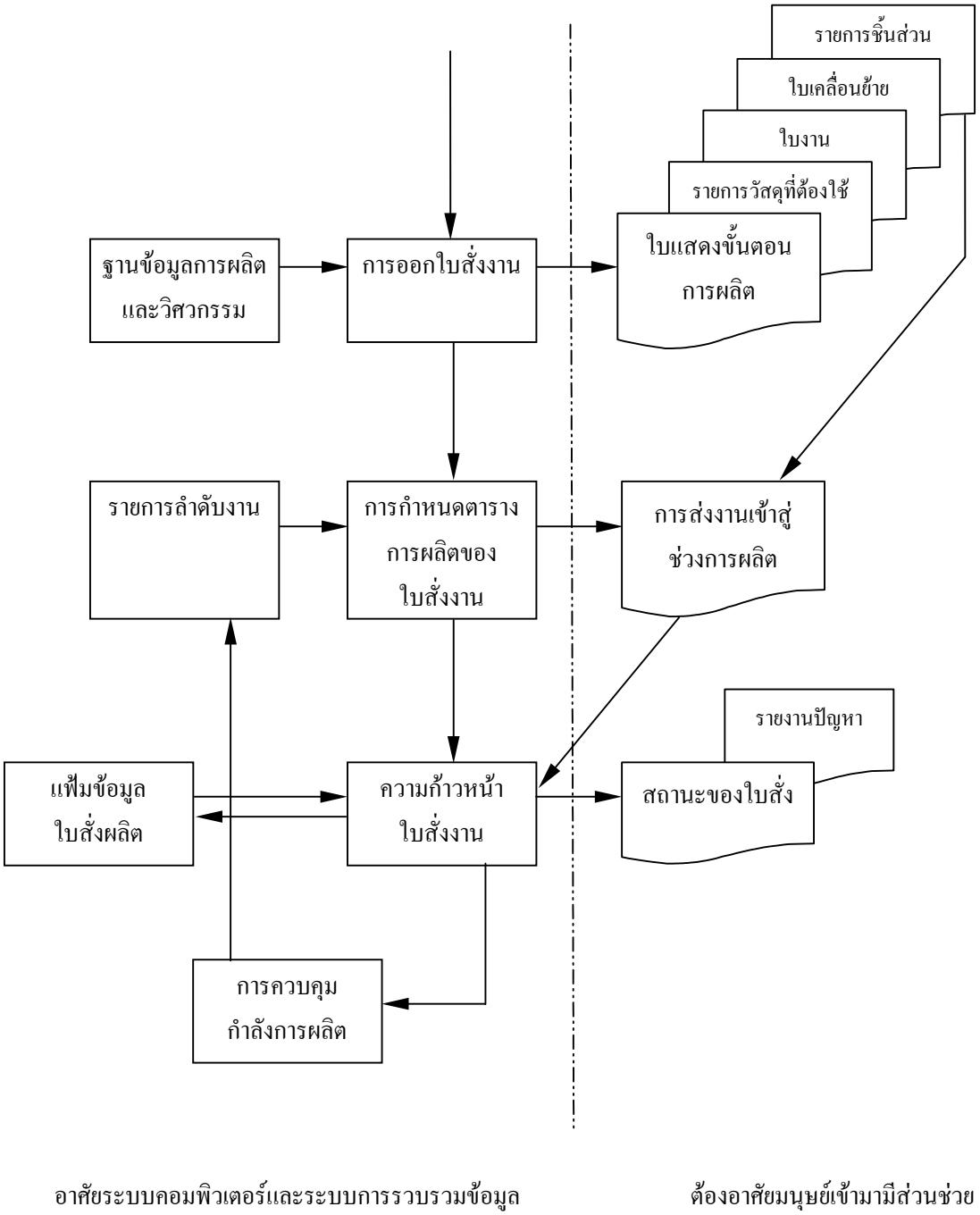
การที่โรงงานจะสามารถทำการผลิต เพื่อให้ได้กำลังการผลิตสูงสุดนั้น มีข้อจำกัดอยู่ที่หน่วยผลิตคือประสิทธิภาพของเครื่องจักรและแรงงาน ในการวางแผนกำลังผลิตจะครอบคลุมถึงการดำเนินงานดังต่อไปนี้

2.2.1 การวางแผนความต้องการกำลังผลิตของแต่ละหน่วยผลิต พร้อมการจัดสรรเครื่องจักรและกำลังคนที่ต้องการ รวมถึงทรัพยากรที่ต้องการใช้ เพื่อให้ได้กำลังผลิตตามเป้าหมายที่กำหนด ซึ่งสามารถควบคุมได้โดยการออกใบสั่งงาน

การคำนวณอัตรากำลังผลิต ต้องให้สอดคล้องกับอัตราการหมุนขาย (Rate of Inventory Turnover) ของผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงทำการคำนวณผลิตภัณฑ์คงเหลือปลายงวด

$$\text{จากสูตร อัตราการหมุนขาย} = \frac{\text{จำนวนขายทั้งหมด}}{\text{จำนวนผลิตภัณฑ์คงเหลือเฉลี่ย}}$$

$$\text{หน่วยผลิตภัณฑ์คงเหลือปลายปี(เฉลี่ย)} = \frac{\text{จำนวนหน่วยขายทั้งหมดตลอดปี}}{\text{อัตราการหมุนขายผลิตภัณฑ์ตลอดปี}}$$



รูปที่ จ-3 แสดงแผนภาพการไหลของข้อมูลในกระบวนการควบคุมการผลิต

2.2.2 การลดช่วงเวลานำในการผลิต (Manufacturing Lead Times) โดยการลดเวลาของงานที่ต้องใช้เวลารอคอย

2.2.3 การวางแผนเพื่อให้ความยาวของแถวคอยเกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งขึ้นกับปัจจัยของเครื่องจักรและการทำงานของคนงาน เมื่อเกิดขึ้นแล้วจะส่งผลให้เกิดแถวคอยในลักษณะคล้ายกันที่หน่วยถัดไป จึงจำเป็นต้องเพิ่มระดับวัสดุคงคลังสำรอง (Safety stock) สำหรับอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋องควรมีอยู่หลายจุดได้แก่ จุดคัดขนาด เติมน้ำปรุงรส (Syrup) ไล่อากาศ หม้อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น การสำรองวัสดุแสดงดังรูปที่ จ-4

รูปที่ จ-4 แสดงจุดที่สำรองวัสดุเพื่อป้องการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า

ทั้งนี้ต้องพิจารณาปริมาณงานที่จะต้องส่งไปให้หน่วยผลิตต่อไปเพื่อพยายามลดภาระเกินกำลัง หรือเพิ่มงานให้กับหน่วยผลิตที่เดินตัวเปล่าหรือไม่เต็มกำลัง จะได้ไม่สิ้นเปลืองพลังงาน

2.2.4 การวิเคราะห์ภาวะเกินกำลังการผลิต (overload) และภาวะต่ำกว่ากำลังการผลิต (underload) ที่อาจเกิดขึ้น เพื่อพิจารณาว่าใบสั่งใดจำเป็นต้องจ้างผู้รับเหมาช่วง (subcontractor) หรือไม่ เพื่อไม่ให้เกิดการว่างงานขึ้นในหน่วยผลิตใด

2.2.5 การปรับแผนกำลังการผลิตระยะสั้น (short-term capacity) โดยการวางแผนล่วงเวลาหรือส่งงานให้ผู้รับเหมาช่วง

2.2.6 การจัดภาระงานของทุกหน่วยผลิต ให้มีความสม่ำเสมอเพื่อลดการว่างงาน ล่วงเวลา การจ้างผู้รับเหมาช่วงและจำนวนกำลังคนที่ต้องเคลื่อนย้ายระหว่างหน่วยผลิต

2.2.7 การจัดลำดับของใบสั่งงานจะใช้ในกรณีการจัดระดับสม่ำเสมอของภาระงาน ในโรงงาน (Shop load leveling process)

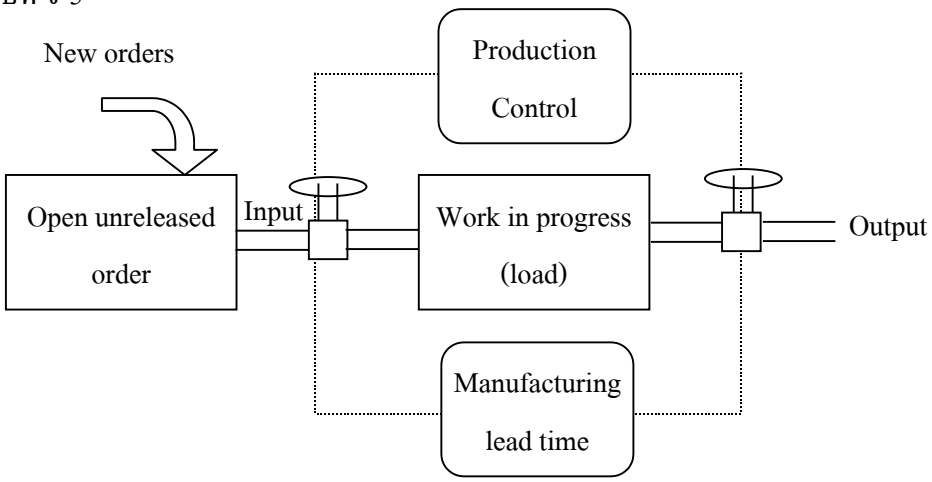
การคำนวณลำดับความสำคัญของใบสั่งจากภายในระบบ จะพิจารณาในรูปของอัตราความวิกฤติ (Critical ratio) โดยพิจารณาจาก

$$\text{อัตราความวิกฤติภายใน} = \frac{\text{วันกำหนดส่ง} - \text{วันที่ปัจจุบัน}}{\text{เวลาที่ต้องใช้ในการปฏิบัติงานที่เหลืออยู่ให้แล้วเสร็จ}}$$

อัตราความวิกฤติที่คำนวณจากระบบภายใน จำเป็นต้องกำหนดให้แน่นอน เพราะบางกรณีจะต้องใช้ระบบการกำหนดลำดับความสำคัญภายนอกและภายในไปพร้อมๆ กัน ถ้าความสำคัญภายนอกกำหนดอยู่บนฐานแล้วการวัดจาก 0 - 100 ดังนั้นอัตราความวิกฤติโดยรวมจะคำนวณได้จาก

$$\text{อัตราความวิกฤติโดยรวม} = \frac{\text{อัตราความวิกฤติภายใน} \times (100 - \text{อัตราความวิกฤติภายนอก})}{100}$$

2.2.8 การควบคุมกำลังการผลิต เป็นการควบคุมให้ปริมาณงาน ที่เข้ามายังหน่วยผลิตสมดุลกับแผนด้านปริมาณงานที่ออกไป ถ้าหากปริมาณงานเข้า (Input) เกินกว่าปริมาณงานออก (Output) ปริมาณงานค้างก็จะสะสมขึ้นหน้าหน่วยผลิตนั้น จะส่งผลให้การประมาณช่วงเวลานำ(Lead time) สำหรับหน่วยผลิตที่อยู่ก่อนหน้าเพิ่มขึ้น จะทำให้เกิดภาวะเกินกำลังการผลิตหรือมีกำลังการผลิตไม่เพียงพอ และทิศทางการไหลของงานไปยังหน่วยผลิตถัดไป (Downstream workflow) มีลักษณะกระจัดกระจายไม่สม่ำเสมอ การไหลของภาระงานในการควบคุมกำลังการผลิต (Shop capacity control load flow) แสดงดังรูปที่ จ-5



รูปที่ จ –5 แสดงการไหลของภาระงานในการควบคุมกำลังการผลิต

ในการวางแผนกำลังการผลิตอาจจะไม่เป็นไปตามตารางที่กำหนด ต้องจัดทำแผนขึ้นมาใหม่อย่างถูกต้องและรวดเร็ว จนสามารถนำไปประมาณการถึงผลที่จะได้ตามตารางการผลิตที่ได้วางแผนไว้

2.3 เทคนิคการวางแผนกำลังการผลิต (Capacity Planning Technique) แบบไม่จำกัด

เมื่อได้วางแผนการกำหนดส่งสินค้า และวันที่ต้องเริ่มงานเร็วที่สุดไว้ ซึ่งถูกกำหนดโดยเงื่อนไขของวันที่ เครื่องจักร/ อุปกรณ์ แรงงานและทรัพยากร สำหรับการผลิตต้องมีความพร้อม หากไม่

ได้กำหนดเวลาเริ่มต้น ให้ใช้เวลาปัจจุบัน (Current date) เป็นวันเริ่มต้น ทั้งช่วงเวลานำ (lead time) และช่วงเวลาที่มีอยู่ทั้งหมด (time span) ให้ทำการคำนวณเวลาต่างๆ แล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกัน ดังนี้

ตัวอย่างที่ 1

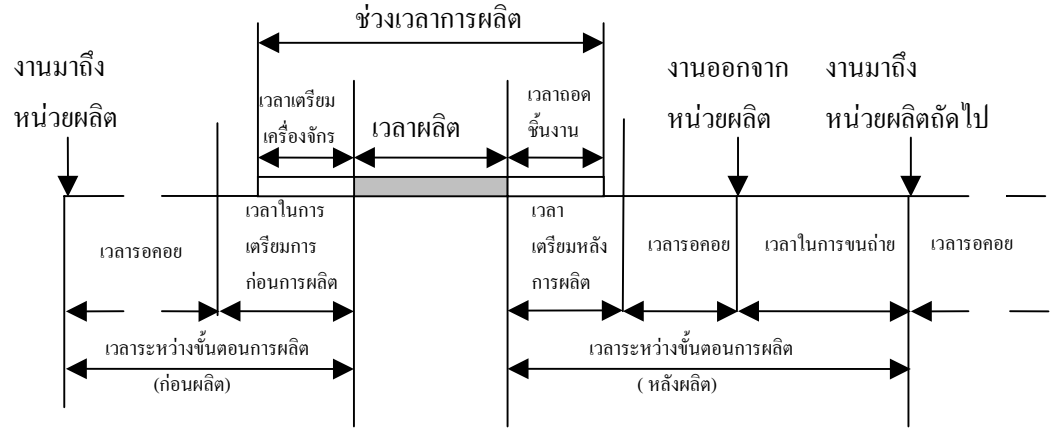
กำหนดวันส่ง	=	45	วันนับจากปัจจุบัน
วันที่เริ่มงานเร็วสุด(ปัจจุบัน)	=	0	(เวลาเริ่มแรกนับจากศูนย์)
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	=	8	ชั่วโมง
ช่วงเวลานำในการผลิต	=	300	ชั่วโมง
ช่วงเวลาที่มีอยู่ทั้งหมด	=	(วันกำหนดส่ง – วันเริ่มงานเร็วสุด) × 8	
	=	(45 – 0) × 8	= 360 ชั่วโมง
เวลาที่เหลือ	=	ช่วงเวลาที่มีอยู่ทั้งหมด ─ ช่วงเวลานำในการผลิต	
	=	360 – 300	= 60 ชั่วโมง

ดังนั้น กำหนดการเริ่มต้นผลิตอย่างช้าสุดไม่ควรเกิน 60 ชั่วโมง (6 วันทำการ) อย่างไรก็ตาม 6 วันที่เหลือนี้ มีไว้สำหรับเผื่อเกิดความล่าช้าของงาน เพื่อขั้นตอนการผลิตรอบสุดท้ายต้องเสร็จภายใน 45 วัน หากช่วงเวลาที่เหลือติดลบ แสดงว่าช่วงเวลาทั้งหมดที่มีอยู่น้อยกว่าช่วงเวลานำ ต้องทำการปรับปรุงโดย

2.3.1 การลดช่วงเวลานำทางอ้อม ซึ่งช่วงเวลานำ(Lead time)ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

- เวลาระหว่างขั้นตอนการผลิต (Interoperation time, IO) หรือช่วงเวลานำอ้อม
- เวลาในการดำเนินการของการผลิต (Operation time, TO)

ภาพแสดงองค์ประกอบช่วงเวลานำ (Lead time) ตามรูปที่ จ-6



รูปที่ จ-6 องค์ประกอบของช่วงเวลานำ (lead time)

จากรูปที่ จ-6 เวลาในแถวคอย = ช่วงเวลาที่รอคอยอยู่ด้านหน้าก่อนเข้าสู่หน่วยผลิต
(Queue time, QT)

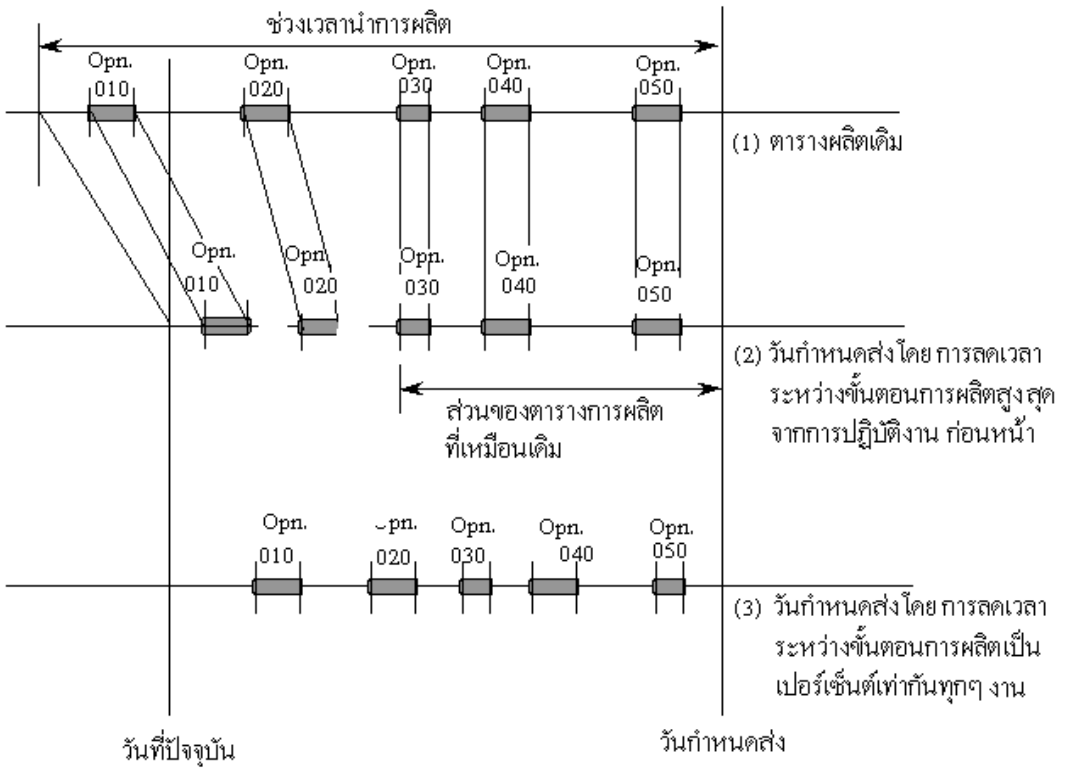
เวลาในการเตรียมการก่อนผลิต = เวลาการเตรียมงานก่อนผลิต
(Pre-operation time, PR)

เวลาเตรียมหลังการผลิต = เวลาการเตรียมงานเพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน
(Post operation time, PO) การผลิตสำหรับเข้าหน่วยผลิตต่อไป

เวลารอคอยการขนย้าย = เวลาที่ใช้รอคอยเพื่อขนย้ายเข้าหน่วยผลิตต่อไป
(Waiting time, WT)

เวลาในการขนย้าย = เวลาที่ใช้ขนย้ายเข้าสู่หน่วยผลิตต่อไป
(Transport time, TT)

การลดช่วงเวลานำระหว่างการผลิต สามารถลดได้โดยวิธีเร่งการขนย้าย การตรวจสอบ การทำความสะอาดชิ้นงาน เป็นต้น ผลของการลดช่วงเวลานำจากการลดเวลาระหว่างการผลิต แสดงในรูปที่ จ-7



รูปที่ จ-7 ผลของการลดช่วงเวลานำจากการลดเวลาระหว่างการผลิต

สำหรับเวลาที่ใช้ในการผลิตจริง (TO) คำนวณได้จากเวลาในการเตรียมเครื่องจักร (Set up time, SU) เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดต่อรุ่นและเวลาในการถอดชิ้นงาน (tear-down time, TD) หลังการผลิต สำหรับการคำนวณเวลาในการผลิต ได้จากสูตร

$$TO_i = SU_i + (Q \times t_i) + TD_i$$

โดยที่ TO_i = เวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดของขั้นตอน i

TD_i = เวลาที่ใช้ในการถอดชิ้นงานของขั้นตอน i

T_i = เวลาที่ใช้ในการผลิตจริงต่อรุ่นของขั้นตอน i = $Q \times t_i$

t_i = เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้นของขั้นตอน i

SU_i = เวลาที่ใช้ในการเตรียมเครื่องจักรของขั้นตอน i

Q = ขนาดรุ่นการผลิต

ช่วงเวลานำ คำนวณได้จากสูตร $LT = \sum_{I=1}^{n} (TO_I) + \sum_{i=1}^{n} (IO_i)$

หรือ

$$LT = TTO + TIO$$

โดยที่ TTO = เวลารวมการปฏิบัติงานทุกขั้นตอน (Total operation time)

TIO = เวลารวมของเวลาระหว่างขั้นตอนการผลิตทุกขั้นตอน

n = จำนวนขั้นตอนการผลิตสำหรับการทำงานตามสั่ง

เวลาที่เหลือ (SL) คำนวณได้จากสูตร $SL = (TS - TTO) - TIO$

โดยที่ TS = ช่วงเวลาที่มีอยู่ทั้งหมดสำหรับทำการ

= (DD – ES) × ชั่วโมงการทำงานต่อวัน

SL ไม่เป็นลบได้โดยลดเวลาระหว่างขั้นตอนการผลิตทั้งหมด (TIO) โดยให้เท่ากับศูนย์ ดังนี้

$SL = (TS - TTO) - (1 - \alpha)\, TIO = 0$

$TS - TTO = (1 - \alpha)\, TIO$

ค่า α เป็นแฟคเตอร์การลด คำนวณได้จาก

$$\alpha = 1 - \frac{TS - TTO}{TIO}$$

ตัวอย่าง 2

กำหนดวันส่ง, DD	=	45	วัน		
วันเริ่มงานเร็วที่สุด(ปัจจุบัน) , ES	=	0	(เวลาเริ่มแรกนับจากศูนย์)		
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	=	8	ชั่วโมง		
เวลาในการผลิตรวม, TTO	=	150	ชั่วโมง		
เวลาระหว่างการผลิตรวม, TIO	=	230	ชั่วโมง		
เวลาที่มีอยู่ทั้งหมด, TS	=	(DD – ES) × 8			
	=	(45 – 0) × 8	=	360	ชั่วโมง
ช่วงเวลานำ, LT	=	TTO + TIO			
	=	150 + 230	=	380	ชั่วโมง
เวลาที่เหลือ, SL	=	TS – LT			
	=	360 – 380	=	– 20	ชั่วโมง
ทดสอบความเป็นไปได้ในการใช้แฟคเตอร์การลด (∝)					
จาก TS – TTO	=	360 – 150	=	210	ชั่วโมง
แสดงว่าเป็นไปได้ ให้คำนวณ ∝	=	$1 - \frac{(360 - 150)}{230}$			
	=	$1 - \frac{210}{230}$	=	1 – 0.91	
	=	0.09	=	9 %	

ถ้าค่า TS – TTO มีค่าเป็นลบ แสดงว่าเวลาในการทำงานรวมมากกว่าเวลาในการทำงานที่มีอยู่ทั้งหมด

ค่าแฟคเตอร์การลด (∝) ในทางปฏิบัติขึ้นอยู่กับค่าเริ่มต้นที่กำหนดให้ กับ TIO และสภาพแวดล้อมภายในโรงงาน โดยทั่วไปกำหนดไว้ไม่ให้เกิน 50%

2.3.2 การเร่งงานโดยการแบ่งงาน (Splitting)

เป็นกระบวนการทำงานไปพร้อม ๆ กันบนเครื่องจักรหลาย ๆ เครื่อง ซึ่งเป็นการลดช่วงเวลานำโดยการลดเวลาการผลิต

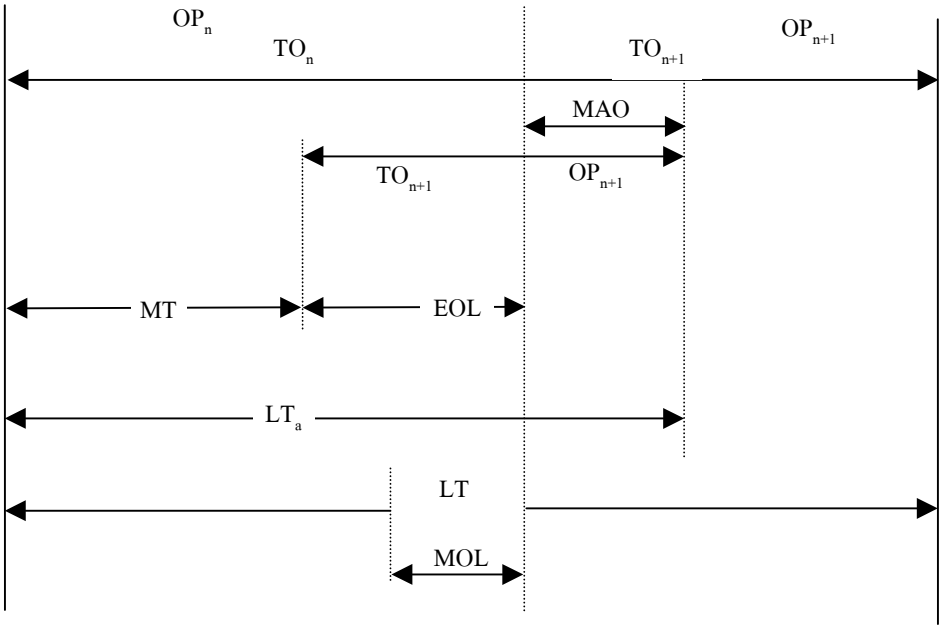
จากสูตรเวลาในการผลิต (TO_i) = $(SU_i + TD_i) + Q + t_I$

เมื่อใช้เครื่องจักร n เครื่องพร้อมกัน เวลาที่ใช้จะได้

$$TO_i = (SU_i + TD) + \frac{Q \times t_i}{n}$$

2.3.3 การเร่งงานโดยการจัดการทำงานที่เหลื่อมกัน(overlap)

การกำหนดการทำงานที่เหลื่อมกัน จะทำให้ช่วงเวลานำสั้นลง แสดงดังรูปที่ จ-8

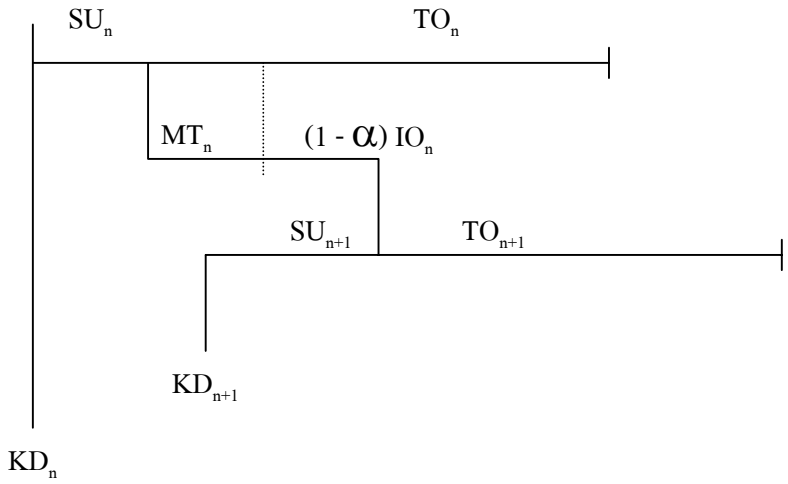


รูปที่ จ-8 แสดงผลและค่าที่มาจากการกำหนดงานที่เหลื่อมกัน

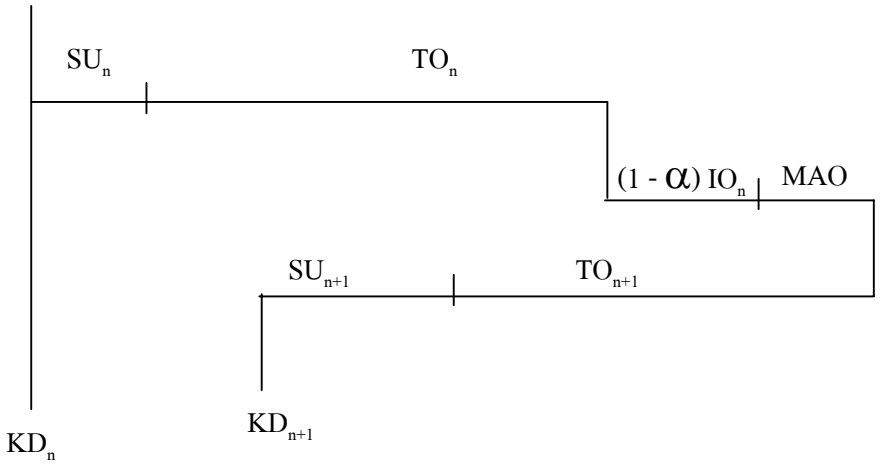
การกำหนดการทำงานที่เหลื่อมกันมีเงื่อนไข 3 ประการ คือ

- เวลาเหลื่อมกันน้อยที่สุด (Minimum overlap time) การใช้ค่านี้ เพื่อความแน่ใจว่า การเหลื่อมกันของสองขั้นตอนการปฏิบัติงานที่น้อยที่สุดที่สามารถทำได้
- เวลาที่น้อยที่สุดก่อนที่จะเหลื่อมกัน(Minimum time before overlap)โดยทั่วไปจะเป็นเวลาในการเตรียมการผลิตของการปฏิบัติงานที่เป็นตัวเหลื่อม(overlapping) โดยเป็นการเริ่มงานขนานกันไป เพื่อให้เวลาการปฏิบัติงานสามารถเริ่มต้นขึ้นได้ทันที หลังจากที่ได้รับชิ้นส่วน
- เวลาน้อยที่สุดหลังเหลื่อมงาน (minimum time after overlap) เป็นช่วงปลายสุดของการปฏิบัติงานที่เหลื่อมกัน

การคำนวณการเหลื่อมกันมีด้วยกัน 2 วิธี คือ แบบไปข้างหน้า และแบบย้อนกลับ ดังรูปที่ จ-9



กรณี A การคำนวณการเหลื่อมงานแบบไปข้างหน้า



กรณี B การคำนวณการเหลื่อมงานแบบย้อนกลับ

รูปที่ จ-9 การเปรียบเทียบการเหลื่อมกันของการปฏิบัติงาน

กรณี A การคำนวณการเหลื่อมกันแบบไปข้างหน้า (Forward) โดยใช้เงื่อนไขเวลาน้อยที่สุดก่อนที่จะเหลื่อม (minimum time before overlap) ในการคำนวณจะกำหนดวันเริ่ม(Key day, KD) การปฏิบัติงานที่ n + 1 (OP_{n+1}) โดยใช้สมการ ดังนี้

$$KD_n + 1 = KD_n + SU_n + MT_n + (1 - \propto) IO - SU_{n+1}$$

กรณี B การคำนวณการเหลื่อมกันแบบย้อนกลับ (Backward) โดยใช้เงื่อนไขเวลาน้อยที่สุดหลังเหลื่อมงาน (minimum time after overlap) โดยใช้สมการดังนี้

$$KD_{n+1} = SU_n + TO_n + (1 - \propto) IO_n + MT_{n+1} - TO_n - SU_{n+1}$$

ผลที่ได้จากการเหลื่อมงาน(effective overlap,EOL) จะต้องเท่ากันหรือมากกว่าเวลาเหลื่อมกันที่น้อยที่สุด(minimum overlap time,MOL) คำนวณได้จาก

$$EOL = KD_n + SU_n + TO_n - (KD_{n+1}) \frac{A}{B} \geq MOL$$

เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดคือ ถ้า OP_n สั้นกว่า OP_{n+1} จะใช้วิธีคำนวณแบบไปข้างหน้า แต่ถ้า OP_n ยาวกว่า OP_{n+1} จะใช้วิธีการคำนวณแบบย้อนกลับ

3. ฝ่ายวิศวกรรมและเทคนิค

มีหน้าที่วางแผนการจัดการลดการสูญเสียการใช้ทรัพยากรและวางแผนการใช้เครื่องจักรอุปกรณ์

3.1 วางแผนการจัดการลดการสูญเสีย

เพื่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดควรได้มีการวางแผนความต้องการใช้วัตถุดิบ น้ำ และพลังงานในกระบวนการผลิต การควบคุมของเสียที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนต่างๆ ระหว่างการผลิต ซึ่งของเสียแบ่งเป็น 2 ประเภท คือเศษวัสดุที่เกิดจากวิธีการผลิตและชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่เสียหายระหว่างกระบวนการผลิต และทั้งหมดที่เกิดการสูญเสียไปนี้เป็นจำนวนเงินทั้งหมดที่ต้องทิ้งไป ซึ่งการคำนวณค่าใช้จ่ายในการสูญเสียทรัพยากรสามารถคำนวณจากสูตร ดังนี้

ค่าใช้จ่ายจริงในการทำวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์เสีย	=	ราคาขายเป็นของเสียหรือการนำกลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่	-	ค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ น้ำ และพลังงาน	+	ค่าใช้จ่ายในการผลิต

เมื่อทราบถึงค่าใช้จ่ายในการสูญเสียทรัพยากร จำเป็นต้องวางแผนเพื่อหาทางแก้ไข โดยใช้หลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาปฏิบัติ (ภาคผนวก ค และ ง) โดยวิเคราะห์หาทางเลือกที่สามารถปฏิบัติได้ง่ายโดยไม่ต้องลงทุนก่อน จากนั้นทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหา (บทที่ 3 วิธีการป้องกันมลพิษ) ซึ่งการลงทุนนั้น ต้องได้รับการคืนทุนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

3.2 วางแผนการใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์

การที่จะจัดทำแผนการใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ได้ ต้องขึ้นอยู่กับงบประมาณของสถานประกอบการนั้น การร่างงบประมาณค่าใช้จ่ายเครื่องจักร/อุปกรณ์ จะต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการคัดเลือก ตัดสิน ซึ่งจะต้องร่วมกันหลายฝ่ายในการเสนอข้อคิดเห็นต่างๆ โดยขั้นตอนการร่างและควบคุมงบประมาณของเครื่องจักร/อุปกรณ์แสดงดังรูปที่ จ-10

3.2.1 การลดต้นทุนทางด้านเครื่องจักร/อุปกรณ์

1) การวางแผนการจัดการเครื่องจักร/อุปกรณ์ ต้องพิจารณาจากต้นทุนตลอดช่วงอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) เพื่อให้การลงทุนและค่าใช้จ่ายทั้งหมด คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์

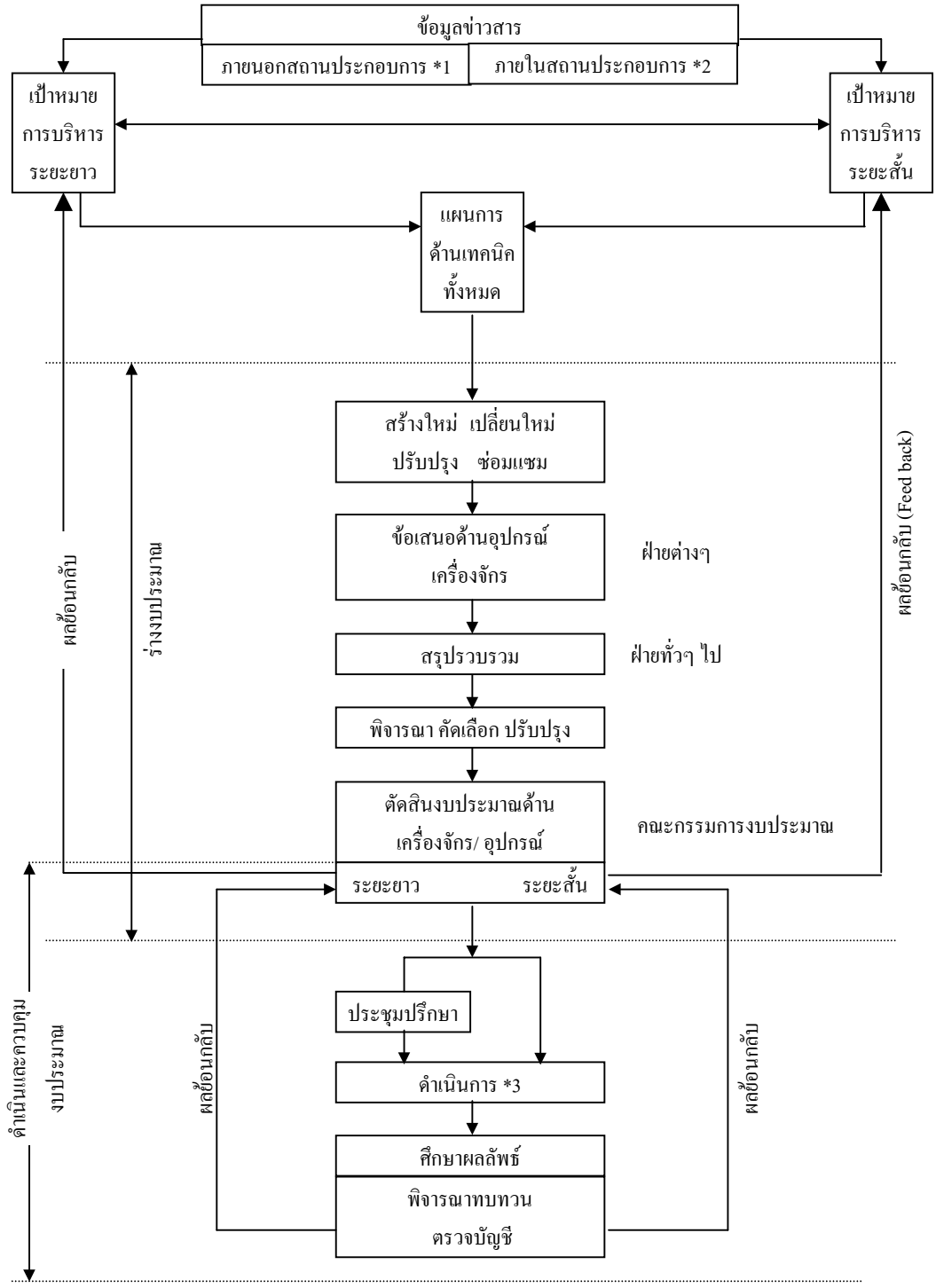
2) กำหนดเป้าหมายการลดต้นทุนในส่วนค่าซ่อมบำรุง ซึ่งค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงประกอบด้วย 4 ประเภท คือ

1. ค่าซ่อมวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรต่าง ๆ ภายในโรงงาน ซึ่งเป็นค่าชิ้นส่วนและค่าแรงพนักงาน

2. ค่าการสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุทำให้เครื่องจักรอุปกรณ์เกิดการชำรุดเสียหายก่อให้เกิดการสูญเสียประสิทธิภาพในการผลิต

3. ค่าต้นทุนในการเก็บวัสดุคงคลัง เป็นต้นทุนในการจัดเก็บและมูลค่าของวัสดุที่เก็บไว้เพื่อการซ่อมบำรุง

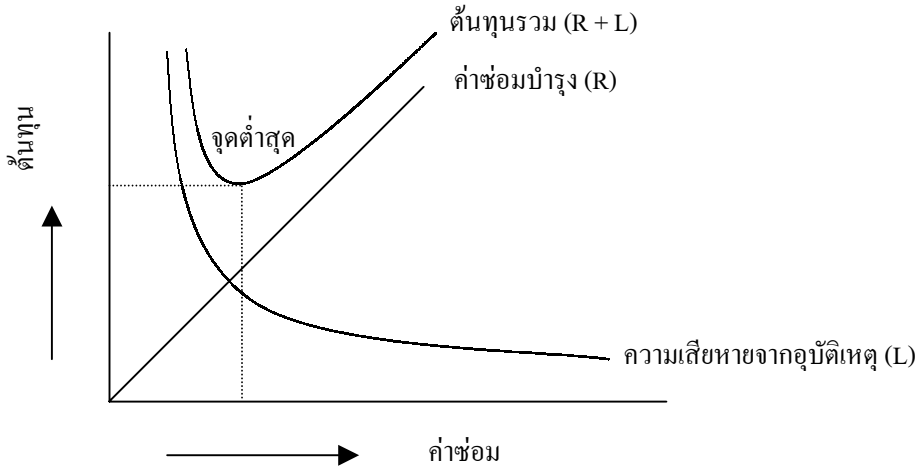
4. ค่าเครื่องจักรสำรองและสายการผลิตสำรอง เป็นค่าใช้จ่ายเพื่อการบำรุงรักษาเครื่องจักรและสายการผลิต ที่มีสำรองไว้สำหรับกรณีเครื่องจักรที่ใช้งานประจำ ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ



หมายเหตุ *1. สภาวะทางเศรษฐกิจ การเคลื่อนไหวของวงการ การคาดคะเนอุปสงค์ วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยี
*2. อุปกรณ์เครื่องจักรที่มีอยู่ (กำลังสมรรถภาพ) สภาวะการพัฒนาทางเทคโนโลยี สภาวะด้านการคลัง
*3. ซื้อ สร้างขึ้นเอง ก่อสร้าง ติดตั้ง ทดสอบการทำงาน

รูปที่ จ-10 ขั้นตอน (master flow) ของการร่างและควบคุมงบประมาณของเครื่องจักร/อุปกรณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าซ่อม (R) และการสูญเสียเนื่องจากอุบัติเหตุ (L) แสดงดัง รูปที่ จ-11



รูปที่ จ-11 กราฟแสดงจุดต่ำสุดของต้นทุนรวม (R +L)

จากกราฟจะเห็นว่าค่า R + L ยิ่งต่ำเท่าไร ต้นทุนยิ่งต่ำลงเท่านั้น ซึ่งการลดนี้จะเป็นการลดจำนวนครั้งและเวลาในการเกิดอุบัติเหตุ รวมถึงการลดค่าเสียหายที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งด้วย

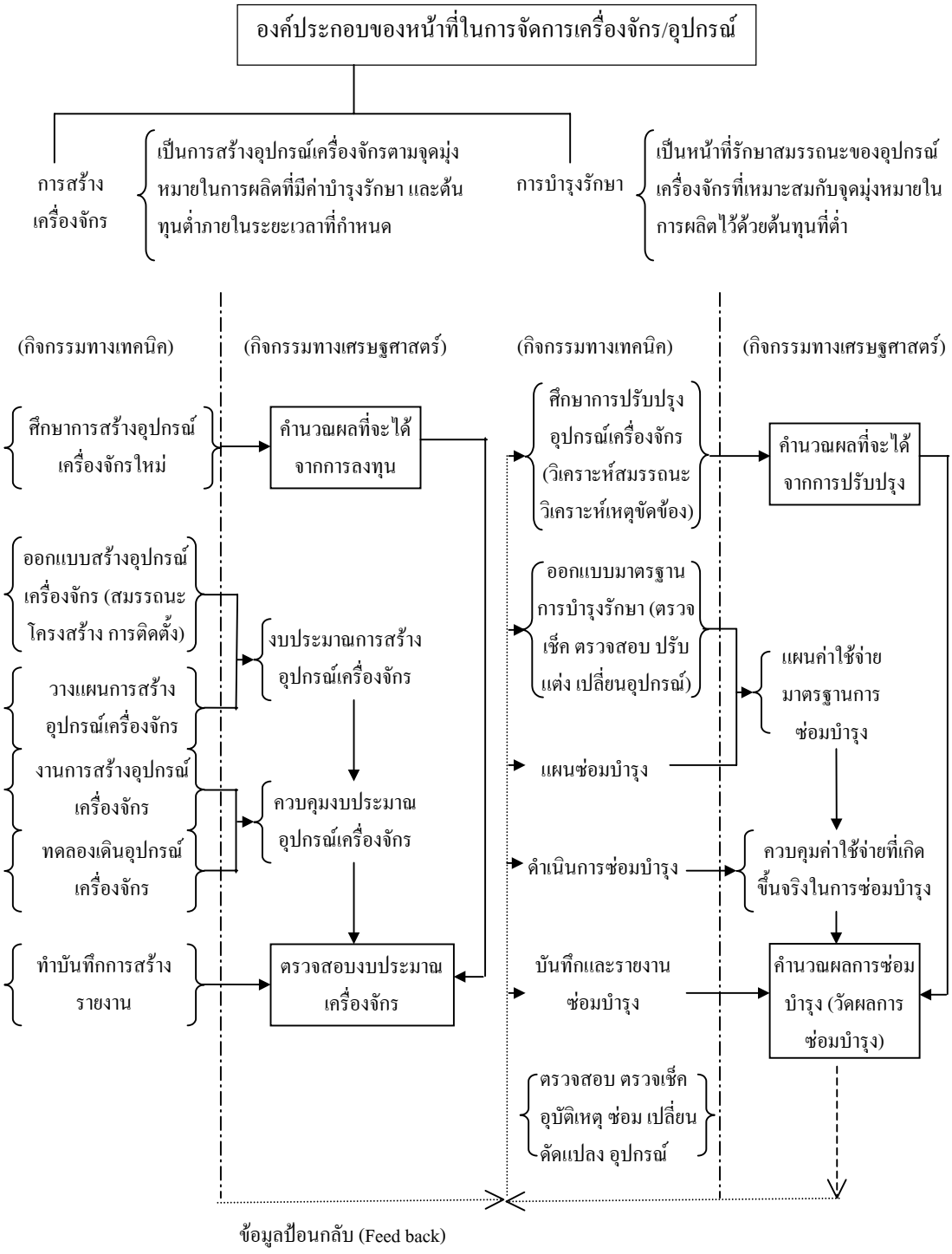
3) การบริหารเครื่องจักร/อุปกรณ์ ต้องพิจารณาถึงการสร้างเครื่องจักร/อุปกรณ์ และการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) ซึ่งกิจกรรมจะเกี่ยวข้องกับทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ สำหรับการบริหารควบคุมเครื่องจักร/อุปกรณ์แสดงดังรูปที่ จ-12

4. ฝ่ายควบคุมคุณภาพ

หน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการพัฒนาและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ให้เป็นไปตามมาตรฐานการผลิตของโรงงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐานของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข คือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นเพื่อการบริโภค นอกจากจะต้องมีคุณค่าทางอาหารแล้วยังต้องมีความปลอดภัยต่อการบริโภคอีกด้วย

4.1 การควบคุมมาตรฐานการผลิต ต้องควบคุมให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตของโรงงาน เกี่ยวกับคุณภาพและความปลอดภัย โดยครอบคลุมถึง

1) อาคารสถานที่
2) เครื่องจักร/อุปกรณ์
3) ระบบสาธารณูปโภค
4) กรรมวิธีการผลิต
5) สุขลักษณะของอาหาร
6) สุขาภิบาลโรงงาน



หมายเหตุ ..... หมายถึง เส้นทางเดินของข้อมูลป้อนกลับ (Feed back)

รูปที่ จ-12 องค์ประกอบของหน้าที่ในการบริหารควบคุมเครื่องจักร

4.2 การควบคุมการดำเนินงานการผลิต

1) การควบคุมอันตรายในอาหาร โดยนำระบบ HACCP ไปปฏิบัติใช้ ดังนี้

- ขั้นตอนการผลิตที่วิกฤติ มีขั้นตอนใดบ้าง ที่มีความวิกฤติทางด้านความปลอดภัย ควรระบุให้ชัดเจน
- ดำเนินการควบคุมในขั้นตอนที่วิกฤติดังกล่าวอย่างใกล้ชิด หากมีเหตุสุดวิสัยทำให้เกิดการเบี่ยงเบนกรรมวิธีการผลิต จะต้องแก้ไขได้ถูกต้อง
- ตรวจติดตามการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

2) การควบคุมด้านสุขลักษณะ

ต้องควบคุมให้เป็นไปตามข้อกำหนดสุขลักษณะอาหารซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อ ผู้ผลิตเอง เนื่องจากเป็นการพัฒนาคุณภาพตามแนวความปลอดภัย ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียจากอาหารที่ไม่ปลอดภัย การจัดการสุขลักษณะที่ดีจะทำให้ผู้ประกอบการได้รับประโยชน์จากการสามารถใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิธีการดังนี้

1. การควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ การควบคุมนี้เป็นการควบคุมการเก็บรักษาคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่จุดนี้เรียกว่า จุดวิกฤติ ที่จะต้องควบคุมเพื่อให้อาหารมีความปลอดภัยและเหมาะสมในการนำไปบริโภค ปัจจัยที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ คือ

- อุณหภูมิสำหรับฆ่าเชื้อ
- เวลาที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ
- ความสะอาดของเครื่องมือ/อุปกรณ์
- ธรรมชาติของอาหาร
- เวลาที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์
- วิธีการบรรจุ/แปรรูป

โดยการควบคุม ต้องจัดทำตารางบันทึกประจำเครื่อง ตามตารางที่ จ – 1

วิธีการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1) ใช้ความร้อน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ความร้อนชื้น (Moist Heat)

● น้ำร้อน	อุณหภูมิ 77°C	ใช้เวลา 1-5 นาที
● ไอน้ำ	อุณหภูมิ 77°C	ใช้เวลา 15 นาที
	อุณหภูมิ > 93°C	ใช้เวลา 5 นาที

ตารางที่ จ – 1 ตารางบันทึกประจำวันสำหรับผู้ควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

วันที่ _____ ผู้ควบคุม _____

เบอร์เครื่องฆ่าเชื้อ _____

ข้อกำหนดการฆ่าเชื้อ เวลา _____ นาที อุณหภูมิ _____ ^{O}ซ

ผลิตภัณฑ์สับปะรดกระป๋อง	ข้อกำหนดการฆ่าเชื้อ			อุณหภูมิกระป๋องเริ่มต้นที่วัดได้ (^{O}ซ)	เวลาเปิดไอน้ำ	เริ่มเวลาฆ่าเชื้อ	อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เทอร์โมมิเตอร์ (^{O}ซ)	ความดันมาตร (ปอนด์/ตารางนิ้ว)	อุณหภูมิฆ่าเชื้อที่เครื่องบันทึก (^{O}ซ)	สิ้นสุดเวลาฆ่าเชื้อ	หมายเหตุ
	อุณหภูมิกระป๋องเริ่มต้น (^{O}ซ)	เวลาฆ่าเชื้อ (นาที)	อุณหภูมิฆ่าเชื้อ (^{O}ซ)								

วิธีที่ 2 ความร้อนแห้ง (Dry heat)

ใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ ≥ 82°C ใช้เวลา 20 นาที

2) ใช้รังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet radiation)

ใช้ความยาวคลื่นที่ 2,500 A° เนื่องจากรังสีอุลตราไวโอเล็ต จะถูกดูดซึมได้ด้วยฝุ่นคราบน้ำมันหรือสารละลายขุ่นเป็นต้น ดังนั้น ต้องควบคุมให้รังสีตกกระทบเชื้อจุลินทรีย์โดยตรง

3) ใช้สารเคมี (Chemicals) ตัวอย่างเช่น

- Halogen ได้แก่ คลอรีน โบรมีน ฟลูออรีน ไอโอดีน และสารประกอบคลอรีน
- Phenolics ได้แก่ cresols หรือ phenol organic หรือ combined phenols
- Quaternary ammonium compounds
- Aldehydes , ketones และ alcohol
- Acid-anionic combination

สำหรับอุตสาหกรรมผลิตสับปะรดกระป๋อง จะใช้ความร้อนชื้นเป็นวิธีในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์เป็นส่วนมาก

2. การควบคุมขั้นตอนในการผลิตที่ถูกสุขลักษณะจำเพาะซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีผลต่อความปลอดภัยของอาหาร ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง ได้แก่ ขั้นตอน

- การบรรจุสับปะรดลงกระป๋อง
- การไล่อากาศ
- การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึง

1) ข้อกำหนดทางจุลชีววิทยา ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์และข้อกำหนดของรัฐ ซึ่งจะต้องทำการตรวจติดตาม ตรวจวิเคราะห์ และกำหนดค่าที่สามารถนำไปจัดการได้อย่างเป็นรูปธรรม

2) การปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์ เป็นการย้ายที่ของเชื้อจุลินทรีย์จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยการสัมผัสโดยตรงหรือผ่านผู้บริการอาหาร ดังนั้นในการปฏิบัติงานการผลิตจะต้องมีการควบคุมสายการผลิตที่ดีในบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง นอกจากนั้นพนักงานจะต้องสวมเสื้อผ้า หมวก รองเท้าที่สะอาด ล้างมือ/เท้า ก่อนเข้าบริเวณที่มีความเสี่ยง อุปกรณ์/เครื่องใช้ ทั้งหมดต้องสะอาดตลอดจนถึงหลอดไฟและเครื่องป้องกันต่าง ๆ

3) ข้อกำหนดเกี่ยวกับวัตถุดิบ คือผลสับปะรดต้องไม่มีการปนเปื้อนสารตกค้าง หรือจุลินทรีย์

4) บรรจุภัณฑ์ กระป๋องที่ทำการบรรจุสับปะรด ต้องสามารถป้องกันการปนเปื้อนและต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสับปะรด ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

5) น้ำ ในกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง น้ำที่ใช้สัมผัสอาหารโดยตรงเป็นน้ำที่ใช้สำหรับล้างทำความสะอาด หลังการปอกเปลือก/เจาะแกน คือขั้นตอนการตกแต่ง/ตัดแว่น และน้ำที่ใช้ทำน้ำปรุงรส (Syrup) ต้องเป็นน้ำที่มีคุณสมบัติเพื่อใช้บริโภคเท่านั้น หากได้มีการหมุนเวียนนำน้ำกลับมาใช้ในขั้นตอนใดของการผลิต ต้องวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยว่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนใดได้บ้าง ตัวอย่างเช่น

- น้ำล้น (Over flow) หรือ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่ไม่มีการปนเปื้อน ควรนำไปใช้กับหม้อไอน้ำ
- น้ำล้น (Over flow) หรือ น้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ที่มีการปนเปื้อน ควรนำไปล้างลูกสับปะรดก่อนการปอกเปลือก
- น้ำล้างกระป๋องเปล่าครั้งสุดท้าย ควรนำกลับไปใช้ซ้ำในการล้างกระป๋องเปล่าครั้งแรก หรือนำไปใช้ในการหล่อสายพานลำเลียง หรือล้างพื้น หรือผสมคลอรีน ล้างเท้า

สำหรับไอน้ำที่ใช้สัมผัสกับอาหารโดยตรงหรือใช้กับพื้นผิวภาชนะที่สัมผัสกับอาหาร ต้องไม่เป็นสาเหตุทำให้อาหารไม่ปลอดภัยและไม่เหมาะสม

4.3 การควบคุมการทำความสะอาด

ขั้นตอนการทำความสะอาด แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) Pre-clean เป็นการกวาดสิ่งสกปรกที่ติดปนเปื้อนบนพื้นผิวอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ก่อนการล้างทำความสะอาด

2) Main clean คือการทำความสะอาดขั้นที่ 2 โดยใช้สาร detergent และน้ำในการชำระล้างสิ่งสกปรกที่เกาะติดแน่นบนผิวของอุปกรณ์ ในขั้นตอนนี้อาจมีเครื่องช่วยในการทำความสะอาด เช่น แปรงช่วยในการขัดถู

3) Intermediate rinse คือการล้างด้วยน้ำ เพื่อขจัดสิ่งสกปรกและ detergent

4) Disinfection คือการใช้สารฆ่าเชื้อ เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนเครื่องมือ

5) Final rines คือการใช้น้ำสะอาดล้าง ขจัดสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ครั้งสุดท้าย

6) Drying คือการทำให้แห้ง อาจใช้ air drying หรือวิธีอื่นตามความเหมาะสม

4.4 การควบคุมแมลงและสัตว์นำโรค

ตัวอาคารโรงงานต้องอยู่ในสภาพที่ดี สามารถป้องกันทางผ่านของแมลง ต้องกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ รูรั่ว การขังของน้ำและอื่น ๆ ควรมีตะแกรงกั้นตามช่องเปิดต่าง ๆ เช่น หน้าต่าง ประตู เครื่องระบายอากาศ เพื่อลดปัญหาการผ่านเข้าของแมลง และต้องไม่นำสัตว์เลี้ยงเข้าไปภายในตัวอาคารโรงงาน

5. ฝ่ายธุรกิจการขาย

จัดทำแผนการตลาด เพื่อส่งสินค้าออกจำหน่าย จำเป็นต้องรู้ข้อมูล ความต้องการสินค้าในตลาด ปริมาณสินค้าคงคลัง ความสามารถของอัตรากำลังผลิต รวมถึงวิธีการบรรจุสินค้าเพื่อการขนส่ง เนื่องจาก โรงงานไม่สามารถควบคุมการขนส่งได้ตลอดให้ถึงมือลูกค้า จึงต้องหาวิธีการบรรจุที่เหมาะสม เพื่อป้องกันสินค้าเสียหายระหว่างการขนส่ง เพื่อสินค้าจะได้ไม่ถูกตีกลับคืน

ภาคผนวก ฉ

วิธีการลดต้นทุนแบบประหยัดค่า ใช้จ่าย

การลดต้นทุนแบบประหยัดค่าใช้จ่าย ด้วยการนำหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานที่ดีมาใช้ วิธีปฏิบัติงานที่ดี ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการในโรงงาน โดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็กและขนาดกลาง ด้วยมาตรการต่าง ๆ เช่น การป้องกันการสูญเสียวัตถุดิบ การลดปริมาณของเสีย การประหยัดน้ำ การประหยัดพลังงาน ตลอดจนการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานหรือขั้นตอนการบริหารจัดการ ซึ่งนอกจากจะเหมาะสมกับขนาดของโรงงานแล้ว ยังเป็นมาตรการที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง ในการปฏิบัติงานประจำวันและทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย โดยไม่ต้องลงทุนมากนัก ดังนั้น วิธีการนี้ จึงเหมาะสำหรับผู้จัดการโรงงาน หัวหน้าแผนก หรือช่างชำนาญการ ที่จะนำไปใช้งาน โดยมอบหมายให้พนักงานของโรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นผู้นำไปปฏิบัติ

วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานที่ดี

วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติงานที่ดี ก็คือ การทำงานหรือดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยการอาสาสมัครที่จะลงมือทำกันเอง โดยมุ่งไปที่

- การใช้วัตถุดิบ น้ำใช้และพลังงาน อย่างสมเหตุสมผล
- การลดปริมาณ และ/หรือการลดความเข้มข้นของ ของเสีย น้ำเสีย และอากาศเสีย
- การใช้หมุนเวียน หรือการนำกลับไปปรับใช้ใหม่ ทั้งในส่วนของวัตถุดิบ พลังงาน น้ำใช้ หรือภาชนะบรรจุต่าง ๆ และ
- มุ่งปรับปรุงสภาพการทำงานและลดปัญหาสุขภาพอนามัย ภายในโรงงาน

กิจกรรมต่าง ๆ ข้างต้น นอกจากจะช่วยลดมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้ว ยังช่วยเพิ่มภาพพจน์ของโรงงาน เพิ่มความประทับใจของลูกค้า เกิดความสัมพันธ์ที่ดีกับชุมชนและหน่วยงานควบคุมของรัฐ

หมายเหตุ: สถิติจาก UNEP ระบุว่า “โรงงานสามารถลดของเสียได้ถึงร้อยละ 50 ด้วยการนำหลักการปฏิบัติงานที่ดีไปทดลองใช้”

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานที่ดี

สิ่งที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานที่ดี ก็คือ

ก) มีวัฒนธรรมขององค์กร: จะต้องสร้างพฤติกรรม ให้พนักงานทุกระดับช่วยกันลดของเสียเพื่อเพิ่มผลผลิต

ข) เพิ่มความตระหนัก: เป็นโอกาสที่ฝ่ายจัดการและพนักงาน จะได้ร่วมกันชี้แก้ปัญหา และนำไปปฏิบัติร่วมกัน

ค) การกระจายข้อมูลข่าวสาร: จำเป็นจะต้องแจ้งข้อมูล ข่าวสาร ขั้นตอนปฏิบัติต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

ง) เป็นขั้นตอนที่นำไปปฏิบัติได้: ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ดี ควรเป็นวิธีปฏิบัติที่ไม่ต้องลงทุนสูง ดังเช่นมาตรการอื่น ๆ ของ Cleaner Technology เพื่อที่โรงงานขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถนำไปปรับปฏิบัติได้ทันที

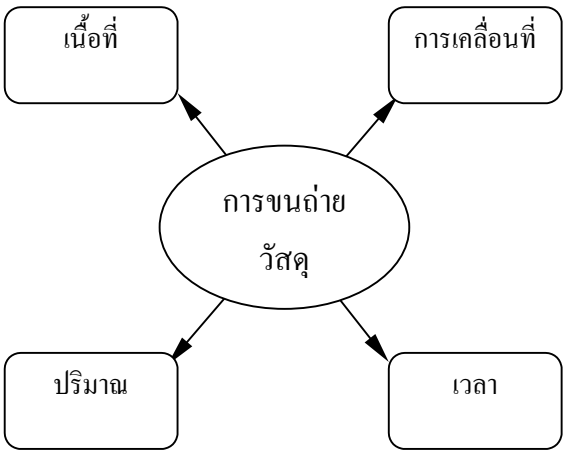
ขอบเขตของงานการปฏิบัติงานที่ดี

เพื่อให้งานต่าง ๆ ดำเนินการบรรลุตามเป้าหมายของการปฏิบัติงานที่ดี จึงควรแยกหมวดงานที่จะดำเนินการออกเป็น 5 งาน คือ

1. งานลดการสูญเสีย เป็นการป้องกันการเกิดของเสียโดยไม่จำเป็น โดยการควบคุมการผลิตรายละเอียดดังได้กล่าวไว้ในภาคผนวก จ

2. งานการขนถ่ายวัสดุ (วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์)

องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการขนถ่ายวัสดุมี 4 ประการ แสดงดังรูปที่ ฉ-1



รูปที่ ฉ-1 องค์ประกอบการขนถ่ายวัสดุ

การเคลื่อนที่ คือการเคลื่อนย้ายวัสดุจากต้นทาง (จุดที่ยกของขึ้น) ไปยังจุดปลายทาง (จุดที่ยกของลง)

เวลา เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการขนถ่ายว่ามากน้อยเพียงใด ซึ่งในแต่ละขั้นตอนการผลิต จะใช้เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน ทั้งการป้อนวัตถุดิบและนำชิ้นงานออก โดยต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง และเวลายังเป็นตัวกำหนดการขนถ่าย โดยการควบคุมที่จุดต้นทางหรือจุดปลายทาง

ปริมาณ วัสดุที่ต้องทำการขนย้ายจะต้องสัมพันธ์กับ ปริมาณความต้องการของจุดต่าง ๆ และต้องสอดคล้องกับเวลาที่เหมาะสมของระบบและต้องประหยัดค่าใช้จ่าย

เนื้อที่ ทุกบริเวณในแต่ละขั้นตอนการผลิตจะต้องมีเนื้อที่เพียงพอสำหรับเก็บวัสดุ เพื่อรอคอยการผลิตในขั้นตอนต่อไป หรือใช้ Stock วัตถุดิบเพื่อคอยป้อนเข้าเครื่อง ในกรณีวัตถุดิบไม่เต็มสายการผลิตหรือไม่เต็มเครื่องผลิต

การวางแผนระบบการขนถ่ายวัสดุ จะต้องครอบคลุมกิจกรรมต่าง ๆ ทุกขั้นตอนการผลิตภายในโรงงาน สำหรับการขนถ่ายวัสดุ ได้แก่ การรับ-ส่งวัสดุ การเก็บ การผลิต การตรวจสอบ การบรรจุหีบห่อ การเก็บผลิตภัณฑ์เข้าคลังสินค้า การขนส่งสินค้า ฯลฯ ในการวิเคราะห์การขนถ่ายวัสดุประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญคือ วัสดุ (materials) การเคลื่อนที่ (moving) และวิธีการ (methods) ในการวางแผนการขนถ่ายทุกแผนกของโรงงานจะต้องมีข้อมูล ข้อกำหนดและองค์ประกอบต่าง ๆ อันได้แก่

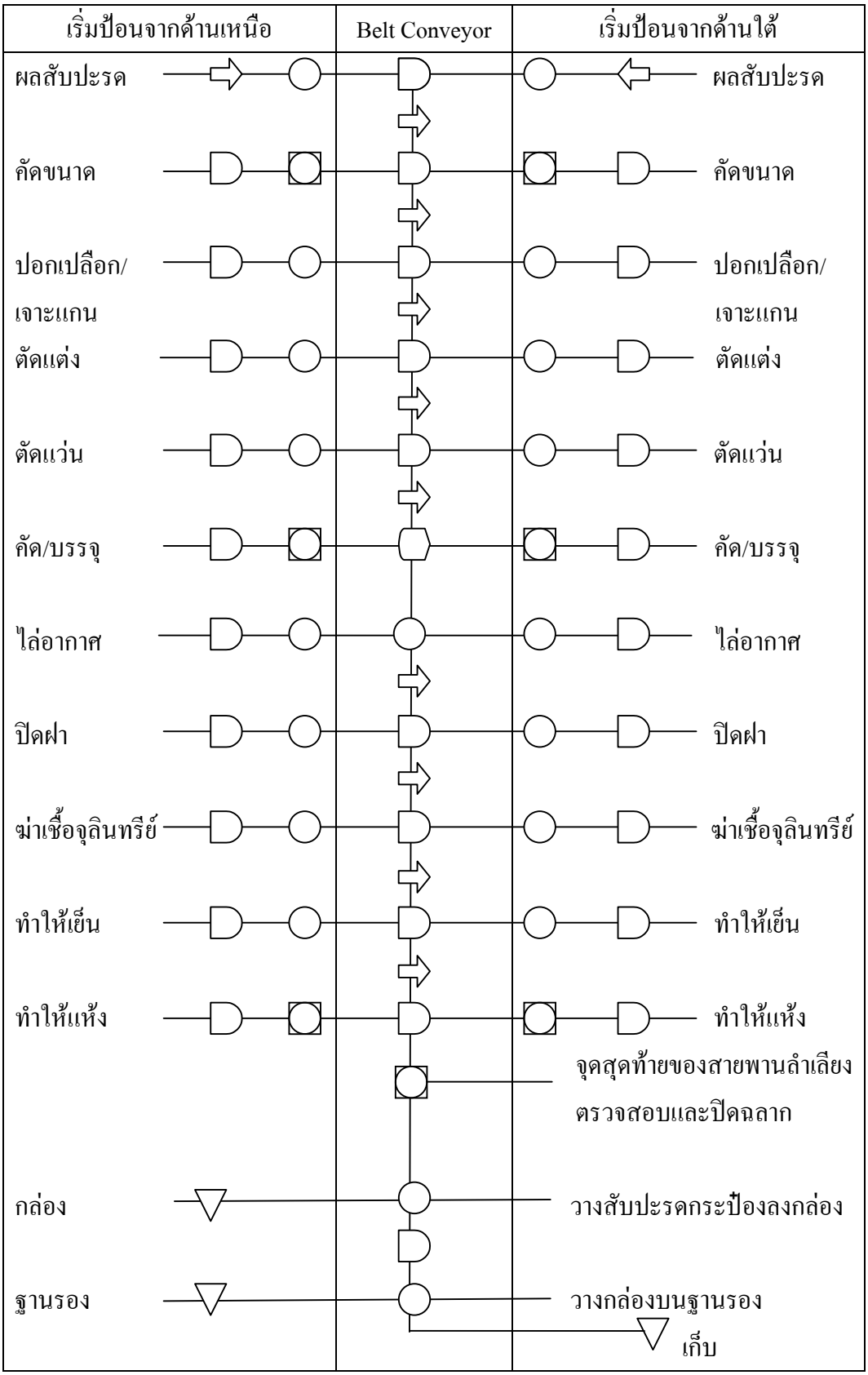
1) การจัดกลุ่มวัสดุ-ผลิตภัณฑ์ ให้พิจารณาคุณสมบัติและข้อจำกัดต่าง ๆ ของวัสดุ-ผลิตภัณฑ์ เพื่อจะได้จัดกลุ่มได้ถูกต้องและครบถ้วน ในแต่ละขั้นตอนการผลิต หากวัสดุใดจำเป็นต้องเปลี่ยนกลุ่มด้วยเหตุผลใดก็ตามให้ทำเครื่องหมาย บอกรายละเอียดและกำหนดเป็นกลุ่มใด โดยจัดทำลงในแบบสรุปการจัดกลุ่มวัสดุ

การวางแผนการขนถ่ายอย่างละเอียดของแต่ละบริเวณหรือแผนก จำเป็นต้องมีข้อกำหนดเฉพาะมากกว่าการวางแผนการขนถ่ายระหว่างแผนก ซึ่งวัสดุทั้งหมดที่มีอยู่ในพื้นที่จะต้องคำนึงถึงเรื่องปริมาณ ช่วงเวลาหรือการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ เป็นสำคัญ

2) ผังโรงงาน ต้องแสดงรายละเอียดคุณลักษณะ และตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ พื้นที่ทำงานทุกบริเวณ รูปลักษณะของเนื้อที่แต่ละแผนก สิ่งอำนวยประโยชน์ที่เชื่อมต่อไปยังจุดต่างๆ ตลอดจนระบบสื่อสารและระบบควบคุม

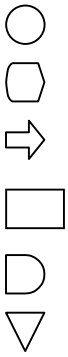
3) การวิเคราะห์การเคลื่อนที่ แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

ก. แผนภูมิการไหลของกระบวนการ (Flow Process Chart) แสดงลำดับขั้นตอนโดยละเอียดของกระบวนการผลิต ตัวอย่างแสดงดังรูปที่ ฉ-2



รูปที่ ฉ-2 แผนภูมิการไหลของสายงานผลิตสับปะรดกระป๋อง

สัญลักษณ์



ทำงาน
ขนถ่าย
ขนส่ง
ตรวจสอบ
รอคอย
เก็บ

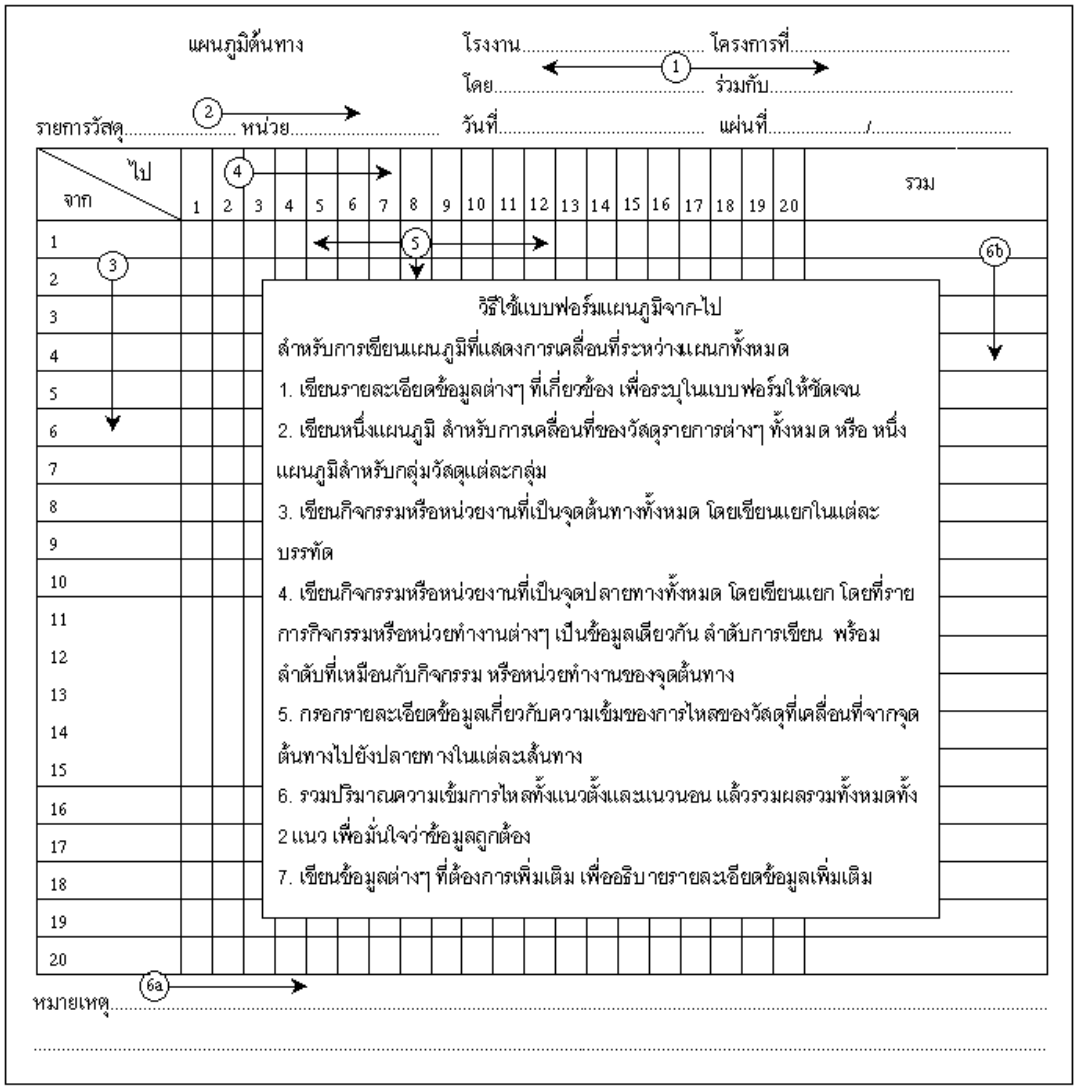
ข. แผนภูมิต้นทาง-ปลายทาง (Origin-destination chart) ใช้สำหรับวิเคราะห์วัสดุ-ผลิตภัณฑ์หลายชนิดที่เคลื่อนที่ผ่านหลายเส้นทาง ซึ่งแสดงให้เห็นความเข้มการไหลของการขนถ่ายทั้งหมดของแต่ละกิจกรรมจากจุดต้นทางไปถึงปลายทาง เพื่อการจัดเตรียมสถานที่ใช้รองรับ แสดงดังรูปที่ ฉ-3 ทั้งนี้เทคนิคการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ยังรวมถึง การสมดุลของสายงานผลิต การสุ่มงาน เวลา การวิเคราะห์การรอคอย ภาวะการทำงานของเครื่องจักร

4) ความรู้และความเข้าใจในระบบการขนถ่าย เพื่อตัดสินใจเลือกระบบ อุปกรณ์และหน่วยรองรับ รวมทั้งต้องรู้ลำดับขั้นตอนการขนถ่าย การรอคอย การขนถ่ายแบบทางตรงและทางอ้อม

5) การปรับเปลี่ยนแผนการขนถ่าย ควรพิจารณาถึงกำหนดการของแผนกต่าง ๆ ช่วงเวลา การเชื่อมต่อของข้อกำหนด ขอบเขตการปฏิบัติงาน การควบคุมคุณภาพและปริมาณ ความปลอดภัยในโรงงาน รูปลักษณะพื้นที่และโครงสร้างอาคาร

6) การคำนวณ จะพิจารณาถึงรายละเอียดอุปกรณ์ต่าง ๆ หน่วยรองรับที่ต้องการตามความเหมาะสม แรงงานที่ใช้ แล้วคำนวณออกมาเป็นจำนวนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

3. งานการประหยัดน้ำ การปฏิบัติที่ดีเพื่อการประหยัดน้ำ ทำได้โดยการควบคุมการผลิต (รายละเอียดดังภาคผนวก จ) เป็นการป้องกันการรั่วไหล หกล้น พยายามใช้น้ำหมุนเวียน พร้อมการติดตามประเมินผลการใช้น้ำเป็นระยะ



รูปที่ ฉ-3 แสดงแผนภูมิต้นทาง-ปลายทาง

4. งานการประหยัดพลังงาน

พลังงานที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม จะมีทั้งพลังงานที่ได้จากไฟฟ้าและพลังงานความร้อนที่ได้จากไอน้ำ หลักการประหยัดพลังงาน แสดงดังรูปที่ ฉ-4

4.1 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน

เป็นการวางแผนการผลิตและคิดวิธีใช้พลังงานให้น้อยที่สุด เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและไม่ทำให้อัตรากำลังผลิตลดต่ำลง ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ดีสำหรับการประหยัดพลังงานแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดกฎระเบียบ

ก. จัดตั้งองค์กรเพื่อการประหยัดพลังงาน โดยประกอบด้วยบุคคลจากแผนกต่าง ๆ เพื่อประสานกิจกรรมแต่ละแผนกให้ดำเนินการประหยัดพลังงาน

ข. กำหนดกฎระเบียบเข้มงวด เรื่องการปิดเครื่องปรับอากาศ ดวงไฟที่ไม่มีการใช้งาน กำหนดอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น หากบรรลุผลสามารถประหยัดได้ 5%

ขั้นตอนที่ 2 การปรับปรุงอุปกรณ์ไฟฟ้า

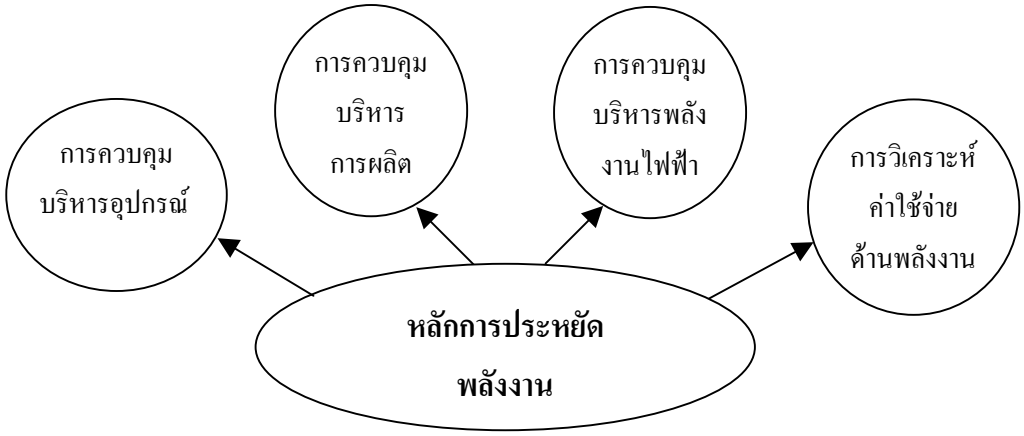
ก. การดัดแปลงและปรับปรุงอุปกรณ์หน่วยเสริมการผลิต ได้แก่ มอเตอร์ เครื่องปั๊ม หม้อแปลง เครื่องปรับอากาศ อุปกรณ์ให้ความสว่าง เป็นต้น

ข. ลดการสูญเสียด้วยการปรับปรุง ได้แก่ การป้องกันไม่ให้เกิดการเดินเครื่องตัวเปล่า ไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรหรือมอเตอร์ และการใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ ณ จุดนี้ประสิทธิภาพสูงสุด

ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงการดำเนินงาน

ก. การปรับปรุงกระบวนการผลิต หากบรรลุผลสามารถประหยัดได้ 10%

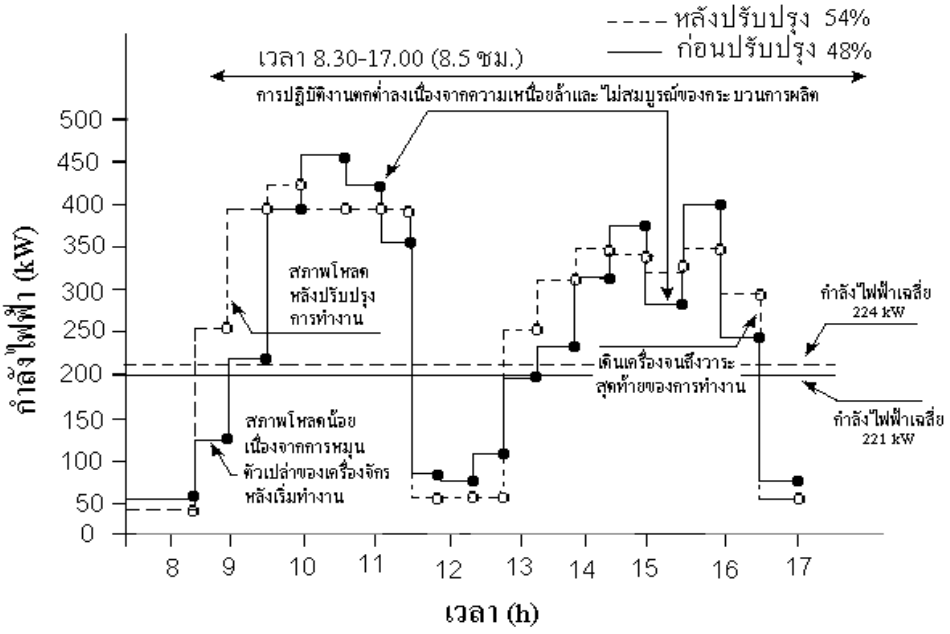
ข. การปรับปรุงการควบคุมกระบวนการผลิต การปฏิบัติงาน คุณภาพผลิตภัณฑ์รวมถึงการขนถ่ายวัสดุ



รูปที่ ฉ-4 หลักการประหยัดพลังงาน

ในที่นี้จะขอกล่าวเฉพาะเรื่องการควบคุมบริหารกำลังไฟฟ้า ดังนี้

1) ติดตั้งเครื่องตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า เพื่อวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตามจุดต่างๆ และเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงเครื่องจักร/อุปกรณ์หรือวิธีการดำเนินงานต่างๆ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เราสามารถดูสภาพการเดินเครื่องจักร/อุปกรณ์แสดงได้ในเส้นกราฟของโหลด ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ ฉ-5



รูปที่ ฉ-5 ตัวอย่างการปรับปรุงเส้นกราฟของโหลดในโรงงานแห่งหนึ่ง

กราฟแสดง การบันทึกค่าโหลดกำลังไฟฟ้า (kW) เปรียบเทียบเวลาทุก ๆ 30 นาที ซึ่งจะเห็นว่าค่าของโหลด ในตอนเริ่มทำงานของช่วงเช้าและช่วงบ่ายเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เนื่องจากเป็นเวลาเริ่มปฏิบัติงานมีการเดินเครื่องตัวเปล่า ขณะที่ตอนเลิกงานค่าโหลดลดลงเร็วกว่ากำหนดเวลาเลิกงาน จึงควรปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานให้เครื่องจักรสามารถทำงานจนถึงเวลาเลิกงาน และให้หยุดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าของแหล่งจ่ายช่วงพักกลางวัน

2) การปรับปรุงต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิต

ต้นทุนพลังงานไฟฟ้า หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปต่อหนึ่งหน่วยผลผลิต เป็นดัชนีสำหรับบ่งชี้สภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตเกิดขึ้นจาก

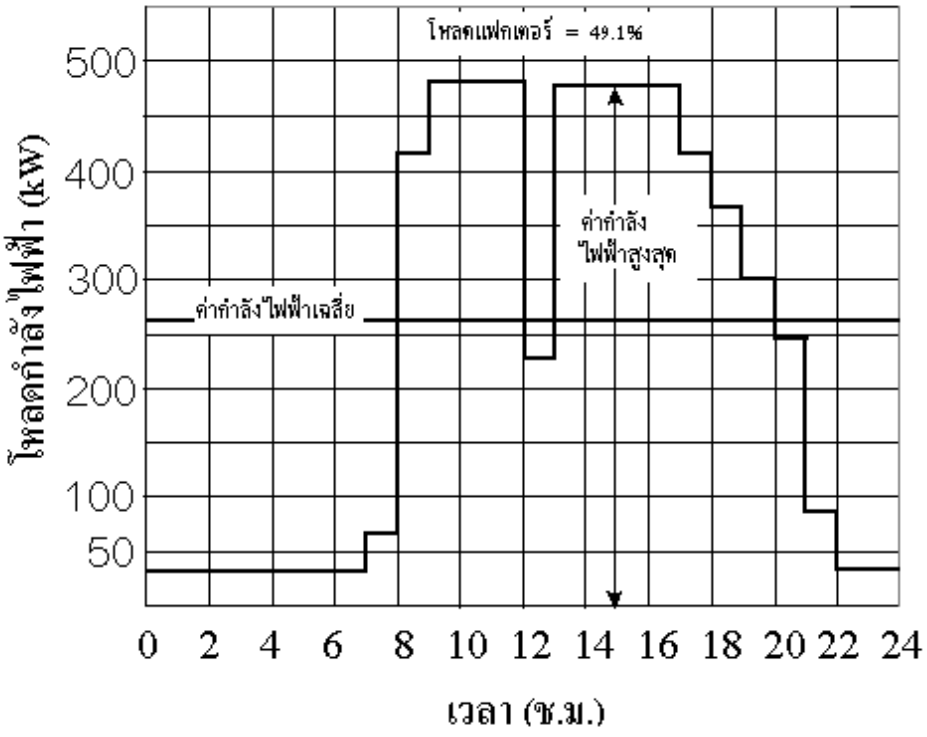
- ปริมาณและขั้นตอนการดำเนินงานที่เปลี่ยนแปลงไป
- เวลาที่ใช้สำหรับการเตรียมงานแต่ละขั้นตอน
- ความเร็วในการผลิต
- การผลิตสินค้าชนิดเดียวกันเป็นระยะยาว
- อัตราการได้ของผลผลิต/ของเสีย
- ประสิทธิภาพของเครื่องจักร/อุปกรณ์ควบคุม
- การปฏิบัติงานที่ผิดพลาด
- ความตั้งใจในการปฏิบัติงาน

3) การปรับค่าโหลดแฟกเตอร์

$$\text{โหลดแฟกเตอร์} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(kW) x 100\%}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุด(kW)}}$$

$$\text{โหลดแฟกเตอร์ในแต่ละเดือน} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าใน 1 เดือนต่อจำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน(kW)}}{\text{ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด(kW)}}$$

การปรับค่าโหลดแฟกเตอร์ให้ดีขึ้น โดยการปรับปรุงการใช้กำลังไฟฟ้าให้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดชั่วโมงการทำงาน และใช้เครื่องจักร/อุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของเส้นกราฟของโหลด แสดงดังรูปที่ ฉ-6



รูปที่ ฉ-6 ตัวอย่างของเส้นกราฟของโหลด

วิธีการปรับค่าโหลดแฟกเตอร์ มี 3 วิธีคือ

- การลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด
- การปรับปรุงวิธีการทำงาน การผลิต ช่วงเวลาการเดินเครื่องจักร
- การใช้อุปกรณ์อัตโนมัติควบคุม

4.2 การประหยัดพลังงานความร้อนในโรงงาน

ทำนองเดียวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า คือจะต้องมีการวางแผนการผลิต ให้มีวัสดุเต็มสายการผลิตในขั้นตอนที่มีการใช้ไอน้ำหรือน้ำร้อน นอกจากนี้ยังต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ และการหาวิธีนำน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้ว ไอน้ำจากเครื่องดักจับหรือน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับมาใช้งานใหม่ สำหรับการประหยัดพลังงานความร้อนหรือน้ำมันเตา โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ

4.2.1 การวางแผนการผลิต ดังได้กล่าวไว้ใน ภาคผนวก จ

4.2.2 การควบคุมการสันดาปด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้คือ

1) การสังเกตเปลวไฟ

การสันดาปที่เกิดขึ้นในอัตราส่วนของอากาศที่เหมาะสม จะสังเกตได้จากใจกลางของเปลวไฟบริเวณใกล้หัวเผาค่อนข้างดำเล็กน้อย โดยที่มีเปลวไฟสว่างจ้าอยู่รอบๆ มีลักษณะอยู่ตัว ถ้าอากาศน้อย เปลวไฟในบริเวณใกล้หัวเผาส่องแสงจ้าก็จริง แต่บริเวณใกล้เปลวไฟจะมีสีค่อนข้างดำและมีเขม่าเกิดขึ้น แต่ถ้าหากป้อนอากาศเข้ามากเกินไป เปลวไฟจะสั้นลงมาก ทำให้อุณหภูมิภายในเตาลดลงความร้อนที่สูญเสียไปกับก๊าซทิ้งจะเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้สูงเพิ่มขึ้น แก้ไขได้โดยการปรับปริมาณอากาศให้เหมาะสม นอกจากนี้ยังสังเกตได้จากสีของเปลวไฟด้วย คือถ้าอากาศน้อยเกินไปลักษณะจะเป็นสีแดงปกคลุมด้วยสีค่อนข้างดำ แต่ถ้ามากไปจะเป็นสีเหลืองออกขาว

2) การเลือกใช้หัวเผาที่เหมาะสมและการบำรุงรักษา

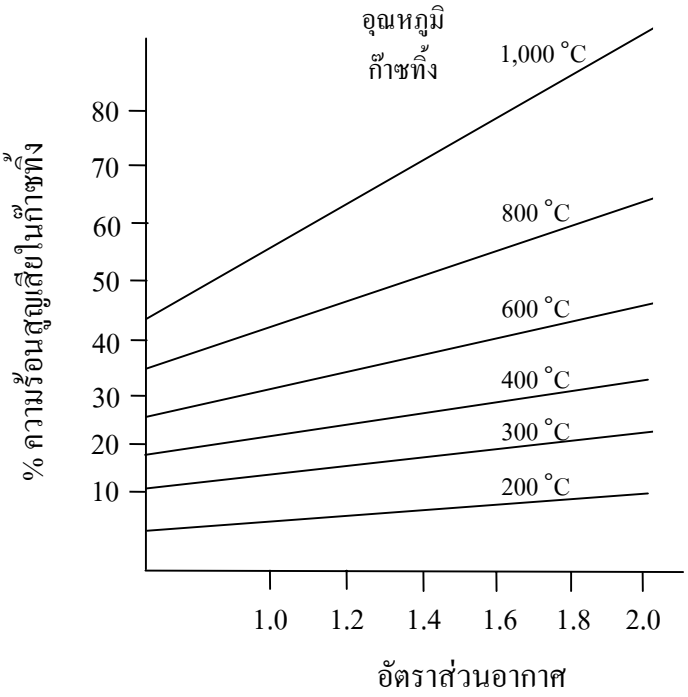
ประเภทของหัวเผามีหลายประเภทให้เลือก ขึ้นอยู่กับการใช้งานควรเลือกใช้ให้ถูกกับลักษณะสำคัญ การใช้งานของแต่ละประเภท แสดงตามตารางที่ ฉ-1 การบำรุงรักษา ทำได้โดยการทำความสะอาดหัวเผาที่มีคาร์บอนเกาะติดอยู่ด้วยน้ำมัน แล้วใช้ผ้านิ่มเช็ดออก ไม่ควรทำความสะอาดด้วยของแข็ง ซึ่งอาจเกิดรอยที่ปลายหัวเผา จะทำให้การพ่นฝอยเกิดปัญหาขึ้น เมื่อดับไฟหัวเผาแล้วควรป้อนอากาศเข้าไประบายความร้อน หรือถอดหัวเผาออกเก็บโดยการจุ่มน้ำมันไว้ เพื่อป้องกันน้ำมันตกค้างในรูของปลายหัวซึ่งอาจจะเป็นคาร์บอนเกาะติด

ตารางที่ ฉ-1 ลักษณะสำคัญการใช้งานของหัวเผาน้ำมัน

		แบบอากาศความดันต่ำ		แบบกระแสอากาศความดันสูง (พ่นฝอย)		แบบความดันน้ำมัน		หัวเผาโรตารี่
		Interlocking type	non Interlocking type	ชนิดผสมภายใน	ชนิดผสมภายนอก	ชนิดส่งน้ำมันกลับ	ชนิดไม่ส่งน้ำมันกลับ	
ปริมาณสันดาป	l/h	1.5 - 120	4 - 180	10 - 5,000	10 - 600	50 – 10,000	50 – 10,000	10 - 300
ความดันน้ำมัน	kg/cm^2	0.4 - 1	0.1 – 0.3	2 – 9	0.2 - 1	5 - 40	5 – 70	0.5 - 10
ความดันที่ทำการพ่นฝอย	kg/cm^2 ($mm\ H_2O$)	$mm\ H_2O$ (400 – 2,000)	$mm\ H_2O$ (400 – 2,000)	3 – 10 kg/cm^2	2 – 8 kg/cm^2	-	-	1 - 3 kg/cm^2
ปริมาณตัวกลางที่ใช้พ่นฝอย	A Nm^3/kg S kg/k	2 - 3 Nm^3/kg	1 - 3 Nm^3/kg	A 0.2 Nm^3/kg S 0.33 kg/kg	-	-		อากาศ
ตัวกลางที่ใช้พ่นฝอย	-	อากาศ	อากาศ	อากาศหรือไอน้ำ	อากาศหรือไอน้ำ	-	-	อากาศ การหมุนของถ้วย(cup)
ความดันอากาศที่ใช้สันดาป	$mm\ H_2O$	400 – 2,000	100 – 2,000	0 – 250	0 - 50	100	100	0 – 100
ช่วงการปรับควบคุมการสันดาป	-	4 – 6 : 1	4 – 8 : 1	8 : 1	6 : 1	3 : 1	3 : 1	2 – 10 : 1
ลักษณะของเปลวไฟ	-	เปลวสั้น	เปลวค่อนข้างสั้น เปลวยาว	เปลวสั้น เปลวยาว	เปลว ค่อนข้างยาว	เปลวสั้น	เปลวสั้น	เปลวสั้น
ข้อดี	-	- ทำ Poptional control ได้โดยโยกอันเดียว - ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์และเดินเครื่องถูก	- ใช้งานได้ง่าย - ค่าใช้จ่ายอุปกรณ์และเดินเครื่องถูก	- การอุดตันของรูมีน้อย	- พ่นฝอยได้ดี (อนุภาคเล็ก) - การอุดตันของรูมีน้อย	- เสียงของการสันดาปค่อย - ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องถูก	- เสียงของการสันดาปค่อย - ค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องถูก	ราคาถูก ใช้งานได้ง่าย
ข้อเสีย	-	ต้องใช้เครื่องเป่าลม	ต้องใช้เครื่องเป่าลม	ต้องเสียค่าไฟ	ต้องเสียค่าไฟ	- ไม่สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของภาระ - ต้องใช้ปั๊มความดันสูง	- ไม่สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของภาระ - ต้องใช้ปั๊มความดันสูง	มีขนาดโตขึ้น
หม้อไอน้ำ	- แบบท่อไฟทรงกระบอก - แบบไหลผ่านเลย - แบบแนวตั้ง - แบบท่อน้ำ	o o o	o o	o o o	o o o o	o o o	o o o	o o o

3) การปรับอัตราส่วนอากาศ

การปรับอัตราส่วนอากาศ จะมีผลต่อปริมาณก๊าซทิ้ง ถ้ามีปริมาณอากาศมากเกินไปก๊าซทิ้งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ถ้าน้อยเกินไปการสันดาปจะไม่สมบูรณ์ ปริมาณการสูญเสียความร้อนไปกับก๊าซทิ้งเนื่องจากการปรับอัตราส่วนอากาศ แสดงดังรูปที่ ฉ-7



รูปที่ ฉ-7 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอากาศกับความร้อนสูญเสียในก๊าซทิ้ง

การปรับปริมาณอากาศให้เหมาะสม ทำได้โดยสังเกตสีของก๊าซทิ้งที่ออกจากปล่องควัน แล้วค่อยๆปรับปริมาณอากาศให้ลดลงที่ละนิดและหยุดก่อนที่จะเกิดเขม่าพอดี ซึ่งจุดนี้การสันดาปจะเกิดที่ปริมาณอากาศใกล้เคียงกับปริมาณที่เหมาะสมที่สุด

4) การปรับความดันภายในเตา

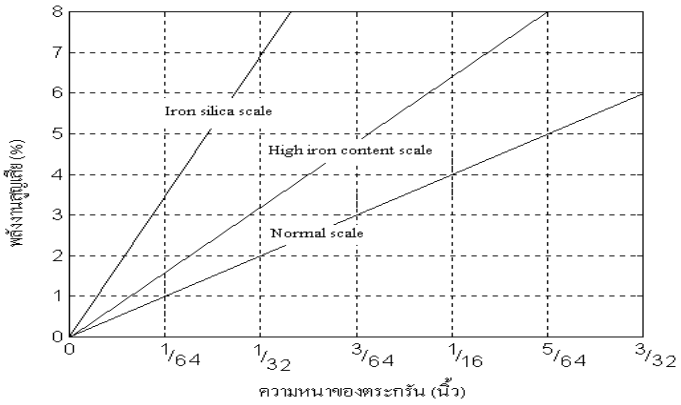
การปรับค่าความดันภายในเตาให้เหมาะสม ทำได้โดยการปรับปริมาณการเปิด damper ของทางไฟ กรณีถ้าเกิดความดันภายในเตาต่ำเกินไป อากาศเย็นจากภายนอกถูกถ่ายเทเข้าไปภายในเตา ทำให้อุณหภูมิภายในเตาลดลง จำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น

เพื่อป้องกันการปล่อยเปลวไฟออกจากเตา และการรั่วไหลของอากาศเข้าเตา ต้องทำการปรับความดันภายในเตาให้มีค่า 0 mm H_2O ที่บริเวณพื้นเตาโดยใช้ damper ของทางไฟและลดช่องเปิดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากเพิ่มความดันภายในเตาทั้งตัวให้สูงเกินไป จะเกิดการปล่อยเปลวไฟปริมาณมาก ทำให้เกิดความร้อนสูญเสีย ดังนั้นในการปรับความดันจำเป็นต้องค่อยๆ ปรับ damper ขณะเดียวกันให้วัดความดันภายในเตาด้วย

4.2.3 การดูแลรักษาหม้อไอน้ำ

การใช้งานของหม้อไอน้ำ ขึ้นอยู่กับคุณภาพน้ำที่ป้อนเข้าไปในหม้อไอน้ำ เนื่องจากการจับเกาะของตะกรัน การกัดก่อน และ แคริโอเวอร์

1) ตะกรัน เกิดขึ้นจากแคลเซียมซัลเฟตและแคลเซียมซิลิเกต เมื่อตะกรันจับเกาะพื้นผิวการถ่ายเทความร้อนทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง เป็นผลให้เกิดการสูญเสียความร้อน ดังรูปที่ ฉ-8



รูปที่ ฉ-8 พลังงานสูญเสียเนื่องจากการเกิดตระกรันในหม้อไอน้ำ

หากไม่ทำการล้างออก นอกจากจะสูญเสียความร้อนแล้วยังเป็นสาเหตุให้ผิวถ่ายเทความร้อนเกิดบิดเบี้ยว และท่ออาจโค้งงอ และยังเป็นสาเหตุให้หม้อไอน้ำระเบิดอีกด้วย

การป้องกันทำได้โดย ปรับคุณภาพน้ำป้อนหม้อไอน้ำให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด และคอยล้างตระกรันสม่ำเสมอ

2) การกัดกร่อนโดยทั่วไป เกิดจากปฏิกิริยา Electrolytic Dissociation ของน้ำทำให้เกิด OH^- ทำปฏิกิริยากับ Fe^{2+} ได้เป็นตะกอนในรูป $Fe(OH)_2$ และที่ไอน้ำอุณหภูมิสูงเหล็กเหนียวอาจถูกกัดกร่อนกลายเป็น Fe_2O_4 หากในน้ำมีกรดคาบอนิคอิสระอยู่จะเกิด $Fe(HCO_3)_2$ และถ้า pH ของน้ำมีค่าต่ำหรือมีออกซิเจนละลายอยู่มาก การกัดกร่อนจะเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ผิวนอกและผิวในของตะกอน $Fe(OH)_2$ จะเกิดผลต่างของความเข้มข้นของออกซิเจนจะทำให้เกิด Local Galvanize Action เป็นผลให้เกิดการกัดกร่อนเป็นจุดลึกลงไปเรื่อยๆ และถ้าความเข้มข้นของ NaOH ในน้ำสูงขึ้น ผิวของเหล็กเหนียวจะถูกกัดกร่อนลึกลงไปเรื่อยๆ

3) แคริโอเวอร์ เป็นปรากฏการณ์ที่น้ำในหม้อไอน้ำเกิดการกลายเป็นไอน้ำอย่างรุนแรงจะทำให้เกิดฟองและหยดน้ำหลุดออกไปกับไอน้ำสามารถป้องกันได้โดยไม่ให้เกิดภาวะการเปลี่ยนแปลงฉับพลันเวลาเดินเครื่อง สำหรับหยดน้ำที่เกิดขึ้นให้มีการติดตั้งไซโคลนหรือสกรีน สำหรับส่วนการปนเปื้อนของไขมัน/น้ำมัน/ของแข็งในน้ำ จำเป็นต้องหาวิธีกำจัดออกให้หมด

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างการตรวจสอบเพื่อการประหยัดทรัพยากรต่างๆ

ตารางที่ ช-1 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดน้ำ

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1. หยุดการรั่วไหล – ซ่อมท่อ สายยาง ประตูน้ำที่รั่วซึม – ป้องกันการหก ล้น จากถัง/ระบบต่างๆ – ติดมิเตอร์น้ำ จด/ประเมินผลเป็นระยะๆ **2. หยุดการใช้น้ำ ณ จุดที่ไม่จำเป็น** – ถอด/ ปิดตายประตูน้ำจุดที่ไม่ต้องการใช้น้ำ – ปิดน้ำนอกชั่วโมงการทำงาน **3. ปรับ ควบคุมการสูบและจ่ายน้ำ** – ติดตั้งวาล์วควบคุมอัตราการไหลให้เหมาะสม – ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำ เช่น เครื่องฉีด **4. การใช้น้ำหมุนเวียน** – พิจารณาปริมาณ/ คุณภาพ หาจุดที่จะใช้ใหม่ – ติดตั้งถังล้างแบบขั้นบันได – ติดตามผลกระทบที่อาจเกิดกับผลิตภัณฑ์ **5. ติดตั้งอุปกรณ์ช่วยประหยัดน้ำ** – ติดตั้งสวิตช์กันน้ำล้นออกจากถังล้าง – ใช้ลม เครื่องสั่น ช่วยในการล้าง – ใช้สารเคมีช่วยในการล้าง **6. อื่นๆ** ……..				

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

ตารางที่ ช-2 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดไฟฟ้า

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1. การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า – ตรวจเช็คปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง – ตรวจเช็คปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น หรือลดลง เพราะเหตุใด – ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ – คำนวณต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตของผลิตภัณฑ์หลัก – ตรวจวัดอัตราโหลดใน 1 วัน เพื่อดูสภาพการใช้กำลังไฟฟ้าอย่างคร่าวๆ – การปรับตัวประกอบโหลด โดยการควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าต่ำ คือพยายามควบคุมให้โรงงานใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากันอย่างสม่ำเสมอ **2. การควบคุมอุปกรณ์เครื่องจักร** 2.1 อุปกรณ์รับและจ่ายไฟฟ้า – ตรวจวัดโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า – ปิดหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อไม่มีการใช้งาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าโดยไร้ประโยชน์ 2.2 อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้า – ตรวจสอบการใช้อุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพหรือไม่ – ตรวจสอบโหลดที่ใช้ มีขนาดใหญ่กว่าขนาดจ่ายส่งหรือไม่ – ตรวจวัดแรงดันไฟฟ้าที่ปลายสาย เพื่อดูว่าแรงดันไฟฟ้าที่ใช้อยู่นั้นเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่				

ตารางที่ ช-2 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดไฟฟ้า (ต่อ)

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1.3 มอเตอร์ไฟฟ้า – ตรวจวัดโหลดของมอเตอร์ ที่มีขนาดมากกว่า 2.2 kW การใช้งานของมอเตอร์ขนาดนี้ อยู่ที่โหลด 80 – 100% จึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด – ตรวจสอบมอเตอร์/ อุปกรณ์ขับเคลื่อน เพื่อการซ่อมบำรุง – ตรวจสอบการเดินเครื่องว่ามีการเดินเครื่องตัวเปล่าหรือไม่ – ตรวจสอบการติดตั้ง capacitor เพื่อปรับปรุงค่า power factor โดยต่อแบบขนานกับมอเตอร์แรงดันต่ำ 1.4 อุปกรณ์ที่ใช้แรงขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า – ตรวจสอบการเดิน pump ว่ามีการเปิด valve ไม่เต็มที่หรือไม่ แรงดัน head ของ pump α (ความเร็วรอบ)^2 ความสามารถของ pump α ความเร็วรอบ ปริมาณการสิ้นเปลืองพลังงาน α ความเร็วรอบ ดังนั้นหากการใช้ pump มีแรงดัน head มากเกินไปก็จะเกิดการสูญเสียพลังงานสูง – ตรวจสอบว่า pump มีขนาดใหญ่เกินไปหรือไม่ – ตรวจสอบ compressed air ว่ามีลมรั่วไหลออกจากข้อต่อหรือ valve ลดความดัน หรือที่เครื่องโดยตรงหรือไม่ – ตรวจสอบแรงดันของลมว่า ลดต่ำสุดที่พอเหมาะกับงานหรือไม่				

ตารางที่ ช-2 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อการประหยัดไฟฟ้า (ต่อ)

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1.5 อุปกรณ์แสงสว่าง – สำรวจความสะอาดของอุปกรณ์แสงสว่าง – การใช้แสงธรรมชาติในช่วงกลางวันให้เกิดประโยชน์ เนื่องจากในตอนกลางวันหน้าต่างขนาด 1 ตารางเมตร สามารถรับแสงสว่างได้ 60,000 ลูเมน เทียบเท่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 W 18 ดวง – ปิดไฟทุครั้งเมื่อไม่ใช้แสงสว่าง – สวิทช์ไฟ ควรออกแบบให้สามารถปิดไฟเป็นส่วนๆ และควรติดสวิทช์ที่สามารถ เปิด-ปิดได้จากทั้งสองทาง				

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

ตารางที่ ช-3 บัญชีรายการตรวจสอบ การขนถ่ายวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1. ตรวจสอบการตรวจรับวัสดุจากผู้ค้าส่ง – ตรวจสภาพหีบห่อว่าสมบูรณ์หรือไม่? – ตรวจสภาพความแน่นหนาของฝา/ จุกปิด – รับเฉพาะสินค้าที่ตรง/ ได้คุณภาพตามสั่ง – การเก็บและบันทึกเอกสารสินค้าเข้าโรงงาน **2. ปฏิบัติตามข้อแนะนำของผู้ผลิต/ ค้าส่ง** – กำหนดการใช้/ เก็บรักษาตามที่ผู้ผลิตระบุ – เก็บเอกสารด้านความปลอดภัยใกล้ที่เก็บ/ ที่ใช้ – ใช้สารเคมีเฉพาะที่จำเป็น และมีความเข้มข้นต่ำ – การเผยแพร่ข้อมูลให้ผู้เกี่ยวข้องทราบอันตราย **3. การป้องกันอันตรายและอุบัติภัย** – ฝึกอบรมพนักงานเพื่อลดการรั่ว ล้น/ อุบัติภัย – มี/ ใช้เครื่องมือป้องกันภัยส่วนบุคคล – ใช้/ กำจัดวัสดุตามวิธีที่ผู้ผลิตกำหนด **4. เก็บวัตถุดิบ/ วัสดุแยกเป็นหมวดหมู่** – เว้นทางเดินให้เพียงพอ – ระบายอากาศเพียงพอหรือไม่ – มีคันกั้น พื้นกันซึม – มีและซ้อมการใช้อุปกรณ์ฉุกเฉินครบหรือไม่ **5. รักษาความสะอาดบริเวณโกดังวัสดุ** – เดินตรวจบริเวณหารอยรั่วไหลเป็นระยะๆ – ใช้อุปกรณ์ และวิธีการขนถ่ายที่เหมาะสม				

ตารางที่ ช-3 บัญชีรายการตรวจสอบ การขนถ่ายวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ (ต่อ)

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
6. ตรวจวันที่หมดอายุของวัสดุต่างๆ – ตรวจสอบและจดบันทึกข้อมูลเป็นประจำ – กำหนดมาตรการ “มาก่อน - ใช้ก่อน” **7. เก็บรักษาวัตถุดิบในปริมาณที่เหมาะสม** – ไม่ควรกักตุนวัตถุดิบไว้มากเกินไป – ถ้าเป็นไปได้ ควรใช้ระบบพร้อมใช้ (JIT) **8. ประเมินผลการดำเนินงานเป็นระยะๆ** – ติดตามประเมินระบบการรับวัตถุดิบ/ ผลิตภัณฑ์ – ติดตามตรวจสอบการเก็บรักษาวัตถุดิบ/ ผลิตภัณฑ์ – ติดตามประเมินผลการใช้วัตถุดิบ – ดำเนินการปรับปรุง – ติดตามผลงาน **9. อื่นๆ** ……..				

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

ตารางที่ ช-4 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อพัฒนาการจัดการและลดของเสีย

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1. ตรวจพิจารณาแหล่งของเสีย – จัดทำผังกระบวนการผลิต/ กิจกรรม – ระบุแหล่งของเสียในแต่ละกิจกรรม				
2. การใช้วัสดุทดแทนที่มีพิษน้อยกว่า – การศึกษาคุณสมบัติของสารทดแทน – ประเมินค่าใช้จ่าย จัดลำดับความเร่งด่วน – ดำเนินการปรับเปลี่ยน ติดตามผล				
3. แยกประเภทของเสียแข็ง – แยกประเภทของเสียแข็ง – จัดหาภาชนะบรรจุแยกตามชนิด – แยกของเสียอันตรายออกต่างหาก – แยกของเสียแข็งออกจากของเสียเหลว – อบรมพนักงาน สร้างความตระหนัก – ติดตามประเมินผลเป็นระยะๆ				
4. การนำไปใช้หมุนเวียน การกำจัด – ระบุวัสดุที่สามารถนำไปใช้ได้อีก – ระบุวัสดุ/ ของเสียแข็งที่ขายได้ – ดำเนินการบำบัดและกำจัด – ติดตามประเมินค่าใช้จ่ายเป็นระยะๆ				
5. แยกประเภทของเสียเหลว – เลี่ยงการปนของเสียเหลวต่างชนิดกัน – ระบุสายน้ำเสียที่ใช้หมุนเวียนได้ – ดำเนินการ และตรวจติดตามผล				

ตารางที่ ช-4 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อพัฒนาการจัดการและลดของเสีย (ต่อ)

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
6. การใช้ตัวทำละลายหมุนเวียน – ศึกษาระบุหาตัวทำละลายทดแทน – ระบุแนวทางนำกลับไปปรับใช้ใหม่ – ดำเนินการ และติดตามผล – ประเมินค่าใช้จ่าย และกำไรเป็นระยะๆ **7. การใช้ภาชนะบรรจุ/ หีบห่อ หมุนเวียน** – ระบุแนวทางการใช้/ ลดภาชนะหมุนเวียน – ระบุความเหมาะสมของระบบมัดจำ/ คืนเงิน – ระบุแนวทางขาย หรือส่งไปกำจัด – ประเมินค่าใช้จ่าย และกำไรเป็นระยะๆ **8. อื่นๆ** ……..				

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

ตารางที่ ช-5 บัญชีรายการตรวจสอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัสดุและวัตถุดิบ

งานที่จะต้องทำ	ผู้รับผิดชอบ	ลำดับเร่งด่วน	กำหนดเวลาทำงาน	ค่าเงินที่ประหยัดได้
1. เดินสายการผลิตที่ประสิทธิภาพสูง – ปรับอัตราการไหล อุณหภูมิ ฯลฯ ตามคู่มือ – เดินเครื่องผลิตสินค้าให้ต่อเนื่องนานที่สุด **2. ป้องกันการรั่วหก จากอุบัติเหตุ** – เพิ่มความระมัดระวังในการขนย้าย ถ่ายเท – อบรมพนักงาน และติดตามผลเป็นระยะๆ **3. การซ่อมรอยรั่วระบบท่อ & อุปกรณ์** – ตรวจสอบด้วยตา เพื่อหาจุดแก้ไข – ดำเนินการซ่อม และติดตามผล **4. กำหนดแผนการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ** – ลดการหยุดชะงักการผลิตที่ไม่จำเป็น – กำหนดเวลาตรวจซ่อมบำรุงปกติไว้ล่วงหน้า **5. การรักษาและใช้คู่มือการซ่อมบำรุง** – ปฏิบัติตามข้อแนะนำต่างๆ ในคู่มือ – จัดฝึกอบรมพนักงานซ่อมบำรุง **6. เก็บบันทึกประวัติการซ่อมบำรุง** – เขียนผัง คุณสมบัติ แผนซ่อมบำรุง – ติดตามผลการซ่อมบำรุงเป็นระยะๆ **7. ตรวจปริมาณและคุณภาพสินค้า** – ศึกษา ระบุปัญหา วิธีการแก้ไข – ดำเนินการปรับปรุง และติดตามผล **8. อื่นๆ** ……..				

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

ตารางที่ ช-6 บัญชีรายการจุดที่ควรตรวจสอบในสถานที่ตั้ง

1. **บริเวณตรวจรับของ:** ซึ่งอาจมีของเสีย เช่น
   - [ ] ซากวัสดุหีบห่อ/ ภาชนะต่างๆ
   - [ ] กองซากของหกหล่น
   - [ ] ภาชนะบรรจุต่างๆ ที่แตก รั่ว
   - [ ] คราบรอยรั่วจากท่อส่ง หรือเททิ้งไว้
2. **บริเวณเก็บวัตถุดิบหรือสินค้า:** ซึ่งอาจมีของเสียจำพวก
   - [ ] ผงตะกอนก้นถัง
   - [ ] รอยรั่วที่เครื่องสูบ วาล์ว หรือท่อ
   - [ ] คราบรอยรั่วต่างๆ บนพื้น
   - [ ] ภาชนะบรรจุที่ชำรุด/ ที่ใช้หมดแล้ว
   - [ ] สินค้าที่ไม่ได้มาตรฐาน/ หมดอายุ
   - [ ] อื่นๆ _____
3. **พื้นที่ผลิต:** อาจมีของเสียจำพวก
   - [ ] น้ำล้างรั่วไหล
   - [ ] วัสดุปรุงแต่ง
   - [ ] น้ำยาทำละลาย
   - [ ] น้ำมัน
   - [ ] ตะกอนข้นเหลวก้นถัง
   - [ ] น้ำยาที่หมดสภาพ
   - [ ] ผลิตภัณฑ์ตกมาตรฐาน
   - [ ] น้ำล้าง
   - [ ] แคตตาลิสต์
   - [ ] วัสดุส่วนเกิน
   - [ ] ภาชนะบรรจุเปล่า
   - [ ] ไส้กรอง
   - [ ] เศษผง ขยะ
   - [ ] ถังน้ำยารั่วซึม
   - [ ] ซากจากการล้างท่อ
   - [ ] คราบรอยรั่ว
   - [ ] อื่นๆ _____
4. **ส่วนสนับสนุน:** ก็อาจทำให้เกิดของเสีย เช่น

   ห้องวิเคราะห์
   - [ ] น้ำยาต่างๆ
   - [ ] ตัวอย่างต่างๆ
   - [ ] เคมีเสื่อมสภาพ
   - [ ] ขวดเก็บตัวอย่าง
   - [ ] อื่นๆ _____

   แผนกซ่อมบำรุง
   - [ ] น้ำยาทำละลาย/ สารทำความสะอาดต่างๆ
   - [ ] น้ำมัน/ ไขมัน/ จาระบี
   - [ ] เศษโลหะ
   - [ ] กรด/ด่าง
   - [ ] เศษผ้า/ กากทรายพ่น

   โรงรถ
   - [ ] ซากน้ำมัน/ ไขมัน
   - [ ] ซากกรด/ด่าง
   - [ ] ไส้กรอง
   - [ ] ตะกอนก้นถัง
   - [ ] น้ำยาทำละลาย
   - [ ] ซากแบตเตอรี่
   - [ ] อื่นๆ _____

หมายเหตุ: ----------

จัดทำโดย ---------- วันที่ ----------

ตรวจสอบโดย ---------- วันที่ ----------

เอกสารอ้างอิง

1. การดำเนินงานเทคโนโลยีสะอาด, นายบุญยง โล่ห์วงค์วัฒน
2. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม
3. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) ระบบการควบคุมการผลิตระดับโรงงาน, รศ. พิภพ ลลิตาภรณ์
4. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) เทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ, สมศักดิ์ ตรีรัตน์
5. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) คู่มือปฏิบัติการลดต้นทุนในสถานประกอบการ, ดร. โซเฮ ฮิมิ
6. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม, MOTOKI MATSUO
7. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย – ญี่ปุ่น) เทคนิคการประหยัดพลังงานความร้อน, YOSHIHIKO TAKAMURA

คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก ได้มีการประชุมกำหนดเกณฑ์การป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2544 ณ ห้องประชุมกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยกรรมการผู้เข้าร่วมประชุมประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานต่างๆ ดังนี้

ประธานคณะกรรมการ

นายดิเรก รัตนวิชช์	รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปฏิบัติหน้าที่แทนอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

รองประธานคณะกรรมการ

นายสมชาติ สถิตสุขเสนาะ	ผู้อำนวยการสำนักควบคุมและตรวจโรงงาน 2

กรรมการ

นายอุดม รัตนปราการ	กรมส่งเสริมการเกษตร
นายพรสวรรค์ หรุ่นหลี	วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีชลบุรี
นางปราณี พันธุมสินชัย	สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย
นางมณฑาทิพย์ ยุ่นฉลาด	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร
นางสุกัญญา จันทร์เหลือง	สถาบันอาหาร
นายอรรณพ นพรัตน์	ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมแห่งชาติ
นางพรพรรณ อุดมรัศมี	สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย
นายวิรัช ปิยพรไพบูลย์	บริษัท เนเชอรัล ฟรุ๊ต จำกัด
นายสุรัชต์ สุกิจปาณีนิจ	บริษัท ปราณบุรีสับปะรดกระป๋อง จำกัด
นายชัยวัฒน์ สุระภี	บริษัท กุยบุรีผลไม้กระป๋อง จำกัด
นางพรายวาด เรืองพัฒนพงศ์	บริษัท ทรอปิคอลฟู้ดส์ อินดัสเตรี จำกัด
นายกิติพงศ์ ไพศาลภานุมาศ	บริษัท ไวต้าฟู้ดส์(1989) จำกัด
นายศุภศิลป์ วงศ์มาจารภิญญา	บริษัท นิวแหลมทองฟูด อินดัสทรีส์ จำกัด

กรรมการและเลขานุการ

นางประไพรัตน์ ลาวัณย์วัฒนกุล	สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นายฮามมีม บาโรส	สำนักควบคุมและตรวจโรงงาน 2
นายธวัช ศิริวัฒน์	สำนักควบคุมและตรวจโรงงาน 2
นายมงคล พฤกษ์วัฒนา	สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน
ร.ท.ปราโมทย์ ศรีสุวรรณ	สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน

กิตติกรรมประกาศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม ขอขอบคุณบุคลากรและหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือกับโครงการเสริมสร้างสมรรถนะด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ดังรายนามต่อไปนี้

1. บริษัท เนเชอรัล ฟรุ๊ต จำกัด
2. บริษัท ปราณบุรีสับปะรดกระป๋อง จำกัด
3. บริษัท กุยบุรีผลไม้กระป๋อง จำกัด
4. บริษัท อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องไทย จำกัด
5. บริษัท ทรอปิคอลฟู้ดส์ อินดัสเตรี จำกัด
6. บริษัท อาหารสยามจำกัด (มหาชน)
7. บริษัท ไวต้าฟู้ด แฟตทอรี (1989) จำกัด
8. บริษัท นิวแหลมทองฟูด อินดัสทรีส์ จำกัด
9. บริษัท อาหารเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด
10. บริษัท มูนินแม็กซ์ จำกัด
11. นายสมชาติ ตั้งลิขสิทธิ์ ส่วนบริการอนุรักษ์พลังงาน สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน