

3) กลุ่มโรงงานกลั่นผลิตน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในที่ได้จากการสกัดจะยังไม่สามารถนำไปใช้ได้โดยตรง แต่ต้องนำไปทำการกลั่นอีกครั้ง ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบคือน้ำมันปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ซึ่งใช้สำหรับการประกอบอาหาร ผลิตภัณฑ์ส่วนที่เหลือสามารถนำไปใช้ในการผลิตสบู่ ขนหมขบเคี้ยว นมข้นหวาน เนยขาวและเนยเทียม

ส่วนน้ำมันเมล็ดในจะนำไปผ่านการฟอกสีและกำจัดกลิ่นซึ่งจะได้น้ำมันเมล็ดในปาล์มกลั่นบริสุทธิ์ ซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตครีมเทียมต่อไป

2.1.1 การสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ในปัจจุบันโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบของไทยแบ่งตามเทคโนโลยีการผลิตเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐาน ซึ่งมีกระบวนการผลิตแบบมาตรฐาน ใช้เครื่องจักรและเทคโนโลยีที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ มีกำลังการผลิตระหว่าง 10-30 ตันของผลปาล์มสดต่อชั่วโมง น้ำมันที่ผลิตได้จากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐานจะมีคุณภาพที่ดีกว่า เพราะใช้วัตถุดิบที่เป็นปาล์มทะเลลาย แต่จะมีน้ำเสียในกระบวนการผลิตประมาณ 0.5-1.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลปาล์มสด และในฤดูแล้ง โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐานจะไม่สามารถผลิตได้เต็มกำลังการผลิตเนื่องจากขาดแคลนผลปาล์ม ปัจจุบันมีโรงงานประเภทนี้ประมาณ 19 โรงงาน (ตารางที่ 2.1-1)

2) โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบรวมหรือหีบผสม จะเป็นโรงงานขนาดเล็ก โรงงานประเภทนี้ใช้ผลปาล์มร่วง (หรือสับทะลายปาล์มให้ผลปาล์มร่วง) เป็นวัตถุดิบ กำลังการผลิตอยู่ระหว่าง 10-30 ตันของผลปาล์มร่วงต่อวัน การหีบน้ำมันแบบรวมใช้เงินในการลงทุนต่ำ แต่มีข้อเสียคือน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จะมีลักษณะไหม้และฟอกสียาก มีความสกปรกเพราะมีเขม่าจากกระบวนการผลิต และมีไขมันอิสระสูงกว่าปกติ ปัจจุบันมีโรงงานประเภทนี้ประมาณ 32 โรง (ตารางที่ 2.1-2)

2.1.2 การตลาด

1) การส่งออกน้ำมันปาล์ม

การส่งออกน้ำมันปาล์มดิบมีค่อนข้างน้อยเพราะต้นทุนในการผลิตที่สูงและผลผลิตต่อไร่ต่ำเฉลี่ย 2.8-3.0 ตัน/ไร่-ปี ซึ่งเกิดจากความเสียเปรียบในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน สภาพอากาศ และประสิทธิภาพในการผลิต จึงทำให้ไม่สามารถแข่งขันทางด้านราคากับประเทศอื่นในภูมิภาคอาเซียนได้ (ตารางที่ 2.1-3)

ตารางที่ 2.1-1 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐาน

ชื่อโรงงาน	กำลังการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (ตัน/ปี)	จังหวัด
1. บริษัท ไทยอุตสาหกรรมและสวนปาล์ม จำกัด	16,425	กระบี่
2. บริษัท สยามปาล์มน้ำมันและอุตสาหกรรม จำกัด	18,000	กระบี่
3. บริษัท สหอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด (มหาชน)	15,832	กระบี่
4. บริษัท ศรีเจริญปาล์มออยล์ จำกัด	14,400	กระบี่
5. บริษัท เอเชีย น้ำมันปาล์ม จำกัด	14,400	กระบี่
6. บริษัท สยามไมเดิร์นปาล์ม จำกัด	30,000	กระบี่
7. บริษัท ชุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	24,000	ชุมพร
8. บริษัท วิจิตรภัณฑ์ปาล์มออยล์ จำกัด	11,680	ชุมพร
9. บริษัท สวีอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	14,400	ชุมพร
10. บริษัท ตรังน้ำมันปาล์ม จำกัด	14,400	ตรัง
11. บริษัท เอเชียโอเลียดัง จำกัด	22,464	ตรัง
12. บริษัท โอทาโก้ จำกัด	12,000	ตรัง
13. บริษัท ทักษิณปาล์ม (2521) จำกัด	32,671	สุราษฎร์ธานี
14. บริษัท ยูนิปาล์มอินดัสตรี จำกัด	37,256	สุราษฎร์ธานี
15. บริษัท ปาล์มน้ำมันพระแสง จำกัด	21,600	สุราษฎร์ธานี
16. บริษัท ไทยทาลโลว์แอนด์ออยล์ จำกัด	34,500	สุราษฎร์ธานี
17. บริษัท ทักษิณอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม (1993) จำกัด	14,400	สุราษฎร์ธานี
18. บริษัท ปาล์มไทยพัฒนา จำกัด	3,600	สตูล
19. บริษัท น้ำมันพืชบริสุทธิ์ จำกัด	3,500	สงขลา

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (ปี พ.ศ. 2541)

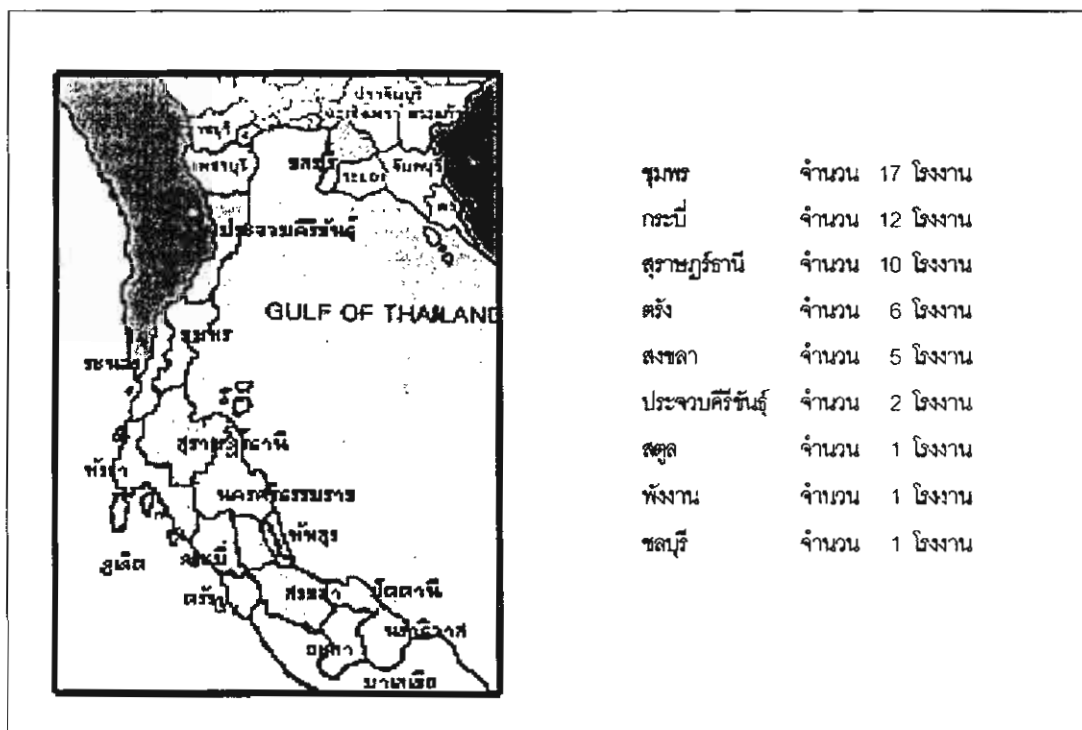
ตารางที่ 2.1-2 โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบรวมหรือหีบผสม

ชื่อโรงงาน	กำลังการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (ตัน/ปี)	จังหวัด
1. บริษัท กระบี่น้ำมันพืช จำกัด	1,800	กระบี่
2. บริษัท ตรังแสงตะวัน จำกัด	4,800	กระบี่
3. สวนปาล์มสหกรณ์ จำกัด	1,200	กระบี่
4. ห้างหุ้นส่วนจำกัด อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม ไอพีไอ	8,000	กระบี่
5. บริษัท เกษตรน้ำมันปาล์ม จำกัด	6,430	ชุมพร
6. บริษัท ดี.พี. ปาล์มออยล์ จำกัด	1,638	ชุมพร
7. บริษัท ไทยเพิร์ลโปรดักส์ จำกัด	3,500	ชุมพร
8. บริษัท ไทยผลิตภัณฑ์ปาล์ม จำกัด	9,000	ชุมพร
9. บริษัท มิตรเจริญน้ำมันพืช จำกัด	1,800	ชุมพร
10. บริษัท พีไอที อุตสาหกรรม จำกัด	5,700	ชุมพร
11. บริษัท รวมผลอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม จำกัด	5,500	ชุมพร
12. บริษัท อุดมชัยปาล์มออยล์ จำกัด	4,000	ชุมพร
13. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ลักษณะนังสวน	2,000	ชุมพร
14. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิจิตรนิพนธ์	2,500	ชุมพร

ชื่อโรงงาน	กำลังการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ (ตัน/ปี)	จังหวัด
15. โรงกลั่นน้ำมันมะพร้าวชุมพร	1,400	ชุมพร
16. สหกรณ์นิคมหลังสวน จำกัด	1,824	ชุมพร
17. บริษัท ตรังแสงตะวัน จำกัด	2,880	ตรัง
18. บริษัท ตรังสนปาล์มออยล์ จำกัด	4,320	ตรัง
19. บริษัท ตรังออยล์ จำกัด	-	ตรัง
20. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ตรังเกษตร	1,200	ตรัง
21. ห้างหุ้นส่วนจำกัด น้ำมันพืชสินพัฒนา	-	พัทลุง
22. บริษัท สุราษฎร์แสงศิริน้ำมันพืช จำกัด	-	สุราษฎร์ธานี
23. บริษัท ไทยรุ่งเรือง จำกัด	-	สตูล
24. บริษัท สตูลอินดัสตรีส์ จำกัด	370	สตูล
25. ห้างหุ้นส่วนจำกัด ปาล์มเหรียญทอง	-	สตูล
26. บริษัท กาญจนสินน้ำมันพืช จำกัด	180	สงขลา
27. บริษัท โชคดีน้ำมันพืช จำกัด	36	สงขลา
28. บริษัท รุ่งเรืองกิจ จำกัด	-	สงขลา
29. บริษัท ที ซี เค ฟู้ดแอนด์ฟรุต จำกัด	2,400	สงขลา
30. ห้างหุ้นส่วนจำกัด สินไทยพัฒนา	-	สงขลา
31. โรงงาน เด็กสิง	20	สงขลา
32. โรงงานน้ำมันพืชฮั่วเซ่ง	1,220	สงขลา

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (พ.ศ. 2541)

รูปที่ 2.1-1 การกระจายตัวของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (ทั้ง 2 ประเภท) ในประเทศไทย



ที่มา: ขมรมโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (ปี พ.ศ. 2541)

2) การนำเข้าน้ำมันปาล์ม

ประเทศไทยนำเข้าน้ำมันปาล์มจากประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ โดยจะนำเข้าน้ำมันปาล์มจากประเทศมาเลเซีย และ สิงคโปร์มากที่สุด (ตารางที่ 2.1-4)

ตารางที่ 2.1-3 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกน้ำมันปาล์ม ปี พ.ศ. 2538-2541

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้านบาท

ลำดับที่	ประเทศ	ปี 2538		ปี 2539		ปี 2540	
		ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
1	มาเลเซีย	4,000.00	58.28	0.00	0.00	45,180.00	834.41
2	เนเธอร์แลนด์	0.00	0.00	0.00	0.00	4,000.00	65.21
3	พม่า	3,433	75.08	1,973.00	39.54	7,345.11	151.32
4	กัมพูชา	48.00	1.26	83.00	2.27	56.32	1.22
5	ลาว	694.00	16.92	333.00	9.44	246.20	6.63
6	สิงคโปร์	3,201.00	46.31	0.00	0.00	0.41	0.02
7	บรูไน	0.00	0.00	0.00	0.00	35.04	0.88
8	จีน	7.00	0.03	2,000.00	18.02	4,000.00	44.54
9	อินเดีย	1.00	0.15	0.00	0.00	3,570.00	35.40
10	ไต้หวัน	46.00	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00
11	อิตาลี	0.00	0.00	0.00	0.00	4,050.00	81.99
12	สเปน	0.00	0.00	0.00	0.00	1,950.00	39.86
13	อื่นๆ	4,277.00	66.86	3,605.00	24.04	9.66	0.65
	รวมทั้งสิ้น	15,304.00	265.72	7,581.00	63.92	70,122.21	1,262.13

ที่มา : สถิติศุลกากร กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

ตารางที่ 2.1-4 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าน้ำมันปาล์ม ในปี พ.ศ. 2538-2541

ปริมาณ : ตัน

มูลค่า : ล้านบาท

ลำดับที่	ประเทศ	ปี 2538		ปี 2539		ปี 2540	
		ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า	ปริมาณ	มูลค่า
1	มาเลเซีย	18,696.10	310.61	24,763.23	397.81	22,891.49	457.76
2	สิงคโปร์	647.91	23.88	592.31	23.54	4,933.3	175.38
3	อินโดนีเซีย	0.00	0.00	5,595.11	77.20	0.00	0.00
4	อื่นๆ	77.72	3.31	131.03	4.49	35.55	1.93
	รวมทั้งสิ้น	19,421.73	337.80	31,081.68	503.04	27,860.19	635.07

ที่มา : สถิติศุลกากร กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์

2.1.3 กระบวนการผลิต

1. การรับและการเก็บผลปาล์มสดที่โรงงาน

ผลปาล์มสดที่เก็บเกี่ยวแล้วจะถูกส่งไปยังโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบและขนถ่ายลงบนพื้นที่รองรับ (ramp) ระยะเวลาหลังการเก็บเกี่ยวจนถึงการนึ่งผลปาล์มสดควรสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และไม่ควรรนานเกิน 72 ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid : FFA) จากเอนไซม์ที่มีอยู่ในส่วนเนื้อปาล์ม (Pericarp) น้ำมันปาล์มจากผลปาล์มสดจะมีกรดไขมันอิสระประมาณร้อยละ 1 หากทิ้งผลปาล์มไว้นานปริมาณกรดไขมันอิสระจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมันมีคุณภาพลดลง

2. การนึ่งปาล์ม (Sterilization)

การนึ่งผลปาล์มสดในแต่ละครั้ง จะบรรจุผลปาล์มสดในหม้อนึ่งความดัน(หม้ออบ) โดยการนึ่งจะใช้ไอน้ำโดยมีสภาวะต่างๆดังต่อไปนี้

อุณหภูมิ	130-150	องศาเซลเซียส
ความดัน	3	บาร์
ระยะเวลาทั้งหมดในการนึ่ง (ต่อรอบ)	2	ชั่วโมง
ระยะเวลาที่ใช้หนึ่ง	65-75	นาที

การนึ่งผลปาล์มสดมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งเอนไซม์ ซึ่งจะหยุดปฏิกิริยาการแตกตัวเป็นกรด ไขมันอิสระ อันจะเป็นผลให้เกิดการสูญเสียน้ำมัน นอกจากนี้ การนึ่งผลปาล์มสดยังทำให้ข้าวผลปาล์มนิ่มซึ่งจะทำให้ผลปาล์มหลุดร่วงจากทะลายปาล์มได้ง่าย และทำให้เนื้อเยื่อของผลปาล์มอยู่ ง่ายต่อการหีบอัดน้ำมัน

3. การแยกผลปาล์ม (Bunch Stripping)

ผลปาล์มสดที่นึ่งเสร็จแล้วจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องแยกผลปาล์มและทะลายปาล์มเปล่าออกจากกัน โดยใช้เครื่อง rotary drum thresher ในอดีต ทะลายปาล์มเปล่าจะถูกแยกเก็บแล้วนำไปเผาเพื่อลดปริมาณทะลายปาล์ม แต่ปัจจุบันได้นำมาถมดินในสวนปาล์มหรือนำไปเพาะเห็ด

4. การย่อยผลปาล์ม (Digestion)

ผลปาล์มที่แยกได้จะถูกส่งไปยังเครื่องย่อยหรือหม้อกวน (Digesters) ซึ่งมีใบกวน เพื่อกวนผลปาล์มให้ยุ่ย ในหม้อกวนจะใช้อุณหภูมิประมาณ 80-90°C และกวนไว้ประมาณ 15 นาที แล้วจึงป้อนไปยังขั้นตอนการสกัดน้ำมันต่อไป

5. การสกัดน้ำมันและการจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

ทำการสกัดน้ำมันจากเนื้อปาล์มด้วยเครื่องหีบเกลียวอัด (Screw Press) ส่วนที่เป็นของแข็ง (Pressed Cake) ซึ่งประกอบด้วยเมล็ด (Nut) และเส้นใย (Fiber) จะถูกแยกออกจากกันโดยใช้ระบบไซโคลนซึ่งเป็นระบบแยกด้วยลม หลังจากนั้นนำเมล็ดปาล์มที่แยกไปเข้าเครื่องกะเทาะเพื่อกะเทาะให้เมล็ดแตกเป็นเมล็ดใน (Kernel) และกะลา (Shell) แล้วนำเมล็ดในและกะลาไปเข้าระบบแยกด้วยลมและความถ่วงจำเพาะ (Clay Bath) เพื่อแยกเมล็ดในและกะลาออกจากกัน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบส่วนใหญ่จะขายเมล็ดในให้โรงงานสกัดน้ำมันเมล็ดใน (Crude Palm Kernel Oil: CPKO) แล้วนำเส้นใยไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำของโรงงาน ส่วนกะลาก็จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำหรือขายให้กับผู้รับซื้อต่อไป

6. การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ การกรองกาก และการกำจัดความชื้น

6.1) การกรองน้ำมันดิบ

เป็นการนำน้ำมันปาล์มที่สกัดได้จากข้อ 5 ไปผ่านตะแกรงสั่น (Vibrating Screen) เพื่อแยกกากเส้นใยและอนุภาคของแข็งขนาดเล็ก เช่น เศษทราย ออกจากน้ำมันดิบ

6.2) การแยกน้ำมันในถังตกจม

เป็นการแยกน้ำมันและส่วนปนเปื้อนออกจากกัน (น้ำและอนุภาคของแข็งที่ยังเหลืออยู่) โดยใช้ถังตกจม (Settling Tank) และให้ความร้อนด้วยไอน้ำโดยตรงหรืออาจจะให้ความร้อนผ่านท่อปิดก็ได้ การแยกน้ำมันและน้ำออกจากกันจะอาศัยแรงโน้มถ่วงในการแยก โดยน้ำและอนุภาคของแข็งจะจมอยู่ทางด้านล่างของถังตกจม ส่วนน้ำมันที่ลอยอยู่ด้านบนของถังจะนำไปผ่านกรวยดักเก็บ (Skimmer) เพื่อทำให้บริสุทธิ์ต่อไป เนื่องจากน้ำที่แยกได้จากถังตกจมยังมีน้ำมันและอนุภาคของแข็งเจือปนอยู่ (เรียกส่วนผสมนี้ว่าน้ำสลัดจ์) จึงต้องนำไปผ่านเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก 3 เฟส (Decanter) ซึ่งสามารถแยกเอาน้ำ น้ำมัน และกากของแข็ง (Decanter Cake) ออกจากกันได้ อย่างไรก็ตาม บางโรงงานยังใช้เครื่องแยก 2 เฟส (Separator) อยู่ ซึ่งแยกน้ำมันและน้ำปนกากของแข็งออกจากกันเป็น 2 ส่วนเท่านั้น ประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันและน้ำของเครื่องแยก 2 เฟส จะมีค่าต่ำกว่าเครื่องแยก 3 เฟส นอกจากนี้ ปริมาณการใช้น้ำของเครื่องแยก 2 เฟส มีค่ามากกว่าเครื่องแยก 3 เฟสด้วย น้ำมันที่ได้จะนำไปรวมกับน้ำมันที่ได้จากถังตกจมแล้วนำไปทำให้บริสุทธิ์ต่อ

ไป ส่วนน้ำที่ได้จะนำไปแยกน้ำมันอีกครั้ง โดยใช้บ่อซึ่งมีการพ่นไอน้ำผสมลงไปเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทิ้งให้สูงขึ้น ส่งผลให้น้ำมันแยกตัวจากน้ำได้ดีขึ้น น้ำมันที่ได้จากบ่อนี้จะนำกลับไปรวมกับน้ำมันที่ได้จากถังตกจมต่อไป ส่วนน้ำที่เหลืออยู่ในบ่อจะส่งไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานต่อไป อย่างไรก็ตาม บางโรงงานจะใช้เครื่องแยก 2 เฟสในการแยกน้ำมันครั้งสุดท้ายแทนการใช้บ่อ ซึ่งเชื่อกันว่าจะมีประสิทธิภาพในการแยกดีกว่าการใช้บ่อ แต่ยังไม่เคยมีการวัดประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันโดยการใช้บ่อและใช้เครื่องแยก 2 เฟส ว่ามีค่าแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

6.3) การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์

น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการแยกจะยังมีความชื้นและสิ่งเจือปนต่างๆ อยู่ จึงต้องนำน้ำมันปาล์มดิบนี้ผ่านเข้าเครื่องทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ (Purifier) เพื่อเหวี่ยงแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำมันปาล์มดิบ

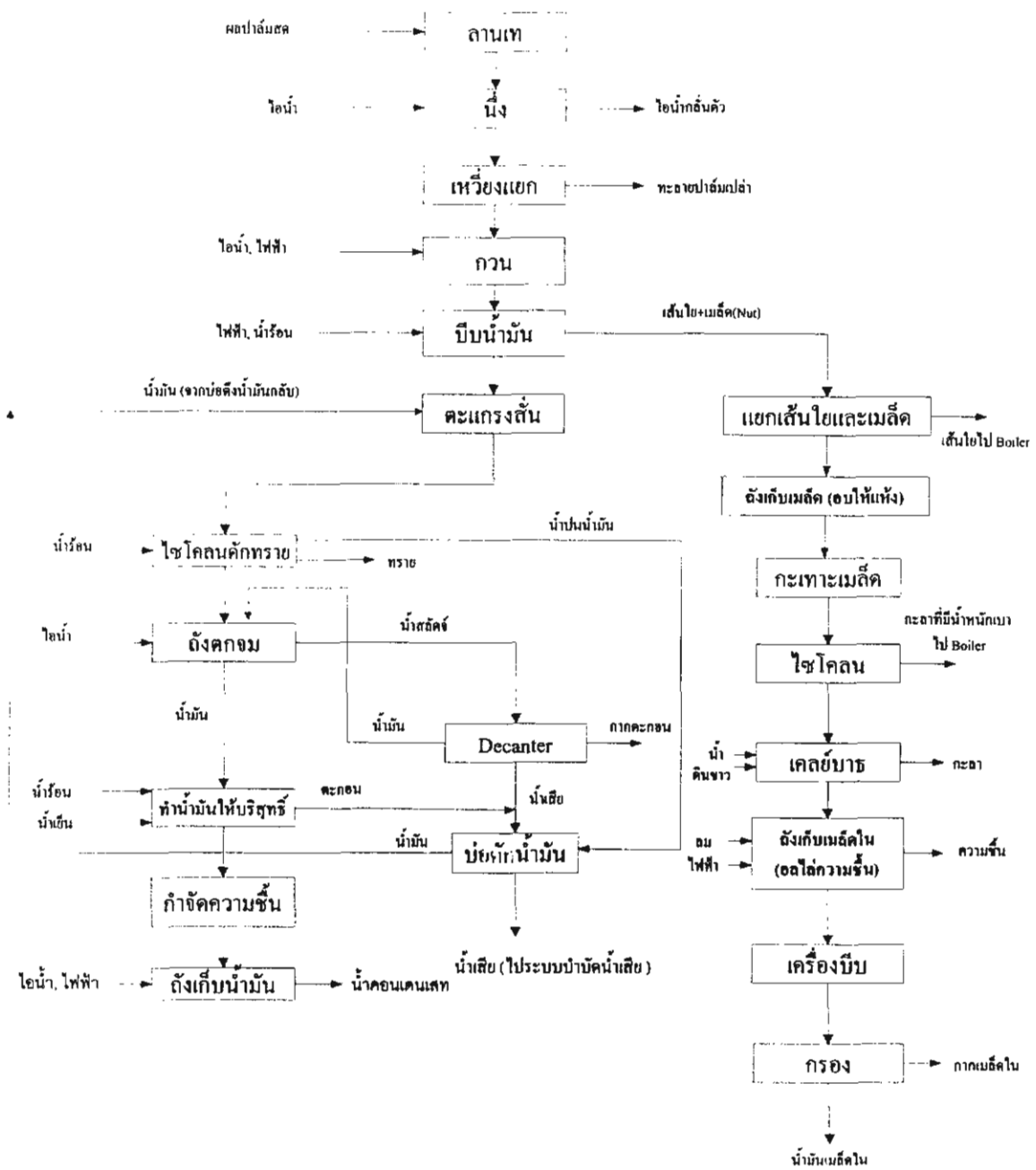
6.4) การกำจัดความชื้น

น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ยังคงมีน้ำเจือปนอยู่เล็กน้อย การกำจัดน้ำออก ทำได้โดยการระเหยน้ำภายใต้สุญญากาศ (Vacuum) โดยจะควบคุมค่าความชื้นและสิ่งสกปรกใน น้ำมันปาล์มดิบให้มีค่ารวมกันไม่เกิน 0.5 เปอร์เซนต์ น้ำมันปาล์มดิบที่ได้จะนำไปเก็บไว้ในถังเก็บเพื่อส่งขายไปยังโรงกลั่นน้ำมันพืชต่อไป

7. การบีบน้ำมันเมล็ดใน

เป็นการนำเมล็ดในที่ได้มาจากการกะเทาะไปทำการบีบเอาน้ำมันเมล็ดในออกมา โดยจะมีกากเมล็ดในเกิดขึ้น ซึ่งสามารถนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ได้ ส่วนเมล็ดในที่ได้ก็จะนำไปขายต่อไป ซึ่งราคาของน้ำมันเมล็ดในจะมีราคาสูงกว่าราคาของน้ำมันปาล์มดิบ อย่างไรก็ตามบางโรงงานจะไม่มีการบีบน้ำมันเมล็ดใน แต่จะนำเมล็ดในไปขายให้โรงงานบีบน้ำมันเมล็ดในต่อไป

รูปที่ 2.1-2 กระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ



2.2 ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบเมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ คือ ก่อนผลิต ขณะผลิต ขณะขนส่ง / กระจายสินค้า แปรรูป(กลั่น) และทิ้งหลังใช้ (ตารางที่ 2.2-1) โดยในช่วงขณะผลิต จะเป็นช่วงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนช่วงก่อนผลิต ขนส่ง/กระจายสินค้า แปรรูป และทิ้งหลังใช้ จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย

ตารางที่ 2.2-1 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรน้ำมันปาล์มดิบ

ประเมินปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม		ระยะที่มีมลพิษ				
		ก่อนผลิต	ขณะผลิต	ขณะขนส่ง/กระจายสินค้า	แปรรูป(กลั่น)	ทิ้งหลังใช้
การใช้ทรัพยากร	วัตถุดิบ	x	x	x	○	x
	น้ำ	○	○	x	○	x
	พลังงาน	x	●	○	●	x
การปล่อยมลพิษไปสู่	อากาศ	○	●	○	●	x
	น้ำ	○	●	x	○	x
	ดิน	○	●	○	x	x
ขยะมูลฝอย/ของเสีย (solid waste)		x	○	x	○	○
การเกิดของเสียอันตราย (hazardous waste)		x	x	x	x	x
เสียง		x	●	○	○	x
กลิ่น		x	●	x	○	x

หมายเหตุ: x ไม่มีผลกระทบ
○ มีผลกระทบ
● มีผลกระทบมาก

ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในช่วงสกัดน้ำมันปาล์มดิบสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ การใช้ทรัพยากร และมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การใช้ทรัพยากร

2.2.1.1 การใช้น้ำ

กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้น้ำทั้งหมด (รวมการใช้น้ำสำหรับผลิตไอน้ำด้วย) ประมาณ 0.75 ลบ.เมตร/ตันผลปาล์มสด โดยโรงงานส่วนใหญ่จะใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำบาดาล และมีการปรับปรุงสภาพจากน้ำธรรมชาติเป็นน้ำใช้ทั่วไปก่อนโดยใช้สารเคมี เช่น สารส้ม สำหรับน้ำที่จะนำไปใช้ในหม้อไอน้ำจะมีการปรับปรุงสภาพอีกครั้งโดยใช้เรซิน (Resin) และสารเคมี น้ำใช้ทั่วไปจะนำไปผสมกับผลปาล์มในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเพื่อให้สกัดน้ำมันปาล์มดิบได้ง่ายขึ้น ปริมาณน้ำที่ใช้ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบส่วนใหญ่จะเป็นน้ำใช้ที่หม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำซึ่งจะนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้ในการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตด้วย น้ำส่วนที่เหลือจะนำไปผลิตเป็นน้ำร้อนเพื่อใช้ในขั้นตอนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบต่อไป

2.2.1.2 การใช้พลังงาน

พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบเป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยจะใช้กากเส้นใยเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ มีการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้เองภายในโรงงานส่วนหนึ่งโดยนำไอน้ำที่ผลิตได้มาผ่านเข้าเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก่อนที่จะนำเอาไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ไฟฟ้าที่ผลิตเองส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตเป็นหลัก อีกส่วนหนึ่งจะซื้อจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในอาคารสำนักงานและระบบแสงสว่างภายในโรงงาน

2.2.2 มลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิต

2.2.2.1 มลพิษทางน้ำ (Water Pollution)

เนื่องจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบแบบมาตรฐานมีการใช้น้ำสำหรับผลิตไอน้ำและสกัดแยกน้ำมันปาล์มดิบ จึงมีน้ำเสียเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ น้ำเสียจากการโรงงานจะมีน้ำมันปาล์มเจือปนอยู่ โรงงานส่วนใหญ่จึงมีการแยกเอาน้ำมันจากน้ำเสียกลับมาเข้ากระบวนการผลิตใหม่ ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำเสียในระบบบำบัด (บ่อแรก) จะมีค่าประมาณ 30,000 มิลลิกรัม/ลิตร (mg/L) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 4-5 ในการบำบัดน้ำเสีย บ่อแรกๆ มักเป็นบ่อหมักไร้อากาศ (Anaerobic Pond) หลังจากนั้นจึงผ่านน้ำล้นไปยังบ่อเติมอากาศ (Aerated Pond) ก่อนที่จะปล่อยลงสู่บ่อสุดท้ายต่อไป (ค่าบีโอดีของน้ำเสียในบ่อสุดท้ายมีค่าประมาณ 100-150 มิลลิกรัม/ลิตร) น้ำเสียจาก

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะมีลักษณะสีเป็นสีน้ำตาลขุ่น เนื่องจากน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีค่าบีโอดีสูงกว่าที่กฎหมายกำหนดและมีสีน้ำตาลขุ่นนี้เองทำให้โรงงานไม่สามารถปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ บางโรงงานที่มีสวนปาล์มจึงนำน้ำเสียในบ่อสุดท้ายไปรดสวนปาล์มของโรงงานเพื่อลดปริมาณน้ำเสียภายในโรงงาน

2.2.2.2 มลพิษทางอากาศ (Air Pollution)

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะใช้กากเส้นใยและกะลาเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งการเกิดควันดำขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตไอน้ำของหม้อไอน้ำที่สูงเกินกว่าที่ควรเป็นหลัก เนื่องจากโรงงานส่วนใหญ่ที่มีการขยายกำลังการผลิตแต่ไม่ได้ขยายขนาดของหม้อไอน้ำตาม ทำให้ต้องผลิตไอน้ำในอัตราที่สูงกว่าที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ ความชื้นของเชื้อเพลิง ปริมาณเถ้าในที่ติดไปกับเชื้อเพลิง และการควบคุมความสมบูรณ์ในการเผาไหม้ในหม้อไอน้ำก็มีส่วนในการเกิดควันดำด้วย ในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบยังมีมลพิษทางด้านฝุ่นอีกด้วย ซึ่งฝุ่นเหล่านี้ เกิดจากลมพัดกากเส้นใยที่กองอยู่ภายในโรงงานฟุ้งกระจายอยู่ในบริเวณโรงงาน ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานของโรงงาน

2.2.2.3 ของเสียที่เป็นของแข็ง (Solid Waste)

ของเสียที่เป็นของแข็งที่เกิดจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ทะลายปาล์มเปล่า กากเส้นใย กากสลัดจ์ กะลา ซึ่งได้จากหม้อไอน้ำ ของเสียเหล่านี้สามารถนำไปขาย หรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ กล่าวคือ ทะลายปาล์มเปล่าสามารถนำไปเพาะเห็ดได้ หรืออาจจะนำไปถมที่ดินในสวนปาล์มของโรงงาน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกโรงจะนำกากเส้นใยและกะลาบางส่วนไปเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ กะลาสามารถนำไปขายเป็นอาหารสัตว์ได้ ส่วนซึ่งได้จากหม้อไอน้ำและกากของแข็งจากเครื่องดีแคนเตอร์สามารถนำไปผลิตปุ๋ยได้ ซึ่งอาจใช้ %ของกากของแข็งที่นำไปใช้ประโยชน์สำหรับวัดการจัดการกากของแข็งของโรงงานได้ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกากของแข็งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ทะลายปาล์มเปล่าจะเกิดเมื่อมีฝนตกลงมาทำให้เกิดการหมักหมมของกองทะลายปาล์มเปล่า และเนื่องจากทะลายปาล์มเปล่าจะมีน้ำมันปาล์มติดอยู่ด้วย ทำให้เมื่อฝนตกทำให้เกิดการชะล้างน้ำมันปาล์มออกมา ซึ่งถ้ากระจายในบริเวณที่มีกองทะลายปาล์มเปล่ากองอยู่ไม่ผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนแต่ปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง ก็จะมีปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง

จากการศึกษาของสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์และวัสดุเศษเหลือของกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีดังนี้

ทะลายปาล์มเปล่า	200-230 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด
ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบ	170 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด
กะลา	60 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด
เส้นใย	145 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด

2.2.2.4 มลพิษเสียง (Noise Pollution)

เนื่องจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมีการใช้เครื่องจักรเป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดเสียงดัง โดยระดับเสียงส่วนใหญ่จะสูงกว่า 90 เดซิเบลเอ (เฉลี่ย 92-99 เดซิเบลเอ) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของพนักงาน โดยเฉพาะบริเวณห้องเทอร์ไบน์ เครื่องกะเทาะเมล็ด ซึ่งมีระดับเสียงประมาณ 95 เดซิเบลเอ (dB (A)) นอกจากนี้ยังมีเสียงจากการไหลของน้ำจากหม้อหนึ่ง ซึ่งดังเป็นระยะๆ ตามรอบของการนึ่งผลปาล์ม และเสียงจาก Safety Valve

2.2.2.5 กลิ่น

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมักมีกลิ่นซึ่งก่อความรำคาญให้แก่พนักงานและชุมชนรอบข้าง กลิ่นเหล่านี้มาจากบ่อหมักไว้อากาศ การนึ่งปาล์ม การบีบเมล็ดในปาล์ม และกากดีแคเตอร์ที่หมักไว้นาน

2.3 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

คณะผู้วิจัยทำการคัดเลือกดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบจำนวน 29 ดัชนี เพื่อสะท้อนลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญซึ่งมีทั้งหมด 6 กลุ่ม คือ การใช้พลังงาน การใช้น้ำ การปล่อยมลพิษสู่อากาศ น้ำเสีย ระดับเสียงบริเวณโรงงาน และกลิ่น (ตารางที่ 2.3-1) โดยดัชนีนี้จะใช้สำหรับเปรียบเทียบสำหรับกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบเท่านั้น ไม่รวมถึงกระบวนการบีบน้ำมันเมล็ดในและกระบวนการแปรรูปน้ำมันปาล์ม ทั้งนี้ มีดัชนีที่จัดว่าสำคัญควรตรวจวัดจำนวน 6 ดัชนี

ตารางที่ 2.3-1 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์ม

ประเด็นปัญหา สิ่งแวดล้อม	ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยวัดปี	ชนิดของ ที่ตรวจ	ค่า ตรวจค่า	ความ สำคัญ
1. การใช้พลังงาน	1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ตันผลปาล์มสด	C	I	-
	1.2 ปริมาณการใช้น้ำ	ตัน/ตันผลปาล์มสด	C	I	-
	1.3 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล	ลิตร/ตันผลปาล์มสด	C	I	-
2. การใช้น้ำ	2.1 ปริมาณการใช้น้ำ (ไม่รวมปริมาณการ ใช้น้ำของบ้านพักพนักงาน)	ลบ.เมตร/ตัน ผลปาล์มสด	C	I	-
3. มลสารไปสู่ อากาศ	3.1 ปริมาณฝุ่นละออง (ปล่องหม้อ ไอน้ำ)	มิลลิกรัม/ลบ.เมตร	L	E	สำคัญ
	3.2 ปริมาณฝุ่นละอองทั่วไปภายใน โรงงาน	มิลลิกรัม/ลบ.เมตร	L	E	สำคัญ
4. น้ำเสีย	4.1 ปริมาณน้ำเสียก่อนสู่ระบบบำบัด	ลบ.เมตร/ตันผลปาล์มสด	E	I	-
	4.2 BOD บ่อแรกและบ่อสุดท้าย	มิลลิกรัม/ลิตร	L	E	สำคัญ
		กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (บ่อสุดท้าย)	E	E	-
	4.3 COD บ่อแรกและบ่อสุดท้าย	มิลลิกรัม/ลิตร	L	E	-
		กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (บ่อสุดท้าย)	E	E	-
	4.4 Oil และ Grease บ่อแรกและ บ่อสุดท้าย	มิลลิกรัม/ลิตร	L	E	สำคัญ
		กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (บ่อสุดท้าย)	E	E	-

ตารางที่ 2.3-2 ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยดัชนี	ค่าตรวจวัดจริง ⁽¹⁾				ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ⁽²⁾				รวม ⁽³⁾			
		จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ ตันผลปาล์มสด	5	8.5-15.7	11.8	3.1	3	12.6-24.4	17.6	6.1	8	8.5-24.4	12.4	5.0
2 ปริมาณการใช้ไอน้ำ	ตัน/ตันผลปาล์มสด	5	0.45-0.63	0.55	0.07	2	0.33-0.90	0.62	0.41	7	0.33-0.90	0.57	0.18
3 ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล	ลิตร/ตันผลปาล์มสด	5	0.20-0.72	0.44	0.20	1	-	0.29	-	6	0.20-0.72	0.36	0.19
4 ปริมาณฝุ่นละออง (ปล่องหม้อ ไอน้ำ)	มิลลิกรัม/ลบ.เมตร	3	391- 1,371	894	490	1	-	2240	-	4	391-2,240	984	783
5 ปริมาณฝุ่นละอองทั่วไปภายใน โรงงาน	มิลลิกรัม/ลบ.เมตร	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6 ปริมาณน้ำเสียก่อนสู่ระบบ บำบัด	ลบ.เมตร/ ตันผลปาล์มสด	6	0.3-0.9	0.55	0.21	2	0.90-1.00	0.95	0.07	8	0.30-1.00	0.58	0.26
7 BOD บ่อแรก	มิลลิกรัม/ลิตร	4	19,012- 33,050	25,927	6,843	N/A	N/A	N/A	N/A	4	19,012- 33,050	25,927	6,843
8 BOD บ่อสุดท้าย	มิลลิกรัม/ลิตร	4	64,22- 195	111.2	60.9	7	37.7-162	91.7	49.2	11	37.7-195	98.8	51.6
9 BOD บ่อสุดท้าย	กิโลกรัม/ ตันผลปาล์มสด	4	0.019- 0.078	0.053	0.030	4	0.015- 0.705	0.274	0.309	8	0.015- 0.705	0.145	0.235
10 COD บ่อแรก	มิลลิกรัม/ลิตร	3	49,150- 61,817	55,754	6,351	3	46,224- 92,228	68,035	23,094	6	46,224- 92,228	61,894	16,575
11 COD บ่อสุดท้าย	มิลลิกรัม/ลิตร	3	628- 1,105	822	251	2	781- 3,360	2,071	1,824	5	628-3,360	1,101	1,154

คัมภีร์สิ่งแวดล้อม	หน่วยดัชนี	ค่าตรวจวัดจริง ⁽¹⁾				ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ⁽²⁾				รวม ⁽³⁾			
		จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
12 COD บ่อสุดท้าย	กิโลกรัม/ ตันมลปาล์มสด	3	0.308- 0.483	0.411	0.092	N/A	N/A	N/A	N/A	3	0.308- 0.483	0.41	0.09
13 Oil และ Grease บ่อแรก	มิลลิลิตร/ลิตร	2	5.036- 6.396	5.716	962	3	1.630- 18,100	9,243	8,305	5	1.630- 18,100	6,527	6,201
14 Oil และ Grease บ่อสุดท้าย	มิลลิลิตร/ลิตร	2	50.5-64.2	57.35	9.67	2	0.4-36.0	18.2	25.2	4	0.4-64	30.2	27.4
15 Oil และ Grease บ่อสุดท้าย	กิโลกรัม/ ตันมลปาล์มสด	2	0.019- 0.020	0.02	0.001	N/A	N/A	N/A	N/A	2	0.019- 0.020	0.02	0.001
16 ของแข็งแขวนลอยบ่อแรก	มิลลิลิตร/ลิตร	4	10,745- 20,782	14,465	4,403	N/A	N/A	N/A	N/A	4	10,745- 20,782	14,465	4,403
17 ของแข็งแขวนลอยบ่อสุดท้าย	มิลลิลิตร/ลิตร	4	127-333	214.5	92.0	7	64-219	159.6	60.7	11	64-333	164.7	74.4
18 ของแข็งแขวนลอยบ่อสุดท้าย	กิโลกรัม/ ตันมลปาล์มสด	4	0.003- 0.158	0.095	0.07	4	0.05-0.40	0.18	0.15	8	0.003- 0.40	0.12	0.12
19 pH บ่อแรก	-	5	4.4-5.4	4.8	0.47	3	4.5-5.1	4.9	0.34	8	4.4-5.4	4.8	0.4
20 pH บ่อสุดท้าย	-	5	6.8-9.1	8.3	0.9	5	8.59.6	9.2	0.5	10	6.8-9.6	8.7	0.81
21 เสียงบริเวณห้องเครื่องเทอร์ โบ	เดซิเบล	5	89-97.5	94.4	3.73	2	88.4-93.5	90.9	3.6	7	88.4-97.5	93.3	3.8
22 เสียงบริเวณเครื่องกะเทาะ เมล็ด	เดซิเบล	5	91-95	92.7	1.5	2	90.1-92.5	91.3	1.7	7	90.1-95	92.3	1.6
23 เสียงบริเวณหม้อไอน้ำ	เดซิเบล	5	85.5-95.9	89.4	4.1	2	87-87.8	87.4	0.6	7	85.5-95.9	88.8	3.5
24 เสียงบริเวณไฟเบอร์โกลอน	เดซิเบล	5	86-100	92.2	6.7	2	85-92.6	88.8	5.4	7	85-100	91.2	6.1

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยดัชนี	ค่าตรวจวัดจริง ⁽¹⁾				ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ⁽²⁾				รวม ⁽³⁾			
		จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวน โรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
25 เสียงบริเวณปล่องปลิวควัน หม้อไอน้ำ	เดซิเบลเอ	5	83-95.5	87.1	4.9	1	-	94.7	-	6	83-95.5	88.4	5.4
26 เสียงบริเวณปล่องปลิวควัน หม้อไอน้ำ	เดซิเบลเอ	5	83-100	89.2	7.5	1	-	93.6	-	6	83-100	89.9	7.0
27 เสียงบริเวณขอบรั้วโรงงาน	เดซิเบลเอ	5	60-65.6	62.4	2.2	1	-	66	-	6	60-66	63	2.4
28 ปริมาณการรั่วซึม (ไม่รวมปริมาณการใช้ น้ำของ บ้านพักพนักงานและหม้อไอน้ำ)	ลบ.เมตร/ ต้นผลปาล์มสด	5	0.17-0.56	0.31	0.17	1	-	0.22	-	6	0.17-0.56	0.25	0.16
29 จำนวนการร้องเรียนเรื่องกลิ่น จากระบบบำบัดน้ำเสีย	ครั้ง / ปี	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ: N/A = ไม่มีข้อมูล

- (1) ค่าที่ตรวจวัดจริง ได้มาจากการข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง 5 โรงงาน ข้อมูลจากศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมส่วนกลาง ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคใต้ และข้อมูลจากการคำนวณ
โครงการเทคโนโลยีสะอาดของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ของสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- (2) ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ได้มาจากการข้อมูลแบบสอบถามซึ่งทางสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยส่งให้กลุ่มอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ และข้อมูลผลการวิเคราะห์มลพิษที่โรงงานส่งให้กับสำนักงานอุตสาหกรรม
จังหวัดและกรมโรงงานอุตสาหกรรม
- (3) ค่ารวม เป็นผลการรวมข้อมูลของ (1) และ (2)

2.3.1 การเปรียบเทียบหน่วย

การกำหนดหน่วยเทียบในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะใช้การเทียบต่อตันผลปาล์มสด (วัตถุดิบ) เนื่องจากจะสามารถใช้ในการเปรียบเทียบผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมได้เหมาะสมกว่าที่จะใช้หน่วยเปรียบเทียบเป็นต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ (ผลิตภัณฑ์) การที่ต้องใช้ปริมาณผลปาล์มสดเป็นตัวเปรียบเทียบเนื่องจากน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ความสูง/ดิบของผลปาล์มสดที่เข้ากระบวนการผลิต และพันธุ์ปาล์ม ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อม (โดยใช้ปริมาณน้ำมันปาล์มดิบที่ผลิตได้เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ) ของโรงงานที่มีและไม่มีสวนปาล์มเป็นของตัวเองผิดพลาดได้ ตัวอย่างเช่น โรงงาน 2 โรงงาน มีอัตราการผลิตเท่ากันคือ 45 ตันผลปาล์มสด/ชั่วโมง และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง) เท่ากัน แต่โรงงานแรกมีสวนปาล์มเป็นของตัวเองจึงสามารถควบคุมคุณภาพ (ความสูง/ดิบ) ของผลปาล์มสดได้ ในขณะที่โรงงานที่สองไม่มีสวนปาล์มเป็นของตัวเองต้องรับซื้อผลปาล์มจากชาวสวนซึ่งส่วนใหญ่จะยังดิบอยู่ซึ่งจะทำให้สกัดน้ำมันปาล์มได้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น จึงทำให้โรงงานแรกสามารถสกัดน้ำมันปาล์มได้มากกว่าโรงงานที่สอง ดังนั้นค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อตันน้ำมันปาล์มดิบของโรงงานแรกจะน้อยกว่าโรงงานที่สอง ซึ่งจะแสดงว่าประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าของโรงงานแรกสูงกว่า แต่ในความเป็นจริงแล้วประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าของโรงงานแรกและโรงงานที่สองเท่ากัน (เนื่องจากใช้ไฟฟ้าเท่ากันที่อัตราการผลิตเท่ากัน) แต่คุณภาพของผลปาล์มสดของโรงงานแรกสูงกว่าโรงงานที่สอง (ทำให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ของโรงงานแรกมากกว่าโรงงานที่สอง) ทำให้ถ้าใช้หน่วยต่อตันน้ำมันปาล์มดิบอาจมีความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากคุณภาพของวัตถุดิบได้ ซึ่งทำให้วิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขได้ยากขึ้นเนื่องจากไม่รู้ที่เกิดจากประสิทธิภาพในการผลิตหรือคุณภาพของวัตถุดิบกันแน่ ตารางที่ 2.3-3 แสดงปริมาณการใช้น้ำรวม (รวมน้ำใช้ในหม้อไอน้ำด้วย) และพลังงานรวมจากการใช้ไฟฟ้า ไอน้ำ (ที่ความดัน 3 บาร์เกจ) และน้ำมันดีเซล โดยเทียบต่อตันผลปาล์มสดและตันน้ำมันปาล์มดิบของโรงงาน 4 โรงงาน

ตารางที่ 2.3-3 ปริมาณการใช้น้ำและพลังงานเทียบกับตันผลปาล์มสดและตันน้ำมันปาล์มดิบ

ลำดับที่	% yield (ตันน้ำมันปาล์ม/ ตันผลปาล์มสด)	การใช้น้ำ		การใช้พลังงานรวม	
		ลบ.เมตร/ตัน ผลปาล์มสด	ลบ.เมตร/ตันน้ำ มันปาล์มดิบ	Mcal/ตันผลป าล์มสด	Mcal/ตันน้ำมัน ปาล์มดิบ
1	15.8	0.75	4.73	339	2,139
2	16.9	0.87	5.14	274	1,620
3	17.2	0.89	5.19	476	2,775
4	16.4	1.23	7.49	398	2,424

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำและพลังงานรวมต่อตันผลปาล์มสดและน้ำมันปาล์มของโรงงานต่างๆ จะมีลำดับไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะ %yield ของแต่ละโรงงานไม่แตกต่างกันมากนักในขณะที่ปริมาณน้ำใช้และพลังงานรวมแตกต่างกันมากพอสมควรทำให้แม้ว่าจะเปลี่ยนจากต่อตันผลปาล์มสดไปเป็นต่อตันน้ำมันปาล์มดิบ ลำดับปริมาณการใช้น้ำรวมและพลังงานรวมไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่ %yield แตกต่างกันอย่างมีปริมาณการใช้น้ำรวมและพลังงานรวมใกล้เคียงกัน ลำดับปริมาณการใช้น้ำและพลังงานรวมจะมีการเปลี่ยนแปลง

2.3.2 ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลปาล์มสด)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานด้านการปฏิบัติการนี้จะเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิต แผนกซ่อมบำรุง ระบบบำบัดน้ำเสีย และสำนักงาน โดยจะไม่รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าของบ้านพักพนักงาน เหตุผลที่เลือกปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วยคือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลปาล์มสด) เป็นดัชนีบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน เนื่องจากไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในโรงงาน โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่จะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตเองเป็นหลัก ส่วนสำนักงานจะใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ดัชนีการใช้ไฟฟ้าสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

จากการเก็บข้อมูล ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีช่วงอยู่ระหว่าง 8.54-24.39 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลปาล์มสด โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 12.40 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลปาล์มสด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่า 5.00 โดยข้อมูลนี้มาจากการตรวจวัดจริงจำนวน 5 โรงงานและจากค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ 3 โรงงาน โรงงานที่มีค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงกว่า 20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลปาล์มสดมีอยู่ประมาณ 12.5% เท่านั้น

2.3.3 ดัชนีปริมาณการใช้ไอน้ำ (ตันไอน้ำ/ตันผลปาล์มสด)

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะมีการผลิตไอน้ำเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยไอน้ำทั้งหมดที่ผลิตได้จะนำไปผ่านเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าก่อน แล้วจึงค่อยนำไอน้ำที่ผ่านเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแล้วไปใช้ในการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตของโรงงานต่อไป โดยจะนำไอน้ำไปใช้ในการอบผลปาล์มสดในหม้อหนึ่ง การย่อยผลปาล์มในหม้อกวน (Digester) การควบคุมอุณหภูมิของถังตกจมให้เหมาะสมเพื่อแยกน้ำมันปาล์มดิบและน้ำออกจากกัน และการอบเมล็ดในให้แห้ง โดยไอน้ำที่ใช้จะมีทั้งแบบทางตรง (Direct Steam) และแบบทางอ้อม (Indirect Steam) โดยใน

แบบทางอ้อมจะสามารถนำไอน้ำที่ควบแน่น (Condensate) กลับมาใช้ในการกระบวนการผลิตใหม่ได้ โดยอาจจะนำไปเข้าหม้อไอน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำใหม่ หรือนำไปใช้แทนน้ำร้อน เป็นต้น ดังนั้นดัชนีการใช้น้ำสามารถเป็นตัวเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้น้ำของโรงงานได้ โดยโรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำต่อตันผลปาล์มสดสูงกว่า อาจจะมีการนำไอน้ำกลับตัวกลับไปใช้น้อยกว่าที่ควรจะเป็น

จากการเก็บข้อมูล ปริมาณการใช้น้ำจะอยู่ในช่วง 0.33-0.90 ตันไอน้ำ/ตันผลปาล์มสด มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 และ 0.18 ตามลำดับ โดยข้อมูลนี้ได้มาจากการตรวจวัดจริง 5 โรงงาน และมาจากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ 2 โรงงาน โรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำสูงกว่า 0.60 ตันไอน้ำ/ตันผลปาล์มสดมีอยู่เพียง 16.7% เท่านั้น

2.3.4 ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร/ตันผลปาล์มสด)

ดัชนีการใช้น้ำมันดีเซลนี้จะเป็นปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า (Generator) เมื่อเริ่มกระบวนการผลิตใหม่ๆ (ช่วง Start Up) และปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถที่ใช้ลากกระบะบรรทุกผลปาล์มเข้า/ออกจากหม้อหนึ่งและรถตักผลปาล์มสดบริเวณลานเทเท่านั้น ไม่รวมสำหรับการใช้งานอย่างอื่น ดัชนีการใช้น้ำมันดีเซลสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางการใช้น้ำมันดีเซลให้มีประสิทธิภาพได้ต่อไป

จากการเก็บข้อมูล ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิต) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.36 ลิตร/ตันผลปาล์มสด โดยมีค่าพิสัยเท่ากับ 0.20-0.72 ตันไอน้ำ/ตันผลปาล์มสด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.19 โรงงานที่มีการใช้น้ำมันดีเซลสูงกว่า 0.60 ลิตร/ตันผลปาล์มสดมีอยู่เพียง 16.7% ซึ่งโรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลสูงอาจเป็นเพราะไม่มีการกำหนดบริเวณที่แน่นอนในการใช้รถตักหรือรถลากหรืออาจมีการหยุดการผลิตบ่อย ทำให้ต้องมีการเริ่มเดินเครื่องหม้อไอน้ำใหม่ซึ่งต้องใช้น้ำมันดีเซลในการเดินเครื่องก่อน ทำให้ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลค่อนข้างสูง

2.3.5 ดัชนีปริมาณฝุ่นละออง (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

ตัวบ่งชี้การปล่อยมลสารสู่อากาศของอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ ได้แก่ ฝุ่นละอองซึ่งวัดอยู่ในรูปความเข้มข้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการควบคุมฝุ่นละอองให้เป็นไปตามกฎหมาย โดยบริเวณที่จะทำการวัดปริมาณฝุ่นละอองมีอยู่ 2 บริเวณคือ

1) ปริมาณฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ

ฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำมีผลกระทบทั้งต่อชุมชนรอบๆ โรงงาน และสุขภาพของพนักงานภายในโรงงาน จากการเก็บข้อมูล พบว่าปริมาณฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำมีช่วงค่อนข้างกว้างคือ 391-2,240 มิลลิกรัม/ลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 984.4 และ 783.2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ โดยเป็นข้อมูลจากโรงงานจำนวนทั้งสิ้น 4 โรงงานเท่านั้น ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนสูง ซึ่งปัญหาที่พบคือโรงงานส่วนใหญ่จะไม่มีเคยมีการวัดปริมาณฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำมาก่อน ซึ่งข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่จะมาจากหน่วยงานราชการ ในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่ ฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำจะเป็นปัญหาสำคัญของโรงงานที่มีผลกระทบต่อชุมชนและพนักงานภายในโรงงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าควันจากปล่องหม้อไอน้ำของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่จะมีลักษณะดำ และมีปริมาณฝุ่นละอองเกิน 400 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการใช้หม้อไอน้ำที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่าความต้องการไอน้ำจริงของโรงงาน ทำให้เกิดการใช้งานเกินความสามารถของหม้อไอน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ควันดำ ในอดีต บางโรงงานจะไม่มีปัญหาเรื่องควันเนื่องจากหม้อไอน้ำยังมีกำลังการผลิตเพียงพอต่อความต้องการ ต่อมาภายหลังโรงงานได้ทำการขยายกำลังการผลิต แต่ไม่ได้ขยายขนาดของหม้อไอน้ำตาม เนื่องจากราคาของหม้อไอน้ำมีค่าค่อนข้างสูง ทำให้เกิดปัญหาเรื่องควันดำขึ้น

2) ปริมาณฝุ่นละอองภายในโรงงาน

ฝุ่นละอองภายในโรงงานส่วนใหญ่จะเป็นฝุ่นจากกากเส้นใยที่กองอยู่ในโรงงาน โดยจะมีผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานภายในโรงงาน อย่างไรก็ตาม โรงงานทุกโรงงานยังไม่เคยมีการเก็บข้อมูลปริมาณฝุ่นละอองภายในโรงงานเลยเนื่องจากไม่รู้ว่าจะติดต่อหน่วยงานใด และมีค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด ซึ่งถ้าค่าทางโรงงานเห็นว่าค่าใช้จ่ายสูงเกินไป ก็อาจจะไม่ทำการตรวจวัด หน่วยงานที่รับทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในบริเวณทำงานแสดงดังตารางที่ 2.3-4

ตารางที่ 2.3-4 รายชื่อหน่วยงานที่รับทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองภายในโรงงาน

หน่วยงาน	ที่ตั้ง	เบอร์ติดต่อ
สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน	เลขที่ 22/3 หมู่ที่ 2 ถนนบรมราชชนนี แขวงจิมพลี เขตตลิ่งชัน กรุงเทพฯ 10170	โทร. 448-6607-8, 448-5294-5, 4486498 โทรสาร 448-6509 E-mail address : info@nice.dlpw.go.th
ศูนย์ความปลอดภัยในการทำงานภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา ผู้อำนวยการ นางสาวพรสวรรค์ ขาญยุทธ	442/200 ด.ราชสีมา-โชคชัย ต.ห้วยทะเล อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000	โทร.(044)266029, 266384-6 โทรสาร.(044)266385 มือถือ 9551416
ศูนย์ความปลอดภัยในการทำงานภาคใต้ จังหวัดสงขลา ผู้อำนวยการ นางญาดาทิพย์ เจริญทรัพย์	1/4 ถ.นัสสาร ต.บ่อยาง อ.เมือง จ. สงขลา 90000	โทร. (074)314698 โทรสาร. (074)314698 มือถือ 2752757
ศูนย์ความปลอดภัยในการทำงานภาค กลาง-จังหวัดสมุทรปราการ ผู้อำนวยการ นายวิจิต เอื้อสมานจิต	1636 ม.4 ต.เทพารักษ์ อ.เมือง จ.สมุทรปราการ 10270	โทร. (02)3806097-9 โทรสาร. (02)3806097 มือถือ 4301143

2.3.6 ดัชนีปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลปาล์มสด)

ดัชนีปริมาณน้ำเสียใช้วัดปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการติดตามการเดินระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสีย และใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำของโรงงาน เช่น ถ้าปริมาณน้ำเสียต่อตันผลปาล์มสดสูงขึ้น อาจจะเป็นเพราะเกิดน้ำรั่วภายในโรงงาน ซึ่งสามารถใช้ดัชนีปริมาณน้ำเสียในการหาแนวทางการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากการเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำเสียมีค่าเฉลี่ยและพิสัยเท่ากับ 0.576 และ 0.30-1.00 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลปาล์มสดตามลำดับ โดยเป็นข้อมูลจากโรงงานทั้งสิ้น 8 โรงงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำเสียมีช่วงค่อนข้างกว้าง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพในการใช้น้ำของแต่ละโรงงานมีความแตกต่างกันมากพอควร ซึ่งการที่มีน้ำเสียเกิดขึ้นมากอาจจะทำให้มีปัญหาเรื่องลักษณะน้ำเสียได้ เนื่องจากถ้าปริมาณน้ำเสียสูงกว่าค่าที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

2.3.7 ดัชนีลักษณะน้ำเสีย

ดัชนีลักษณะของน้ำเสียในอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มมีอยู่ 5 ตัวด้วยกัน ได้แก่

1) ค่าบีโอดี (BOD) เพื่อบ่งชี้ปริมาณความต้องการออกซิเจนโดยวิธีการทางชีวเคมีของน้ำเสีย โดยจะวัดทั้งน้ำเสียในบ่อแรกและในบ่อสุดท้าย (ในหน่วยมิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้จะหาค่าลักษณะน้ำเสียในบ่อสุดท้ายในหน่วยกิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (คำนวณจาก ปริมาณน้ำเสีย/ตันผลปาล์มสด x ค่าบีโอดีบ่อสุดท้าย)ด้วย เพื่อหาภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อตันผลปาล์มสด

จากการเก็บข้อมูล ค่าบีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีช่วงอยู่ระหว่าง 19,013-33,050 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 25,927 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นข้อมูลจากโรงงานทั้งสิ้น 4 โรงงาน เปรียบเทียบกับค่าบีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซีย (ตารางที่ 2.3-3) พบว่าค่าบีโอดีของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมีค่าสูงกว่าประเทศมาเลเซียเล็กน้อย

ค่าบีโอดีของน้ำเสียบ่อสุดท้ายมีค่าระหว่าง 37.7-195.5 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยและมีค่าภาระบรรทุกของสารอินทรีย์ (BOD Loading) ของน้ำเสียบ่อสุดท้ายเท่ากับ 98.8 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.145 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด ตามลำดับ ซึ่งเป็นข้อมูลจากโรงงานทั้งสิ้น 11 โรงงาน จะเห็นได้ว่าค่าบีโอดีของน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบทุกโรงงานมีค่าเกินค่าที่กฎหมายกำหนดอยู่คือ 20 มิลลิกรัม/ลิตร นอกจากนี้ สีของน้ำเสียจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะเป็นสีน้ำตาลขุ่น (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่อง “กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงาน”) ดังนั้นโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบจะไม่สามารถปล่อยน้ำเสียออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้

2) ค่าซีโอดี (COD) เพื่อบ่งชี้ปริมาณความต้องการออกซิเจนโดยวิธีการทางเคมีของน้ำเสีย โดยจะวัดทั้งน้ำเสียในบ่อแรกและในบ่อสุดท้าย (ในหน่วยมิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้จะหาค่าลักษณะน้ำเสียในบ่อสุดท้ายในหน่วยกิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (คำนวณจาก ปริมาณน้ำเสีย/ตันผลปาล์มสด x ค่าซีโอดีบ่อสุดท้าย) เพื่อหาภาระบรรทุกสารอินทรีย์ต่อตันผลปาล์มสด

จากการเก็บข้อมูล ค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีช่วงอยู่ระหว่าง 46,224-92,228 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 61,894 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นข้อมูลจากโรงงานทั้งสิ้น 6 โรงงาน เปรียบเทียบกับค่าซีโอดีของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากโรงงานสกัด

น้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซีย (ตารางที่ 2.3-3) พบว่าค่าซีไอดีของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมีค่าสูงกว่าประเทศมาเลเซียเล็กน้อย

ค่าซีไอดีของน้ำเสียบ่อสุดท้ายมีค่าระหว่าง 628-3,360 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยและมีค่าภาระบรรทุกของสารอินทรีย์ (COD Loading) ของน้ำเสียบ่อสุดท้ายเท่ากับ 1,101 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.411 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าซีไอดีของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกโรงงานยังมีค่าเกินค่าที่กฎหมายกำหนดอยู่คือ 120 มิลลิกรัม/ลิตร อยู่มาก

3) ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) เพื่อบ่งชี้ปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย และน้ำมันที่สูญเสียไปในน้ำเสีย โดยจะวัดทั้งน้ำเสียในบ่อแรกและในบ่อสุดท้าย (ในหน่วยมิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้จะหาค่าลักษณะน้ำเสียในบ่อสุดท้ายในหน่วยกิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด (คำนวณจาก ปริมาณน้ำเสีย/ตันผลปาล์มสด x ค่าน้ำมันและไขมันบ่อสุดท้าย) เพื่อหาภาระบรรทุกน้ำมันและไขมันต่อตันผลปาล์มสด

จากการเก็บข้อมูล ค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีช่วงอยู่ระหว่าง 1,630-18,100 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,527 มิลลิกรัม/ลิตร เปรียบเทียบกับค่าน้ำมันและไขมันของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซีย (ตารางที่ 2.3-3) พบว่าค่าไขมันและน้ำมันของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าประเทศมาเลเซียเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าค่าน้ำมันและไขมันต่ำสุดของโรงงานในประเทศมาเลเซียมีค่าเพียง 130 มิลลิกรัม/ลิตร เท่านั้น ซึ่งค่าน้ำมันและไขมันนี้แสดงถึงปริมาณน้ำมันสูญเสียจากการผลิตซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของถังตกจม และเครื่องตีแคนเตอร์ได้กล่าวคือ ถ้าหากปริมาณน้ำมันและไขมันสูงแสดงว่าการแยกน้ำมันของถังตกจมหรือเครื่องตีแคนเตอร์ไม่ดี ซึ่งอาจเป็นเพราะอุณหภูมิในถังตกจมต่ำกว่า 90 องศาเซลเซียส หรือการเดินเครื่องตีแคนเตอร์ไม่เหมาะสมเช่นความเร็วรอบของการหมุนเหวี่ยงของเครื่องตีแคนเตอร์หรืออุณหภูมิของน้ำสลัดจ์ที่เข้าเครื่องตีแคนเตอร์ไม่เหมาะสมกับที่เครื่องกำหนดไว้

ค่าไขมันและน้ำมันของน้ำเสียบ่อสุดท้ายมีค่าระหว่าง 0.43-64.2 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยและมีค่าภาระบรรทุกของน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease Loading) ของน้ำเสียบ่อสุดท้ายเท่ากับ 30.23 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.02 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่ยังมีค่าเกินค่าที่กฎหมายกำหนดอยู่คือ 5 มิลลิกรัม/ลิตร

4) ปริมาณสารแขวนลอย (SS) เพื่อบ่งชี้ปริมาณสารแขวนลอยในน้ำเสีย โดยจะวัดทั้งน้ำเสียในบ่อแรกและในบ่อสุดท้าย (ในหน่วยมิลลิกรัม/ลิตร) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้จะหาค่าลักษณะน้ำทิ้งในบ่อสุดท้ายในหน่วยกิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด

(คำนวณจาก ปริมาณน้ำเสีย/ตันผลปาล์มสด x ค่าปริมาณสารแขวนลอยปอดสุดท้าย) เพื่อหาภาระบรรทุกสารแขวนลอยต่อตันผลปาล์มสด

จากการเก็บข้อมูล ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีช่วงระหว่าง 10,745-20,782 มิลลิกรัม/ลิตร และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14,465 มิลลิกรัม/ลิตร เปรียบเทียบกับค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซีย (ตารางที่ 2.3-3) พบว่าค่าของแข็งแขวนลอยของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าประเทศมาเลเซียอยู่มากพอควร

ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียปอดสุดท้ายมีค่าระหว่าง 64-333 มิลลิกรัม/ลิตร มีค่าเฉลี่ยและมีค่าภาระบรรทุกของของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid Loading) ของน้ำเสียปอดสุดท้ายเท่ากับ 164.7 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.12 กิโลกรัม/ตันผลปาล์มสด ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าของแข็งแขวนลอยของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกโรงงานยังมีค่าเกินค่าที่กฎหมายกำหนดอยู่คือ 50 มิลลิกรัม/ลิตร การที่ปริมาณสารแขวนลอยมากอาจเป็นเพราะการแยกกรวดทรายของโรงงานยังไม่ดีเท่าที่ควรทำให้เศษกรวดทรายเหล่านี้ปนไปกับน้ำเสียมากเกินไปเกินความสามารถที่ระบบบำบัดน้ำเสียจะลดได้ต่ำกว่าที่กฎหมายกำหนด

5) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เพื่อบ่งชี้ความเป็นกรดเป็นด่างในน้ำเสีย โดยจะทำการน้ำเสียในบ่อแรกและบ่อสุดท้าย

จากการเก็บข้อมูล ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตมีช่วงระหว่าง 4.43-5.44 และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 เปรียบเทียบกับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตจากโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซีย (ตารางที่ 2.3-3) พบว่าน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทยมีความเป็นกรดเป็นด่างสูงกว่าประเทศมาเลเซียเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำเสียปอดสุดท้ายมีค่าระหว่าง 6.84-9.60 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.70

6) ทีเคเอ็น (TKN) ในโตรเจนที่อยู่ในน้ำเสียมีอยู่หลายรูปแบบคือ คือ ในโตรเจนที่อยู่ในรูปของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน หรือออร์แกนิกไนโตรเจนก็ได้ ถ้าหากน้ำเสียที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมีปริมาณไนโตรเจนมากเกินไป จะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชน้ำสาหร่าย ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำ ได้แก่ การบดบังแสงอาทิตย์ทำให้พืชอื่นๆ ที่อยู่ใต้น้ำสังเคราะห์แสงไม่ได้แล้วตายไป ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำสูงขึ้น ทีเคเอ็น เป็นปริมาณผลรวมของออร์แกนิกไนโตรเจนและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน อย่างไรก็ตาม ทีเคเอ็นไม่ได้เป็นดัชนีสิ่งแวดล้อมสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศไทย

ค่าเปรียบเทียบลักษณะน้ำเสียจากการศึกษานี้กับค่าลักษณะน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบในประเทศมาเลเซียและการศึกษาของUnited Nations Environment Programme

(UNEP) แสดงดังตารางที่ 2.3-5 โดยข้อมูลลักษณะน้ำเสียของประเทศมาเลเซียเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2541 ส่วนข้อมูลจากการศึกษาของ UNEP เป็นลักษณะน้ำเสียเฉลี่ยของประเทศที่มาเลเซียซึ่งทำการศึกษาในปี พ.ศ. 2527 ซึ่งค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดีและของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของประเทศไทยมีค่าต่ำกว่าประเทศมาเลเซียและค่าจากการศึกษาของ UNEP แต่ค่าน้ำมันและไขมันเฉลี่ยของน้ำเสียของไทยมีค่าสูงกว่าประเทศมาเลเซีย (แต่ต่ำกว่าค่าจากการศึกษาของ UNEP) แสดงว่าประเทศมาเลเซียมีการควบคุมการสูญเสียน้ำมันปาล์มได้ดีกว่า และจะเห็นได้ว่าลักษณะน้ำเสียของประเทศมาเลเซียในปี พ.ศ. 2541 มีค่ามลสารน้อยลงกว่าปี พ.ศ. 2527 ทุกตัวยกเว้น total solid ที่มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสียมีค่าลดลงจาก 8,370 มิลลิกรัม/ลิตร เป็น 6,000 มิลลิกรัม/ลิตร หรือลดลงประมาณ 39.5%

ตารางที่ 2.3-5 ค่าเปรียบเทียบลักษณะน้ำเสียจากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้กับค่าเฉลี่ยของประเทศมาเลเซียและจากการศึกษาของ UNEP

	ทางสถิติไทย		ค่าเฉลี่ยของ ออสมิ		ค่าเฉลี่ยของ UNEP	
	ปี	ปีเฉลี่ย	ปี	ปีเฉลี่ย	ปี	ปีเฉลี่ย
Biological Oxygen Demand (BOD)	19,013-33,050	20,742	102,500-43,750	25,000	10,250-47,500	25,000*
Chemical Oxygen Demand (COD)	46,224-92,228	53,053	15,000-100,000	51,000	15,500-106,360	53,630
ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids)	10,745-20,782	14,465	5,000-54,000	18,000	410-60,360	19,020
ไขมันและน้ำมัน (Oil & Grease)	1,630-18,100	6,527	130-18,000	6,000	130-86,430	8,370
ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	4.43-5.44	4.31	3.4-5.2	4.2	3.8-4.5	3.8-4.5
แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammoniacal Nitrogen)	N/A	N/A	4-80	35	0-110	35
ไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen)	N/A	N/A	180-1,400	750	180-1,820	770
ของแข็งทั้งหมด (Total Solids)	N/A	N/A	11,500-79,000	40,000	11,450-164,950	43,365
ของแข็งที่ระเหยได้ (Volatile Solids)	N/A	N/A	9,000-72,000	34,000	N/A	N/A

หมายเหตุ: N/A = ไม่มีข้อมูล

* = วัดที่สภาวะ 3 วัน, 30 °C

PORIM : Palm Oil Research Institute of Malaysia

ที่มา: ¹ http://www.porim.gov.my/mill_waste1.html

² Maheswaran, A., "The food processing industry and the environment with emphasis on palm oil production" UNEP

Industry and Environment, Oct/Nov/Dec. 1985, page 2.

2.3.8 ดัชนีระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

เพื่อป้องกันระดับเสียงภายในโรงงานและระดับเสียงบริเวณรอบๆ โรงงาน ซึ่งมีส่วนสำคัญในเรื่องสุขภาพและความปลอดภัยในการทำงานและการรบกวนชุมชนที่อยู่รอบข้าง นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการควบคุมให้เป็นไปตามกฎหมาย ซึ่งกำหนดให้มีเสียงดังได้ไม่เกิน 90 เดซิเบลเอเมื่อทำงานเกินกว่าวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง (ประกาศของกระทรวงมหาดไทย เรื่อง "ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม") โดยบริเวณที่จะทำการตรวจวัดอยู่ 7 บริเวณคือ บริเวณห้องเครื่องเทอร์โบไนน์ เครื่องกะเทาะเมล็ด หม้อไอน้ำ ไฟเบอร์ไซโคลน ปล่องโบลว์ดาวน์จากหม้อไอน้ำ ปล่องโบลว์ดาวน์จากหม้อไอน้ำ และบริเวณรอบๆ โรงงาน

จากการเก็บข้อมูล พบว่า ระดับเสียงบริเวณห้องเครื่องเทอร์โบไนน์มีค่าสูงสุด คือ 93.31 เดซิเบลเอ ซึ่งเป็นเสียงมาจากเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า การสั่นสะเทือนของเครื่อง และเสียงของไอน้ำที่ไหลผ่านเทอร์โบไนน์ นอกจากนี้ห้องเครื่องจะมีลักษณะปิดทำให้เกิดเสียงก้องอยู่ในห้อง รองลงมาคือ ระดับเสียงบริเวณ เครื่องกะเทาะเมล็ดและไฟเบอร์ไซโคลน คือ มีระดับเสียงเฉลี่ยเท่ากับ 92.3 และ 91.22 เดซิเบลเอ ส่วนบริเวณที่เหลือมีระดับเสียงอยู่ประมาณ 89 เดซิเบลเอ ซึ่งพบว่าระดับเสียงค่อนข้างสูง ดังนั้น พนักงานในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบควรสวมเครื่องป้องกันเสียงไว้ตลอดเวลาเมื่อปฏิบัติงานอยู่ภายในโรงงาน บริเวณที่มีระดับเสียงต่ำที่สุดคือ บริเวณขอบรั้วโรงงาน คือมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 63 เดซิเบลเอ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัญหาเรื่องระดับเสียงในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบเป็นปัญหาสำคัญต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานมากกว่าชุมชนรอบข้าง ทั้งนี้เนื่องจากตัวโรงงานจะอยู่ห่างจากขอบรั้วโรงงานพอสมควร และโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบส่วนใหญ่ยังตั้งอยู่ห่างจากแหล่งชุมชนอยู่พอสมควร ทำให้มีผลกระทบต่อชุมชนค่อนข้างน้อย

2.3.9 ดัชนีปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลปาล์มสด)

อุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (แบบมาตรฐาน) มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก โดยโรงงานส่วนมากจะใช้แหล่งน้ำจากธรรมชาติมาทำการปรับสภาพให้เหมาะสมก่อน เช่น มีการใช้สารส้มเพื่อตกตะกอน และมีการใช้เรซินสำหรับการผลิตน้ำที่ใช้ในหม้อไอน้ำ โดยปริมาณน้ำใช้นี้จะรวมปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิต และสำนักงาน เท่านั้น จะไม่รวมปริมาณน้ำใช้ในส่วนของการพักพนักงาน และไม่รวมปริมาณน้ำใช้สำหรับผลิตไอน้ำ ดัชนีปริมาณการใช้น้ำสามารถใช้เป็นข้อมูลในการหาแนวทางการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นได้

จากการเก็บข้อมูล ปริมาณน้ำใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.64-1.71 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลปาล์มสด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.959 ลูกบาศก์เมตร/ตันผลปาล์มสด ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับโรงงานสกัดน้ำมัน

ปาล์มดิบที่ใช้เครื่องแยก 3 เฟส หรือดีแคนเตอร์ (Decanter) ในการแยกน้ำมันปาล์มออกจากน้ำสลัดจ์เท่านั้น โรงงานยังใช้เครื่องแยก 2 เฟส (Separator) ในการแยกน้ำมันปาล์มจากน้ำสลัดจ์ จะมีปริมาณน้ำที่สูงกว่านี้ เพราะในการแยกน้ำมันปาล์มจากน้ำสลัดจ์โดยเครื่องแยก 2 เฟสจะต้องมีการเติมน้ำผสมลงไปเพื่อให้สามารถแยกน้ำมันได้ดียิ่งขึ้นในขณะที่เครื่องดีแคนเตอร์จะไม่มี การเติมน้ำผสมลงไปเพื่อให้สามารถแยกน้ำมันได้ดียิ่งขึ้นในขณะที่เครื่องดีแคนเตอร์จะไม่มี การเติมน้ำผสมลงไปในการ ทำให้เครื่องแยก 2 เฟสมีการใช้น้ำสูงกว่าเครื่องดีแคนเตอร์

2.3.10 กลิ่นจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ppm))

กลิ่นจากระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่จะมาจากน้ำเสียที่บ่อแรก เนื่องจากน้ำเสียที่บ่อแรกมีค่าบีโอดีสูงที่สุด ซึ่งกลิ่นเหล่านี้คาดว่าเป็นกลิ่นของพวกซัลไฟด์เนื่องจากการที่พวกซัลเฟต (Sulfate) ถูกรีดิวซ์ (Reduce) ภายใต้สภาวะขาดออกซิเจนในน้ำแล้วรวมตัวกับไฮโดรเจนกลายเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งทำให้น้ำเสียมีกลิ่นเหม็น (จึงใช้ปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นดัชนี) ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพไม่ควรให้มีซัลไฟด์เกินกว่า 200 มิลลิกรัม/ลิตรเพราะทำให้เกิดปัญหาต่อการบำบัดน้ำเสีย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เมื่อรวมตัวกับก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ จะทำให้เกิดการกัดกร่อนท่อและเครื่องจักรต่างๆที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

อย่างไรก็ตาม โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบยังไม่เคยมีการเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มาก่อน เนื่องจากทางโรงงานเห็นว่าการใช้บ่อบำบัดแบบไร้อากาศจะต้องมีการเกิดกลิ่นขึ้น จึงไม่เห็นประโยชน์จากการวัดปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์นี้เท่าใดนัก แต่จะให้ความสำคัญกับการป้องกันปัญหาที่เกิดจากกลิ่น เช่น การให้บ่อบำบัดน้ำเสียอยู่ห่างจากแหล่งชุมชนให้มากที่สุด เพื่อลดกลิ่นที่จะส่งผลกระทบต่อชุมชนรอบ ๆ โรงงาน เป็นต้น นอกจากนี้ การวัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์จากบ่อบำบัดทำได้ค่อนข้างยากซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือผู้เชี่ยวชาญมาทำการตรวจวัดให้ (ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แสดงไว้ดังตารางที่ 2.3-6) ดังนั้น ทางโรงงานอาจจะใช้วิธีง่าย ๆ ในการวัดระดับกลิ่นจากระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การใช้จำนวนครั้งในการร้องเรียนเรื่องกลิ่นจากชุมชน หรือในกรณีที่โรงงานอยู่ห่างจากแหล่งชุมชนมาก อาจจะใช้ความรู้สึกของพนักงานแทน เช่น การให้พนักงาน 10 คนมาอยู่บริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย แล้วหาเปอร์เซ็นต์ของจำนวนพนักงานที่รู้สึกเหม็น ดัชนีกลิ่นจากระบบบำบัดน้ำเสียนี้อาจจะนำมาใช้เป็นดัชนีวัดภายในโรงงานมากกว่าเนื่องจากผลกระทบเรื่องกลิ่นต่อชุมชนค่อนข้างแตกต่างกันไปตามแหล่งที่ตั้งของโรงงานว่าอยู่ห่างจากแหล่งชุมชนแค่ไหน

ตารางที่ 2.3-6 การวิเคราะห์ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

ประเภท	ขอบข่าย	หลักการวิเคราะห์	สิ่งรบกวน
วิธีเชิงปริมาตร (Iodometry)	100 ถึง 200 ppm (ถ้าความเข้มข้นในตัว อย่างเกิน 200 ppm ควรทำการทดสอบ โดยเจือจางของเหลวตัวอย่างด้วย ปริมาณที่เหมาะสมของสารดูดกลืน)	ดูดกลืนก๊าซที่มีไฮโดรเจนซัลไฟด์ลงในสาร ละลายของ Zinc Ammine Complex: Zn $(NH_3)_4(OH)_2$ แล้วทำให้มีฤทธิ์กรดด้วยกรด เกลือ จากนั้นเติมไอโอดีนลงในสารละลาย และไตเตรตหาปริมาณไอโอดีนส่วนเกิน ด้วยโซเดียมไธโอซัลเฟต	ก๊าซที่ออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์ อาจทำให้ความคลาด เคลื่อนทางบวกหรือทางลบ
การดูดกลืนแสง (Methylene Blue)	5 ถึง 1,000 ppm (ถ้าความเข้มข้นเกิน 1,000 ppm ควรทำการวิเคราะห์โดยเจือ จางของเหลวตัวอย่างด้วยปริมาณที่ เหมาะสมของสารดูดกลืน)	ดูดกลืนก๊าซตัวอย่างลงในสารละลายของ Zinc Ammine Complex เติมสารละลาย ของ p-Aminodimethylaniline และของ เฟอร์รัสคลอไรด์ลงในสารละลายข้างต้น แล้ววัดอัตราการดูดกลืนแสงของ Methylene Blue เพื่อหาปริมาณ ไฮโดรเจนซัลไฟด์	
หลอดตรวจจับ	5 ถึง 160 ppm, 100 ถึง 1,000 ppm	ปล่อยให้ก๊าซตัวอย่างไหลผ่านหลอดตรวจ จับซึ่งใส่เมตริลิก้าเจล ที่อมตะกั่วอะซิเตด หรือตะกั่วไนเตรต หาปริมาณของ ไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยวัดความยาวของชั้นที่ ติดสี	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์อาจรบกวน ผลการตรวจวัด

ที่มา: ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์และคณะ

2.4 แนวทางการปฏิบัติที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบ

ในการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ มีแนวทางการปฏิบัติที่สามารถช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกิจกรรมของโรงงาน และยังสามารถลดการสูญเสียของน้ำมันปาล์มดิบได้ ซึ่งมีแนวทางการปฏิบัติดังนี้

1) การนำส่งทะลายปาล์มสด

ควรนำผลปาล์มสดเข้ากระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และไม่ควรช้ากว่า 48 ชั่วโมง เนื่องจากในผลปาล์มสดมีเอนไซม์อยู่ ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำมันปาล์มในผลปาล์มสดเป็นกรดไขมันอิสระ (Free Fatty Acid: FFA) ซึ่งในน้ำมันปาล์มดิบที่สกัดได้ ไม่ควรมีปริมาณกรดไขมันอิสระมากเกินไป ดังนั้น ถ้าทิ้งผลปาล์มสดไว้นานเกินไปก่อนที่จะนำไปเข้ากระบวนการผลิต จะทำให้น้ำมันปาล์มดิบที่ได้มีกรดไขมันอิสระสูงเกินไป ซึ่งมีผลต่อคุณภาพและราคาของน้ำมันปาล์มดิบที่จะขายต่อไป อย่างไรก็ตาม ปัญหานี้อยู่ที่ผู้ที่นำผลปาล์มสดมาขายเป็นหลัก เนื่องจากทางโรงงานไม่สามารถรู้ได้ว่าผลปาล์มสดที่ซื้อมามีอายุนานแค่ไหนแล้ว ทำให้โรงงานส่วนใหญ่จะมีการควบคุมให้นำผลปาล์มสดเข้ากระบวนการผลิตให้เร็วที่สุดอย่างมากไม่เกิน 2 วัน โรงงานที่มีสวนปาล์มเป็นของตนเองจะมีปัญหานี้ค่อนข้างน้อยเพราะสามารถกำหนดวันตัดผลปาล์มและนำส่งมาที่โรงงานได้

2) การนึ่งผลปาล์มสดในหม้อนึ่ง (Sterilizer)

ในขั้นตอนการนึ่งผลปาล์มสดที่ดี จะต้องมีการควบคุมเวลาในการนึ่งผลปาล์มสดในแต่ละรอบของการผลิตให้เหมาะสมกับความสูง/ดิบของผลปาล์มสดที่ทำการนึ่ง จึงควรมีการอบรมพนักงานให้เข้าใจขั้นตอนการควบคุมอุณหภูมิและเวลาในการนึ่งที่เหมาะสม ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นในกรณีที่นึ่งผลปาล์มไม่เหมาะสม

ในขั้นตอนนี้ อาจจะใช้ระบบการควบคุมความดันในหม้อนึ่งแบบอัตโนมัติ เพื่อลดปัญหาความผิดพลาดในการควบคุมการนึ่ง

ในขั้นตอนการนึ่งจะมีน้ำทิ้งเกิดขึ้นในหม้อนึ่ง ซึ่งเกิดจากไอน้ำกลั่นตัวและไอของน้ำมันปาล์มปนอยู่ น้ำทิ้งนี้มีสารแขวนลอยปนอยู่น้อยมาก ดังนั้นการสกัดแยกน้ำมันและน้ำออกจากกันจะทำได้ง่ายขึ้น ดังนั้น ควรนำน้ำทิ้งจากหม้อนึ่งไปทำการแยกน้ำมันและน้ำออกจากกันก่อน (แยกต่างหาก ไม่นำน้ำทิ้งนี้ไปรวมกับน้ำทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ เพราะน้ำทิ้งจากกระบวนการสกัด จะมีสารแขวนลอยปนอยู่สูง ทำให้การแยกน้ำมันออกมาทำได้ยากกว่า) แล้วนำน้ำที่ได้จากการแยกนี้กลับไปเข้าเครื่องบีบน้ำมันต่อไป ซึ่งจะช่วยลดการใช้น้ำที่จะต้องเติมลงไป

ขั้นตอนดังกล่าวได้ บางโรงงานอาจจะนำน้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งกลับไปเครื่องบีบน้ำมันปาล์มโดยตรง โดยไม่ผ่านการแยกน้ำมันปาล์มดิบออกก่อนก็ได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาว่า วิธีการใด (การนำน้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งไปแยกน้ำมันออกก่อนที่จะนำไปเข้าเครื่องบีบ หรือการนำน้ำทิ้งจากหม้อหนึ่งไปเข้าเครื่องบีบโดยตรง) ที่จะสามารถลดปริมาณน้ำมันสูญเสียได้มากกว่ากัน

3) การแยกผลปาล์มสดโดยเครื่องแยกผลปาล์ม (Stripper)

ในขั้นตอนการแยกผลปาล์มสดออกจากทะลายปาล์ม พบว่าจะเป็นส่วนต่อเนื่องมาจากการนึ่งผลปาล์ม กล่าวคือ ถ้านึ่งผลปาล์มไม่สุกพอ การแยกผลปาล์มสดออกจากทะลายปาล์มจะทำได้ยาก ทำให้มีผลปาล์มติดไปกับทะลายปาล์มมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียของโรงงาน ดังนั้น การควบคุมการนึ่งให้เหมาะสมกับความสุกดิบมีความสำคัญต่อการแยก

นอกจากนี้ โรงงานอาจจะมีการติดตั้งเครื่องฉีกทะลาย ซึ่งจะนำทะลายปาล์มที่ผ่านการแยกผลปาล์มสดออกแล้วมาเข้าเครื่องฉีกทะลายอีกครั้ง เพื่อการบดทะลายปาล์มซึ่งทำให้ตัวของผลปาล์มสดที่ยังติดอยู่ในทะลายปาล์มอ่อนลง แล้วผ่านทะลายปาล์มนี้ไปเข้าเครื่องแยกผลปาล์มสดอีกครั้ง เพื่อแยกเอาผลปาล์มสดที่ยังติดอยู่ที่ทะลายปาล์มออกอีกครั้ง บางโรงงานจะไม่มีเครื่องฉีกทะลายปาล์มนี้ แต่จะใช้คนงานตรวจสอบและแยกทะลายปาล์มที่ผ่านการแยกจากเครื่องแยกแล้วยังมีผลปาล์มสดติดอยู่ เพื่อนำกลับมาเข้ากระบวนการนึ่งใหม่อีกครั้ง อย่างไรก็ตาม พบว่าปริมาณทะลายปาล์มที่มีผลปาล์มสดติดอยู่แล้วไม่ได้นำกลับเข้ากระบวนการผลิตยังมีอยู่พอสมควร เนื่องจากปัญหาเรื่องความเผอเรอของคนงาน เพราะทะลายปาล์มจะถูกลำเลียงผ่านสายพาน บางครั้ง คนงานไม่สามารถแยกเก็บทะลายปาล์มที่มีผลปาล์มติดอยู่ได้ทัน ซึ่งมักจะปล่อยเลยไป ทำให้มีการสูญเสียจุดนี้พอสมควร ซึ่งส่วนนี้ จะต้องใช้การอบรมให้พนักงานเข้าใจถึงผลกระทบที่จะตามมา หรืออาจจะหาแนวทางในการจัดการให้คนงานสามารถทำงานได้มีอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

4) การย่อยผลปาล์มในถังกวน (Digester)

ในการย่อยผลปาล์ม จะต้องมีการควบคุมอัตราการกวนและการให้ความร้อนให้เหมาะสมกับจำนวนผลปาล์มที่อยู่ในถังกวน เพื่อตีผลปาล์มให้ยุ่ยก่อนนำไปเข้าเครื่องบีบ ควรมีการส่งผลปาล์มสดที่ได้จากขั้นตอนการแยกผลปาล์มสดเข้าเครื่องย่อยผลปาล์มต่อเนื่อง ไม่ขาดช่วง เพื่อให้ระดับของผลปาล์มที่อยู่ในถังกวนคงที่ ทำให้ประสิทธิภาพในการกวนคงที่ นอกจากนี้ควรจะทำการแยกเศษเหล็กรอกจากทะลายปาล์มสดก่อนที่จะนำมาเข้ากระบวนการผลิต เพราะถ้าเศษเหล็กเหล่านี้ติดมากับผลปาล์มสดเข้าไปในหม้อกวนจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ใบกวนและถังกวนได้

5) การสกัดน้ำมันปาล์มโดยเครื่องบีบน้ำมัน (Screw Press)

ในการบีบน้ำมันปาล์มจากผลปาล์มสดที่มาจากหม้อกวน จะต้องไม่ให้แรงดันสูงเกินไป เพราะทำให้เมล็ดปาล์ม (Nut) แตกเสียหาย แต่ก็ไม่ควรให้แรงดันน้อยเกินไปเพราะทำให้กากเส้นใยมีน้ำมันอยู่สูงซึ่งเป็นการสูญเสียน้ำมันปาล์มไป ดังนั้น ในการบีบน้ำมันปาล์มดิบจะต้องอบรมให้พนักงานรู้ถึงขั้นตอนและแรงดันของเครื่องบีบที่เหมาะสม เพื่อให้ไขมันที่ติดไปกับกากเส้นใยน้อยที่สุด และเมล็ดปาล์ม (Nut) แตกน้อยที่สุดด้วย

เนื่องจากน้ำมันที่ได้จากเครื่องบีบจะมีกากเส้นใยเจือปนอยู่ จึงนำน้ำมันปาล์มที่ได้ผ่านตะแกรงเส้นเพื่อกรองกากเส้นใยออกก่อน ซึ่งควรหมั่นตรวจสอบสภาพของตะแกรงกรองไม่ให้ชำรุดอยู่เสมอ เพราะถ้าตะแกรงรั่วจะทำให้กากเส้นใยติดไปกับน้ำมันปาล์มมากซึ่งจะทำให้ปริมาณสารเจือปนในน้ำมันสูงขึ้น

6) การแยกน้ำมันโดยถังตกจม (Settling Tank)

ในการแยกน้ำมันปาล์มดิบและน้ำออกจากกัน ควรควบคุมให้อุณหภูมิของของผสมให้สูงกว่า 90 องศาเซลเซียส (ควรติดฉนวนกันความร้อนสูญเสียเพื่อลดปริมาณการใช้ไอน้ำและควบคุมประสิทธิภาพในการแยกน้ำมันปาล์มดิบของถังตกจมให้คงที่) จะเกิดการแยกชั้น โดยน้ำมันปาล์มดิบจะลอยขึ้นด้านบน ส่วนที่เป็นอิมัลชันและสารแขวนลอยจะอยู่ตรงกลาง ส่วนที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนอยู่ด้านล่างของถัง นำน้ำมันปาล์มดิบไปเข้าถังพักน้ำมันปาล์มดิบ นำส่วนที่เป็นอิมัลชันและสารแขวนลอยเข้าเครื่องแยกกรวดทรายออกก่อน แล้วนำไปเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกเพื่อแยกน้ำมันปาล์มที่ยังเจือปนอยู่ในน้ำสลัดจ์อีกครั้ง กรณีใช้เครื่องแยก 2 เฟส (Separator) จะได้น้ำมันปาล์มดิบและน้ำทิ้งซึ่งมีกากตะกอนปนอยู่ ในการเดินเครื่องจะต้องมีการเติมน้ำผสมด้วยเพื่อให้สามารถแยกน้ำมันปาล์มออกได้ง่ายขึ้น ควรมีการตรวจปริมาณน้ำมันปาล์มที่อยู่ในน้ำทิ้งจากเครื่องแยกเป็นระยะๆ เพื่อใช้ปรับสภาวะในการเดินเครื่องแยกให้เหมาะสม กรณีใช้เครื่องแยก 3 เฟส (Decanter) จะได้น้ำมันปาล์มดิบ น้ำทิ้ง และกากตะกอนแยกจากกัน ควรตรวจปริมาณน้ำมันปาล์มดิบในน้ำทิ้งและกากตะกอนจากเครื่องแยกเป็นระยะๆ เพื่อนำไปปรับสภาพการเดินเครื่อง เช่น การปรับสภาพของน้ำสลัดจ์ก่อนเข้าเครื่องแยก และความเร็วรอบของเครื่องเหวี่ยงแยกให้เหมาะสม ดัชนีไขมันและไขมันของน้ำเสียบ่อแรกสามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณน้ำมันสูญเสียได้ กล่าวคือถ้าไขมันและไขมันของน้ำเสียบ่อแรก (จากกระบวนการผลิต) สูงแสดงว่ามีน้ำมันสูญเสียมากซึ่งอาจเป็นปัญหาจากอุณหภูมิของถังตกจมต่ำเกินไป หรือการเดินเครื่องดีแคนเตอร์ไม่เหมาะสม

7) บ่อดักน้ำมันสุดท้าย

ควรมีบ่อบรรจุน้ำทิ้งจากขั้นตอนการแยกกรดไขมันต่างหาก เพื่อพักให้เศษกรดไขมันในน้ำทิ้งตกตะกอนและนำน้ำส่วนบนส่งไปเข้าบ่อดักน้ำมันสุดท้าย เพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยของน้ำทิ้ง ซึ่งช่วยให้สามารถแยกน้ำมันได้ง่ายขึ้น ดัชนีปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียบ่อแรกสามารถใช้ตรวจสอบการดำเนินงานนี้ได้ กล่าวคือปริมาณของแข็งแขวนลอยควรมีค่าลดลงหลังจากมีการดำเนินการในแนวทางเลือกนี้

นอกจากนี้ อาจติดตั้งเครื่องแยก 2 เฟส (Separator) เพื่อทำการแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งอีกครั้ง ก่อนที่จะนำน้ำทิ้งมาเข้าบ่อดักน้ำมันสุดท้ายอีกครั้ง เพื่อให้สามารถดึงน้ำมันกลับมาได้มากที่สุด ซึ่งเป็นการลดทั้งค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease) น้ำเสียและลดการสูญเสียไขมันได้ ดัชนีไขมันและไขมันของน้ำเสียบ่อแรกสามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณไขมันสูญเสียได้ กล่าวคือถ้าไขมันและไขมันของน้ำเสียบ่อแรก (จากกระบวนการผลิต) สูงแสดงว่ามีไขมันสูญเสียมาก

8) การดูแลรักษาเครื่องจักร

ควรทำการตรวจสอบสภาพเครื่องจักรอยู่เสมอ เพื่อป้องกันการเสียหายของเครื่องจักร (Preventive Maintenance) เนื่องจาก โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มส่วนใหญ่จะมีเครื่องจักรเพียงชุดเดียว เมื่อเครื่องจักรชุดนี้เสียไป ทำให้ต้องหยุดการผลิตทั้งระบบ เช่น เมื่อชุดเครื่องบีบน้ำมันปาล์มดิบเสีย แม้ว่าจะสามารถนึ่งผลปาล์มสดได้ แต่จะไม่สามารถบีบน้ำมันปาล์มได้ จึงต้องหยุดกระบวนการผลิตทั้งหมด ดังนั้น การตรวจสอบซ่อมบำรุงเครื่องจักรให้สมบูรณ์อยู่เสมอจะช่วยป้องกันปัญหาการหยุดกระบวนการผลิตทั้งระบบได้

9) การลดปริมาณน้ำเสียในกระบวนการผลิต

การลดปริมาณน้ำเสียสามารถทำได้โดยการลดปริมาณน้ำใช้ หรือนำน้ำเสียกลับไปใช้ในส่วนที่ใช้ได้ เช่น การนำน้ำโบล์ดาวน์ของหม้อไอน้ำ (Blow down) น้ำจากเครื่องระเหยสุญญากาศ (Vacuum) มาเก็บรวมไว้ แล้วนำไปใช้สำหรับการล้างต่างๆ และมีการแยกระบบระบายน้ำจากการล้าง หรือนำทิ้งจากสำนักงานไปบำบัดต่างหาก เพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่จะเข้าระบบบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิต ดัชนีปริมาณน้ำเสียสามารถใช้ตรวจสอบผลการดำเนินงานตามแนวทางนี้ได้

10) การจัดการด้านพลังงานไฟฟ้า

ควรมีการจัดระบบการจัดการไฟฟ้า แสงสว่าง และระบบการจ่ายไฟฟ้าให้เหมาะสม เพื่อลดปัญหาการย้ายโหลดในช่วงที่ต้องการกระแสไฟฟ้าสูง

11) การจัดการวัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็ง

วัสดุเศษเหลือที่เป็นของแข็งในโรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันปาล์มดิบได้แก่ ทะลาย ปาล์มเปล่า กากเส้นใย กะลา

โรงงานสกัดน้ำมันปาล์มจะใช้กากเส้นใยเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตาม บางช่วงก็ยังมีกากเส้นใยเหลือเกินพอ ทำให้ต้องกองไว้ภายในโรงงาน ซึ่งทำให้ภายในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มมีฝุ่นจากกากเส้นใยเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก สำหรับกะลาสามารถนำไปเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ นำไปถมที่ในสวน นำไปทำผงดำนกำมะถัน (activated carbon) หรือนำไปขาย

สำหรับทะลายปาล์มเปล่าจะมีอยู่เป็นปริมาณมากที่สุด ซึ่งทะลายปาล์มเปล่าส่วนใหญ่จะมีน้ำมันปาล์มเหลืออยู่ ทะลายปาล์มเปล่าเหล่านี้ บางโรงงานสามารถนำไปขายให้เกษตรกรนำไปใช้เพาะเห็ดได้ บางโรงงานอาจนำไปทำเป็นปุ๋ยในสวนของโรงงาน แต่บางโรงงานก็ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากสถานที่ตั้งของโรงงานอยู่ห่างไกลเกินไป ทำให้ไม่มีเกษตรกรมาซื้อทะลายปาล์มไป หรือในบางโรงงาน มีการแจกทะลายปาล์มให้ฟรี ก็ยังมีทะลายปาล์มเหลืออยู่ในบางช่วง โดยเฉพาะช่วงที่มีผลปาล์มสดมาก ทำให้โรงงานต้องกองทะลายปาล์มเปล่าไว้ ซึ่งเมื่อฝนตก จะทำให้เกิดการหมักหมมซึ่งก่อให้เกิดน้ำเสียขึ้น นอกจากนี้ น้ำมันปาล์มในทะลายปาล์มเปล่าก็จะถูกชะล้างออกมาปนกับน้ำฝนแล้วไหลลงรางระบายน้ำ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ รางระบายน้ำจะไม่ผ่านเข้าระบบบำบัดน้ำเสียแต่จะปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะต่อไป ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงควรทำรางระบายน้ำจากบริเวณที่มีกองทะลายปาล์มเปล่า และลานเทอยู่ แล้วนำไปทำการบำบัดต่างหาก ก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

12) ระบบการจัดการภายในโรงงาน

ควรมีการนำระบบการจัดการ เช่น ระบบการจัดการคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9000 หรือ ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐาน ISO 14000 หรือเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ เพื่อให้การจัดการทั้งด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และควรมีการหุ้มฉนวนท่อไอน้ำและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนทุกชนิด เช่น ถังตกจม หม้อกวน ถังพักน้ำมันและน้ำสลัดจ์ เป็นต้น

13) หม้อไอน้ำ

ควรควบคุมให้อัตราการผลิตไอน้ำมีความเหมาะสมกับขนาดของหม้อไอน้ำซึ่งจะสามารถลดปัญหาเรื่องควันท่วมได้มาก อย่างไรก็ตาม โรงงานส่วนใหญ่จะมีการขยายกำลังการผลิตแต่ไม่เพิ่มหม้อไอน้ำ ทำให้ต้องผลิตไอน้ำในอัตราที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสม ทำให้เกิดควันท่วมขึ้น นอกจากนี้ ปัญหาเรื่องการควบคุมการเดินหม้อไอน้ำก็มีส่วนในการเกิดควันท่วมด้วย ดังนั้น จึงต้องอบรมพนักงานให้เข้าใจในเรื่องการป้อนเชื้อเพลิงให้เหมาะสม เช่น ไม่ทำการโกยกากเส้นใยเข้าไปในหม้อ

ไอน้ำครั้งละมากๆ แต่ควรค่อยๆ ใส่เข้าไปและสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการผสมกันที่ดีของอากาศและเชื้อเพลิง นอกจากนี้ถ้าจะมีการอบเชื้อเพลิงให้แห้งที่สุดเท่าที่ทำได้ก่อนนำไปเข้าหม้อไอน้ำ อย่างไรก็ตามพบว่าการอบเชื้อเพลิงจะต้องทำอย่างระมัดระวังและมีการควบคุมที่ดี เพราะโรงงานพบว่าบางครั้งกากเส้นใยเหล่านี้จะลุกติดไฟขึ้นมาในตู้อบซึ่งอันตรายอย่างยิ่ง ดังนั้นฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำสามารถใช้ประเมินผลการดำเนินงานตามแนวทางเลือกนี้ได้ อย่างไรก็ตาม อาจจะใช้การสังเกตสีของควันจากปล่องหม้อไอน้ำแทนเนื่องจากค่าตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำค่อนข้างสูง กล่าวคือ ถ้าสีของควันจากปล่องหม้อไอน้ำมีสีขาวแสดงว่ามีการเติมอากาศมากเกินไป ซึ่งทำให้มีการสูญเสียความร้อนไปโดยเปล่าประโยชน์ กรณีสีของควันมีสีดำมีปัจจัยอยู่หลายปัจจัย เช่น ขนาดของหม้อไอน้ำไม่เหมาะสมกับกำลังการผลิต ณ ปัจจุบัน การป้อนเชื้อเพลิงไม่เหมาะสม เช่น ไม่ป้อนเชื้อเพลิงตลอดเวลาแต่จะโกยกากเส้นใยใส่ไปเป็นระยะๆ หรือมีการเติมอากาศน้อยเกินไป ซึ่งจะทำให้เกิดเขม่าควันขึ้น สีของควันจากปล่องหม้อไอน้ำควรมีสีเทา ซึ่งแสดงถึงปริมาณอากาศที่ใช้เหมาะสมกับปริมาณเชื้อเพลิง ทำให้ไม่เกิดเขม่ามากและไม่มีการสูญเสียความร้อนไปมากด้วย

2.5 เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม "คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันปาล์มดิบ"
- [2] กองการค้าสินค้าข้อตกลง กรมการค้าต่างประเทศ พ.ศ. 2541 จาก เอกสารวิเคราะห์ "สถานการณ์น้ำมันปาล์มภายในประเทศ"
- [3] ดร.เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ "การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment)" พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ.2539 ISBN : 974-486-063-4 หน้า 28
- [4] ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์และคณะ "มลภาวะอากาศ" สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พิมพ์ครั้งที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ISBN : 974-553-700-4 หน้า 85
- [5] Maheswaran, A., "The food processing industry and the environment with emphasis on palm oil production" UNEP, Industry and Environment, Oct/Nov/Dec. 1985, page 2.

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

3.1 รายละเอียดของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากมีอัตราการผลิตและส่งออกเพิ่มขึ้นในหลายปีที่ผ่านมา นอกจากนี้มันสำปะหลังยังเป็นพืชที่ปลูกได้ง่าย มีศัตรูพืชรบกวนน้อย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และมีฤดูปลูกและเก็บเกี่ยวไม่จำกัด จึงมีเกษตรกรปลูกแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศไทย เพื่อจำหน่ายเป็นวัตถุดิบป้อนโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง

สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

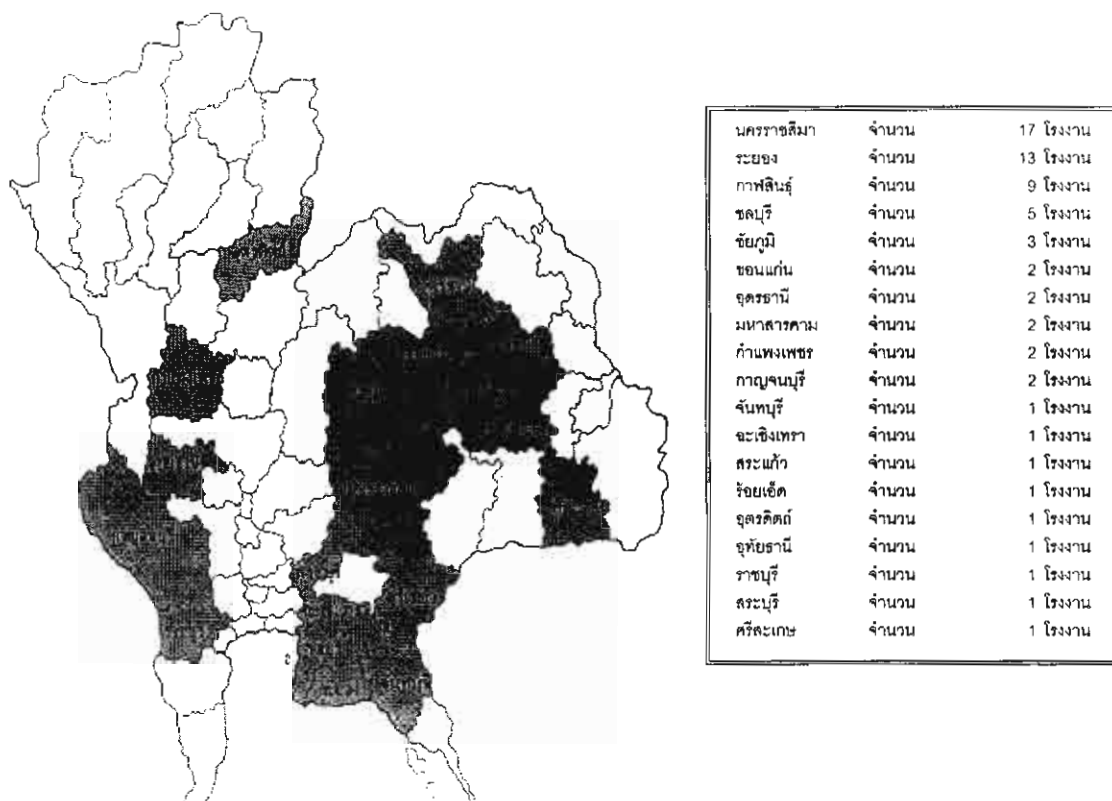
1) อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังชนิด Native Starch หรือที่เรียกว่า "แป้งดิบ" เป็นการนำหัวมันสำปะหลังมาผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ เพื่อให้ได้แป้งมัน โดยมีโรงงานจำนวน 66 แห่ง กระจายอยู่ตามภาคต่างๆ ของประเทศ (รูปที่ 3.1-1) ระบบการผลิตที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นแบบสลับแห้ง ซึ่งสามารถแบ่งสายการผลิตตามขนาดของโรงงานได้เป็น

- โรงงานขนาดใหญ่ มีปริมาณการผลิตแป้งได้มากกว่า 200 ตันต่อวัน
- โรงงานขนาดกลาง มีปริมาณการผลิตแป้งอยู่ระหว่าง 100-200 ตันต่อวัน
- โรงงานขนาดเล็ก มีปริมาณการผลิตสูงสุด 100 ตันต่อวันหรือน้อยกว่า

2) อุตสาหกรรมผลิตแป้งดัดแปร (Modified Starch) เป็นการนำแป้งมันสำปะหลังมาเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมี/ฟิสิกส์จากเดิมด้วยความร้อน หรือสารเคมีชนิดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในต่อไป ผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรจะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ ได้แก่ อาหาร กระดาษ กาว สี ยิบซัม ทอผ้า และยางรถยนต์ เป็นต้น

3) อุตสาหกรรมผลิตแป้งแปรรูป (Starch Derivatives) หรืออุตสาหกรรมสารให้ความหวานเป็นการนำแป้งมันสำปะหลังมาเปลี่ยนสภาพให้เป็นน้ำตาล โดยผ่านกรรมวิธีการย่อยด้วยเอนไซม์แล้วเพิ่มความเข้มข้นด้วยความร้อนก็จะได้สารให้ความหวาน ได้แก่ กลูโคส (Glucose) ซอร์บิตอล (Sorbitol) ฟรุคโตส (Fructose) อุตสาหกรรมผลิตแป้งแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมที่ลงทุนสูง เนื่องจากต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและยังขยายตลาดได้ยาก

รูปที่ 3.1-1 การกระจายตัวของโรงงานผลิตแป้งมัน (Native Starch) ในประเทศไทย



ที่มา: สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2540. และสมาคมการค้าอุตสาหกรรมมันสำปะหลังไทย. 2543.

3.1.1 การตลาดและแนวโน้ม

3.1.1.1 การตลาด

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งที่เป็นอาหารและที่มีใช้ อาหารที่ก่อให้เกิดรายได้จากการส่งออกมากกว่าปีละ 10,000 ล้านบาท มันสำปะหลังสดที่ผลิตได้ ในปี 2541 มีประมาณ 15.76 ล้านตันหัวมันสด และเพิ่มขึ้นเป็น 18.75 และ 18.34 ล้านตัน หัวมันสดในปี 2542 และปี 2543 ตามลำดับ (ตารางที่ 3.1-1) มันสำปะหลังสดที่ผลิตได้ร้อยละ 55 ใช้ในการแปรรูปเป็นมันอัดเม็ดและมันเส้นเพื่อส่งออกไปตลาดหลัก คือ สหภาพยุโรป จีน และญี่ปุ่น ที่เหลือร้อยละ 45 ใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยส่งออกแป้งมันสำปะหลังไปจำหน่ายต่างประเทศ ได้แก่ ไต้หวัน ญี่ปุ่น จีน มาเลเซีย อินโดนีเซีย ร้อยละ 60 และอีกร้อยละ 40 ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ เช่น อาหาร สารให้ความหวาน เครื่องดื่ม ยาสีฟัน ยา เครื่องสำอางและผงชูรส เป็นต้น ปัจจุบันเริ่มมีการขยายตลาดไปยังตะวันออกกลาง ยุโรป อัฟริกาใต้และเอเชียใต้ โดยในปี 2542 มีปริมาณการส่งออกแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันดัดแปรรวมทั้งสิ้น 1,030,779 ตัน คิดเป็นมูลค่า 10,424 ล้านบาท (ตารางที่ 3.1-2)

ตารางที่ 3.1-1 ผลผลิตมันสำปะหลังสดที่ผลิตในปี 2541-2543

หน่วย : ล้านตันหัวมันสด

	ปี 41/42	ปี 42/43	ปี 43/44	การเปลี่ยนแปลง (%)
ผลผลิตโลก	163.00	167.70	N/A	-
ผลผลิตไทย	15.76	18.75	18.34	-2.19
การใช้ภายในประเทศ	4.02	4.35	4.42	1.61

ที่มา: สำนักวิชาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน, 2544.

ตารางที่ 3.1-2 สถิติการส่งออกแป้งมันสำปะหลังและแป้งดัดแปร ปี 2542

ประเทศ	แป้งมันสำปะหลัง			แป้งดัดแปร		
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	มูลค่า (ล้านดอลลาร์)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	มูลค่า (ล้านดอลลาร์)
ไต้หวัน	300,120.763	1,913,545,744	39.72	5,848.866	84,695,850	1.51
มาเลเซีย	80,999.915	492,084,976	10.21	10,073.750	215,794,090	3.85
ญี่ปุ่น	77,922.213	509,974,803	10.59	178,015.522	2,817,694,503	50.25
ฮ่องกง	51,783.206	300,444,669	6.24	776.500	14,241,605	0.25
จีน	34,968.715	448,081,970	9.30	26,564.809	514,007,173	9.17
อเมริกา	36,205.206	339,252,358	7.04	10,048.469	209,920,253	3.65
สิงคโปร์	38,547.514	239,045,515	4.96	12,854.415	232,716,842	4.15
ฟิลิปปินส์	16,380.520	96,196,491	2.00	4,945.700	88,843,121	1.58
อินโดนีเซีย	11,834.890	70,160,841	1.48	37,113.050	685,778,259	12.23
อัฟริกาใต้	10,141.400	81,160,648	1.68	5,044.900	67,814,608	1.21
อื่นๆ	40,300.422	327,484,438	7.00	40,318.008	675,447,681	12.00
รวม	699,175.659	4,817,432.453	100.00	331,603.989	5,606,953.985	100.00

ที่มา: กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์ อ้างโดย สมาคมการค้าอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังไทย, 2543.

3.1.1.2 แนวโน้ม

อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูป ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สามารถก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มได้ในหลายรูปแบบ ส่งผลให้เกิดการขยายตัวของอุตสาหกรรมแป้งมันในประเทศ และการขยายตัวอุตสาหกรรมต่อเนื่องภายในประเทศ ในอนาคตอุตสาหกรรมแปรรูปที่ใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบจะสามารถเติบโตได้ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ต่อปี เนื่องจากมีปัจจัยสนับสนุน คือ การเติบโตของตลาดในประเทศ และผลการเจรจาอบอุรุกวัย (GATT) มีผลทางตรงต่อการเปิดตลาดของประเทศที่กีดกันการนำเข้า แต่ไทยมีข้อจำกัดในการที่จะพัฒนาอุตสาหกรรมแป้งมันแปรรูปคือ การผลิตที่ต้องอาศัยเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ปัญหาในเรื่องของคุณภาพของน้ำและไฟฟ้าและปัญหาจากคู่แข่งทางการค้าในการผลิตแป้งมันจากต่างประเทศซึ่งมีคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีกว่า ซึ่งเป็นอุปสรรคในการเติบโตของอุตสาหกรรม

3.1.2 ปัญหาของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ปัญหาของอุตสาหกรรมมันสำปะหลัง สามารถแยกออกได้เป็น 3 ด้าน คือ ด้านวัตถุดิบ ด้านการผลิตผลิตภัณฑ์ และด้านการตลาด ซึ่งสรุปได้ดังนี้

3.1.2.1 ด้านวัตถุดิบ

1) การกระจายตัวของพันธุ์มันสำปะหลังที่เป็นพันธุ์ดีไปสู่เกษตรกรไม่ทั่วถึง

2) ปัญหาความไม่มั่นคงในอาชีพของเกษตรกรเนื่องจากรายได้ไม่แน่นอนทำให้เกษตรกรบางส่วนเปลี่ยนไปเพาะปลูกพืชอื่นทดแทนตลอดเวลา ซึ่งมีผลเชื่อมโยงไปสู่ปริมาณ วัตถุดิบที่ออกสู่ตลาดจะไม่มี ความแน่นอน ทำให้ผู้ประกอบการที่ต้องการใช้วัตถุดิบอย่างต่อเนื่องไม่สามารถวางแผนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) ความสม่ำเสมอของปริมาณแป้ง (Starch Content) ในหัวมันขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น ฤดูฝนปริมาณแป้งในหัวมันจะลดลง

3.1.2.1.1 ด้านการผลิตผลิตภัณฑ์

- 1) อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง
- 1.1) ปริมาณวัตถุดิบ ไม่มีความสม่ำเสมอ และราคาวัตถุดิบมีแนวโน้มผันแปรอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้การเน่าเสียของหัวมันหลังการเก็บเกี่ยว สภาพการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพของคาร์โบไฮเดรต มีผลทำให้ปริมาณและคุณภาพแป้งลดลง
- 1.2) การจัดหาแหล่งน้ำและการปรับปรุงน้ำใช้ โดยส่วนรวมยังขาดประสิทธิภาพ ทั้งนี้เพราะระบบน้ำใช้ของโรงงานถือเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการผลิต เนื่องจากแป้งไม่ละลายน้ำ (เย็น) แต่ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น สารไม่บริสุทธิ์ต่างๆ (โปรตีน เกลือแร่) สามารถละลายหรือแขวนลอยในน้ำได้ น้ำจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวสกัดและทำบริสุทธิ์ในกระบวนการผลิต ดังนั้นความบริสุทธิ์ของน้ำจึงเป็นเรื่องที่สำคัญโดยมีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงคือ แหล่งน้ำใช้และการปรับปรุงน้ำใช้ นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำจำนวนมากในการผลิตด้วย ในส่วนของน้ำทิ้ง การกำจัดน้ำทิ้ง หรือการใช้ประโยชน์จากน้ำทิ้ง ก็มีผลสำคัญหากมีการบำบัดถูกวิธี นอกจากจะไม่สร้างมลภาวะให้กับสิ่งแวดล้อมแล้วยังสามารถนำมาผลิตเป็นก๊าซชีวภาพ หรือการผลิตสาหร่ายเกลียวทอง เป็นต้น
- 1.3) ระบบการผลิตยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ซึ่งจะมีผลต่อการสกัดแป้งจากหัวมัน ก่อให้เกิดการสูญเสียแป้งจากจุลินทรีย์ และการสูญเสียแป้งในระหว่างการอบแห้ง รวมทั้งการใช้น้ำในปริมาณมาก ทำให้มีต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
- 1.4) ระบบการผลิตไม่ก่อให้เกิดการประหยัดการใช้พลังงาน พลังงานเป็นต้นทุนที่ค่อนข้างสูงและเป็นค่าใช้จ่ายที่สำคัญในกระบวนการผลิต โดยเฉพาะในการล้าง การม่หัวมัน

และการอบแห้ง ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน (จากการเผาเชื้อเพลิง) จึงทำให้มีการสูญเสียหรือสิ้นเปลืองมาก

1.5) ปัญหาการใช้กำลังการผลิตไม่เต็มที่ โดยส่วนใหญ่โรงงานจะใช้กำลังการผลิตประมาณร้อยละ 60 เนื่องจากมีผลผลิตเข้าโรงงานบางช่วง บางช่วงไม่สามารถเดินเครื่องจักรได้เพราะไม่มีวัตถุดิบ

1.6) เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตค่อนข้างเก่าและไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง

2) อุตสาหกรรมแปรรูป

2.1) ราคาวัตถุดิบมันสำปะหลังมีความผันผวน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับพืชผลการเกษตรโดยทั่วไป ที่ราคามีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณผลผลิต และความต้องการของตลาด

2.2) ต้องนำเข้าเอนไซม์และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งยังไม่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ เนื่องจากต้องอาศัยเทคโนโลยีที่ทันสมัย

2.3) ขาดการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ที่จะเป็นส่วนเสริมให้เกิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ที่มีคุณภาพ มีสมบัติเฉพาะตัว และมีความบริสุทธิ์สูง เพื่อสร้างตลาดใหม่ๆ ที่แตกต่างจากตลาดเดิมที่มีการแข่งขันสูงทั้งด้านประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์และราคาจำหน่าย

3) อุตสาหกรรมแปรรูป

3.1) ขาดการวิจัยผลิตภัณฑ์และการดัดแปรอย่างต่อเนื่องทำให้การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแปรรูปยังมีขีดจำกัด เนื่องจากการวิจัยและพัฒนาต้องใช้งบประมาณจำนวนมากและใช้เวลานาน การลงทุนผลิตจึงเป็นการร่วมลงทุนกับต่างประเทศเพื่อใช้เทคโนโลยีของบริษัทแม่ หรือซื้อเทคโนโลยีการผลิต ทำให้เทคโนโลยีที่ใช้ในประเทศไทยในปัจจุบันสามารถผลิตแปรรูปที่มีคุณภาพอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางเท่านั้น

3.2) การส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการใช้แป้งมันสำปะหลังและแปรรูปเพื่อทดแทนหรือขยายการใช้ไปสู่ผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ น้อย แป้งดิบและแปรรูปได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตอาหารสำเร็จรูปมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติที่สามารถใช้ทดแทนแป้งจากธัญพืชชนิดอื่นๆ ได้ และมีราคาถูกกว่า

3.3) ยังไม่มีการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงขึ้นในประเทศ เช่น การแปรรูปทางเคมีที่สำคัญๆ เป็นต้น

3.4) ขาดแคลนบุคลากรที่เชี่ยวชาญในด้านเทคนิคการผลิตแปรรูป

4) การผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

4.1) ขาดองค์กรที่ทำหน้าที่ด้านการวิจัยและพัฒนาที่มีความเข้มแข็ง

4.2) ขาดเทคโนโลยีที่จำเป็นต่อการวิจัยและการวิจัยพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ รวมทั้งนักวิจัยที่มีประสบการณ์เฉพาะสาขา

4.3) ขาดการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากการวิจัยและพัฒนาที่มีอยู่อยู่ในระดับห้องปฏิบัติการ การพัฒนาเทคโนโลยีในขั้นต่อไปต้องอาศัยการสนับสนุนจากต่างประเทศโดยเฉพาะด้านผู้เชี่ยวชาญ

4.4) ขาดอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานวิจัยนำร่อง

4.5) ขาดแหล่งเงินทุนในการสนับสนุนการซื้อเทคโนโลยีที่จำเป็นจากต่างประเทศ

3.1.2.2 ด้านการตลาด

1) ขาดการประชาสัมพันธ์ให้ผู้บริโภคมีความรู้ความเข้าใจถึงการใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังอย่างแพร่หลาย

2) ตลาดต่างประเทศมีการแข่งขันมากทั้งด้านราคาและคุณภาพโดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากแป้งประเภทอื่นที่สามารถให้ทดแทนกันได้ เช่น แป้งข้าวโพด

3) ขาดแหล่งข้อมูลที่มีประสิทธิภาพที่จะเป็นที่ยอมรับรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนการผลิต และการตลาดเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

4) ขาดการสนับสนุนจากภาครัฐด้านภาษีการส่งออก

3.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีหลักการสำคัญคือ การสกัดแป้งออกจากเซลของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้น้ำเป็นตัวสกัด เนื่องจากโปรตีน เกลือแร่ และสิ่งแปลกปลอมอื่นๆ ในหัวมันสามารถละลายในน้ำได้ดี แล้วใช้เครื่องแยกชนิดหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Separator) ในอัตรารอบสูงๆ ให้โปรตีนและสิ่งแปลกปลอมต่างๆ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างจากแป้งแยกออกไป เพื่อให้ได้แป้งที่มีความบริสุทธิ์ โดยขั้นตอนทั่วไปในการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีดังนี้

3.2.1 การกำจัดเศษหัวมันสำปะหลัง

ในระหว่างการเก็บเกี่ยว ต้องกำจัดเศษดิน หวาย และเหง้าที่ติดบนหัวมันสำปะหลังออกมาให้หมด เนื่องจากเศษเหล่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปอกเปลือก การขูดและบดหัวมันลดลง รวมทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณของเสียที่โรงงานต้องกำจัดทิ้งด้วย

3.2.2 การรับและตรวจสอบคุณภาพหัวมันสำปะหลัง

หลังจากที่หัวมันสำปะหลังส่งมายังโรงงานและผ่านการชั่งน้ำหนัก รวมทั้งการสุ่มตัวอย่าง นำมาวัดความหนาแน่น เพื่อประมาณปริมาณของเชื้อแป้งในหัวมันโดยอาศัยหลักการลอยตัว (Bouyancy) ของวัตถุในของเหลวแล้วจะนำหัวมันมาเทรวมกันไว้บนลานตาก เพื่อรอเข้าสู่กระบวนการผลิตต่อไป

3.2.3 การเตรียมหัวมันสำปะหลัง

1) การกำจัดเศษดิน/ทราย

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วลำเลียงโดยใช้รถดักตกหัวมันลงสู่ถังปล่อยหัวมัน (Root Hopper) แล้วผ่านระบบสายพานเข้าสู่เครื่องร่อนดินทราย (Root Siever) เพื่อกำจัดดิน/ทรายที่ติดมากับหัวมัน และทำให้ผิวหน้าของหัวมันหลุดออก

2) การปอกเปลือกและล้างหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านจากเครื่องร่อนทรายจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องปอกเปลือกและเครื่องล้างหัวมัน (Root Washer) โดยใช้วิธีฉีดน้ำพ่นเป็นฝอย ซึ่งน้ำที่ใช้ล้างหัวมันส่วนใหญ่จะใช้น้ำหมุนเวียนจากกระบวนการผลิต และเศษเปลือกมันจะถูกเก็บรวบรวมเพื่อขายให้แก่เกษตรกรที่จะนำไปใช้ในการเพาะเห็ด

3.2.4 การบดหัวมันสำปะหลัง

1) การสับและชูดหัวมันสำปะหลัง

หัวมันที่สะอาดจะส่งไปยังเครื่องสับหัวมัน (Root Chopper) เพื่อสับหัวมันให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1-2 นิ้ว แล้วผ่านเข้าเครื่องชูดหัวมันซึ่งอยู่ด้านล่างทำให้ได้มันสำปะหลังชิ้นละเอียดยิ่งขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแป้ง จากนั้นผ่านเข้าเครื่องไม้ (Rasper) เพื่อบดหัวมันที่ผ่านการสับแล้ว เติมน้ำเพื่อให้สามารถไม่หัวมันได้ง่ายขึ้น โดยมากจะเป็นน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นการประหยัดน้ำและลดการสูญเสียแป้งไปกับน้ำทิ้ง ขั้นตอนนี้จะได้ของเหลวข้น (Middle Fresh Pulp) ที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมัน และ Fruit Water หรือสิ่งเจือปนต่างๆ

2) การแยก Fruit Water

เนื่องจากหัวมันสำปะหลังสดมีน้ำเป็นองค์ประกอบมากถึงประมาณ 60-70% และใน Fruit Water ยังมีสารอาหารที่จำเป็นต่อพืช ได้แก่ โพแทสเซียม สารประกอบไนโตรเจน และสารประกอบฟอสฟอรัส ในปริมาณสูง ซึ่งจุลินทรีย์สามารถย่อยสลายได้ง่ายทำให้เกิดสารประกอบ อัลกอฮอล์และกรดอินทรีย์ ดังนั้นถ้าไม่มีการแยก Fruit Water ออกมาจากน้ำแป้งจะทำให้คุณภาพแป้งที่ได้ต่ำลง

การแยก Fruit Water ทำได้โดยการใช้เครื่องดีแคนเตอร์ (Decanter) ซึ่งใช้หลักของแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ดีแคนเตอร์จะแยกน้ำทิ้งที่มีไขมันและโปรตีนซึ่งเป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่รวมทั้งพวกเส้นใยและกากออกจากเนื้อแป้ง โดยเนื้อแป้งจะถูกแรงเหวี่ยงแยกออกเป็นน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงและไหลตามเกลียวออกจากเครื่อง เพื่อเข้าสู่หน่วยสกัดและแยกกากต่อไป อย่างไรก็ตาม โรงงานบางแห่งไม่มีการแยก Fruit Water ด้วยเครื่องดีแคนเตอร์

3.2.5 การสกัดแป้ง

หลังจากที่ทำการแยก Fruit Water ออกจากหัวมันสำปะหลังแล้ว กากมันจะถูกเติมน้ำและถูกนำเข้าสู่เครื่องสกัดแป้ง (Extractor) เพื่อแยกเซลลูโลส (เส้นใยและกาก) ออกจากน้ำแป้ง เรียกกันในโรงงานว่า "เทอร์โบ" (Turbo) โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบหลายครั้ง (Multi-Stage Extractor) โรงงานจึงต้องวางเครื่องมือนี้ใช้งานเป็นชุดต่อกันประมาณ 4-6 ชุด ในแต่ละชุดมี 6-12 เครื่อง และมีการแบ่งน้ำที่ออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดสกัดหยาบ (Coarse Extractor) โดยใช้ตะแกรงสแตนเลส และชุดสกัดละเอียด (Fine Extractor) โดยใช้ผ้ากรอง

การทำงานของเครื่องสกัดแป้งทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงใช้หลักของแรงหนีศูนย์กลาง (Continuous Perforatebasket Centrifugal) ในขณะที่เครื่องหมุนอยู่ก็จะมีน้ำแป้งส่งเข้ามาตลอดเวลา ในขณะเดียวกันก็จะมีการฉีดน้ำเข้ามาอย่างสม่ำเสมอแบบสวนทิศทางของ (Counter-Current) และมีการใช้น้ำกำมะถันและน้ำดีช่วยในการสกัดแป้งจากกากอ่อน น้ำกำมะถันช่วยกำจัดการเกิดเมือกที่จะไปอุดตันแผนกรอง ป้องกันการสูญเสียแป้งจากจุลินทรีย์ และช่วยฟอกสีแป้งให้ขาว ส่วนน้ำทิ้งจากการสกัดแป้งนี้จะนำกลับไปใช้ในขั้นตอนการล้างหัวมันหรือการไม่ต่อไป ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดการของแต่ละโรงงาน

3.2.6 การแยกแป้ง

น้ำแป้งจากการสกัดละเอียดจะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นขึ้นโดยผ่านเข้าเครื่องแยกแป้ง (Separator) เพื่อแยกแป้งในรูปสารละลายคอลลอยด์ออกจากน้ำแป้ง ทำให้น้ำแป้งที่ได้มีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยกให้น้ำและสิ่งเจือปนไหลผ่านไวด้านบนของเครื่อง น้ำทิ้งส่วนนี้สามารถนำไปใช้หมุนเวียนในกระบวนการผลิตขั้นต้น เช่น การล้างหัวมัน การสกัดแป้ง เป็นต้น ส่วนน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นมากกว่าจะไหลออกด้านล่าง เพื่อเข้าสู่เครื่องแยกแป้งเครื่องถัดไป จนได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อเข้าหน่วยสกัดแห้งต่อไป

ขั้นตอนการแยกแป้งสามารถใช้ไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) แทนได้ โดยน้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าส่วนบนด้านข้าง แล้วจะหมุนรอบๆ ภายในกระบอกจนเกิดแรงปั่นเหวี่ยงทำให้น้ำแป้งตกลงสู่ด้านล่าง น้ำจะแยกออกที่ส่วนบน ซึ่งไม่ต้องใช้มอเตอร์ในการหมุนให้เกิดแรงปั่นเหวี่ยงเหมือนเครื่อง

แยกแป้ง ทำให้ประหยัดพลังงาน สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายเพียงแคเปิดปิดวาล์วด้านบน โดยปัจจุบันมีการนำไฮโดรไซโครนมาใช้ในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังบางแห่งแล้ว

3.2.7 การสลัดแห้ง

เป็นการเหวี่ยงน้ำออกจากน้ำแป้งเข้มข้น โดยใช้เครื่องสลัดแห้ง (Centrifuge) น้ำแป้งจะถูกปั่นเข้าสู่เครื่อง ซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์เกิดแรงเหวี่ยงที่ผลักดันน้ำในน้ำแป้งชั้นให้ซึมผ่านผ้ากรอง น้ำที่ผสมในน้ำแป้งจะซึมผ่านผ้ากรองออกไปด้านล่าง เรียกน้ำส่วนนี้ว่า "หางน้ำแป้ง" ซึ่งจะนำกลับไปใช้ยังเครื่องแยกแป้ง ส่วนเนื้อแป้งจะถูกกรองและเกาะติดบนผิวผ้ากรอง แป้งที่ได้นี้เรียกว่า "แป้งหมาด" (Starch Cake) ที่มีความชื้นประมาณ 32-38 เปอร์เซ็นต์ ก่อนที่จะส่งไปยังหน่วยอบแป้งต่อไป

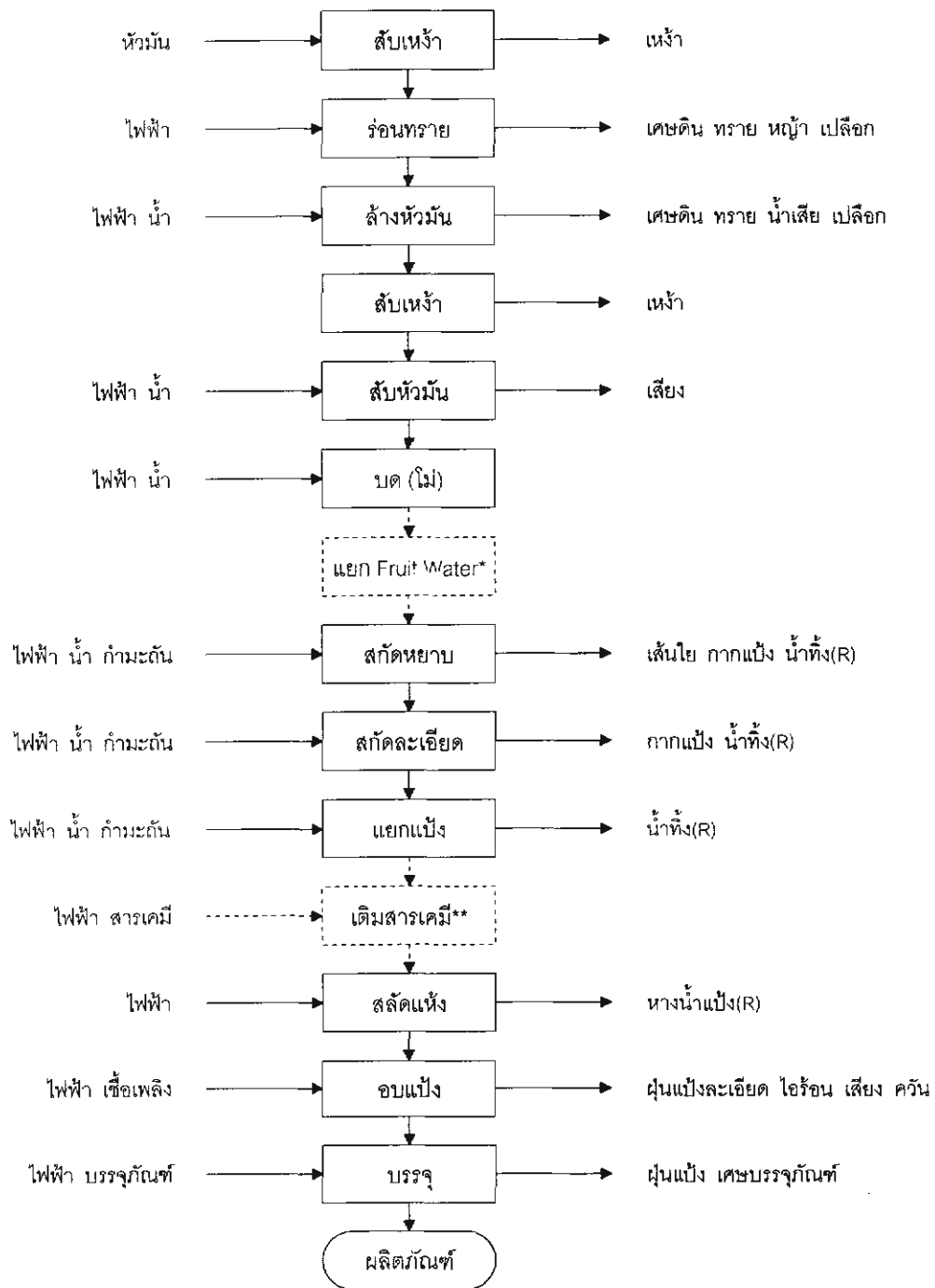
3.2.8 การอบแป้ง

การอบแป้งจะอบแป้งขึ้นจากเครื่องสลัดแป้งโดยลำเลียงผ่านเกลียวเข้าสู่ปล่องอบแห้ง แป้งจะถูกเป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 150-200 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับอัตราการเข้าและความชื้นของแป้ง ลมจะพัดแป้งขึ้นไปตามปล่องอบแห้งแล้วตกลงสู่ไซโคลน (Cyclone) แป้งมันที่ได้จากไซโคลนจะเป็นแป้งที่แห้งและละเอียดแต่ยังร้อนอยู่ จึงต้องผ่านแป้งร้อนนี้เข้าสู่ไซโคลนเย็น (Cooling Cyclone) ก่อนที่จะปล่อยลงสู่เครื่องร่อนแป้ง (Sifter) เพื่อคัดแป้งหยาบและแป้งละเอียด สำหรับการบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

สำหรับการผลิตแป้งมันดัดแปร (Modified Starch) จะเพิ่มกระบวนการเติมสารเคมีผสมเข้ากับน้ำแป้งหลังจากกระบวนการแยกแป้ง เพื่อเปลี่ยนสถานะของแป้งให้ได้ตามคุณสมบัติที่ต้องการ จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการสลัดแห้ง และอบแป้งเช่นเดียวกับการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

จากขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลังข้างต้น สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.2-1 ดังนี้

รูปที่ 3.2-1 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง



หมายเหตุ: น้ำทิ้ง(R) คือ น้ำทิ้งที่มีการนำกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการล้างหัวมันและการไม่

หางน้ำแป้ง(R) คือ น้ำแป้งที่มีการนำกลับเข้ากระบวนการแยกแป้ง

* หมายถึง ขั้นตอนการแยก Fruit Water ด้วยดีแคนเตอร์ (สำหรับบางโรงงาน)

** หมายถึง ขั้นตอนของโรงงานผลิตแป้งดัดแปร ซึ่งจะมีการเพิ่มขั้นตอนการเติมสารเคมีในถังปฏิกริยา (Reaction Tank) ก่อนนำไปสลัดแป้ง

3.3 ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเมื่อพิจารณาตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ คือ

- 1) ก่อนผลิต หมายถึง ช่วงก่อนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ การปลูกมันสำปะหลัง
- 2) ขณะผลิต หมายถึง ช่วงในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง
- 3) ขณะขนส่ง/กระจายสินค้า หมายถึง ช่วงการขนส่งแป้งมันสำปะหลังไปสู่ลูกค้าหรือผู้บริโภค
- 4) ขณะใช้ หมายถึง ช่วงที่ลูกค้าหรือผู้บริโภคนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้
- 5) ทิ้งหลังใช้ หมายถึง ช่วงการทิ้งของเสียซึ่งเป็นผลจากการใช้แป้งมันสำปะหลัง

โดยในช่วงขณะผลิต จะเป็นช่วงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนช่วงก่อนผลิตขนส่ง/กระจายสินค้า ขณะใช้ และทิ้งหลังใช้ จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย ดังตารางที่ 3.3-1

ตารางที่ 3.3-1 การประเมินวงจรผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลัง

ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม		วงจรผลิตภัณฑ์									
		ก่อนผลิต		ขณะผลิต		ขณะขนส่ง/กระจายสินค้า		ขณะใช้		ทิ้งหลังใช้	
		N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
การใช้ทรัพยากร	วัตถุดิบ	○	●	●	●	○	○	○	●	X	X
	น้ำ	○	○	●	●	X	X	●	●	X	X
	พลังงาน	○	○	●	●	○	○	●	●	○	○
การปล่อยมลพิษสู่	น้ำ	○	○	●	●	X	X	○	○	X	X
	อากาศ	○	○	○	●	○	○	○	○	X	X
	ดิน	○	○	○	●	X	X	○	○	X	X
การเกิดของเสียอันตราย		X	X	●	●	X	X	○	○	X	X
การเกิดกากของเสีย		○	○	○	●	○	○	○	○	○	○
ผลกระทบอื่นๆ		X	X	○	●	○	○	○	○	X	X

หมายเหตุ: N หมายถึง การผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Native Starch)

M หมายถึง การผลิตแป้งดัดแปร (Modify Starch)

X หมายถึง ไม่มีผลกระทบ

○ หมายถึง มีผลกระทบ

● หมายถึง มีผลกระทบปานกลาง

● หมายถึง มีผลกระทบมาก

ปัญหาสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การใช้ทรัพยากร และมลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การใช้ทรัพยากร

3.3.1.1 การใช้น้ำ

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีการใช้น้ำปริมาณมากในกระบวนการผลิต เพื่อทำความสะอาดหัวมันและใช้ในการเปลี่ยนสมบัติของหัวมันให้เป็นสารละลายคอลลอยด์ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำบาดาล

3.3.1.2 การใช้พลังงาน

พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งใช้สำหรับเครื่องจักรที่มีแรงม้าสูง นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำมันเตาหรือกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาน้ำมันร้อน (Hot Oil Boiler) ในส่วนการอบแป้งให้แห้ง

3.3.1.3 การใช้สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะเป็นกำมะถันก้อน ซึ่งใช้สำหรับเพิ่มคุณภาพของแป้งให้มีความขาวมากขึ้น โดยนำกำมะถันก้อนไปเผาแล้วนำควันที่ได้ไปผ่านน้ำเพื่อให้ได้กรดซัลฟิวรัส (H_2SO_3) หรือบางแห่งอาจมีการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ($Na_2S_2O_5$) ในกระบวนการสกัดและแยกแป้ง ปริมาณกำมะถันที่ใช้จะขึ้นกับชนิดของแป้งที่ทางโรงงานผลิตและเทคนิคในการฟอกขาว บางโรงงานได้พัฒนาเทคนิคการผลิตจนไม่จำเป็นต้องใช้กำมะถันในการฟอกขาวต่อไป อย่างไรก็ตาม การใช้กำมะถันก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ปลอยไปสู่อากาศ ซึ่งก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อรวมกับน้ำฝนจะทำให้เกิดฝนที่มีค่าความเป็นกรด ซึ่งสามารถทำให้หลังคาถังกะสิญกร่อน นอกจากนี้ยังทำให้น้ำเสียมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ต่ำประมาณ 3-4 ซึ่งเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดกลิ่นรุนแรงต่อไป

3.3.2 มลพิษที่เกิดจากกระบวนการผลิต

3.3.2.1 มลพิษทางน้ำ

เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังโดยส่วนใหญ่จะมีการใช้น้ำปริมาณมากจึงเกิดน้ำเสียจำนวนมากเช่นกัน ดังนั้นน้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะเกิดน้ำเสียจากขั้นตอนการผลิตต่างๆ ได้แก่ น้ำเสียจากการล้างหัว Fruit Water จากเครื่องตีแคนเตอร์ น้ำเสียจากการอัดกาก และน้ำเสียจากการเพิ่มความเข้มข้นของน้ำแป้งและการสลับแห้ง ซึ่งน้ำเสียแต่ละขั้นตอนมีลักษณะต่างๆ กัน ดังตารางที่ 3.3-2

จากการที่น้ำเสียเป็นประเด็นปัญหาหลักของกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังโรงงานส่วนใหญ่จึงมีการแยกน้ำเสียจากแต่ละขั้นตอนการผลิต และนำกลับไปใช้ในกระบวนการผลิตอีกครั้ง ซึ่งสามารถลดปริมาณน้ำทิ้งลงได้ส่วนหนึ่ง นอกจากนี้ยังแยกวัสดุเศษเหลือที่เป็นของเหลวบางส่วนออกจากน้ำเสียรวม โดยเฉพาะ Fruit Water ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยในพื้นที่เกษตรได้ การจัดการน้ำเสียของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อเปิดธรรมชาติ โดยมีการขุดบ่อเปิดหลายๆ บ่อ และปล่อยน้ำล้นออกไป ซึ่งบางแห่งนำน้ำจากบ่อสุดท้ายไปรดไร่อ้อยและไร่ยูคาลิปตัสบริเวณใกล้เคียง

3.3.2.2 กากของเสีย

กากของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นผลิตภัณฑ์จาก ธรรมชาติ ทั้งหมด เช่น เศษเหง้าและเปลือกของหัวมัน (Tapioca Root Pulp) กากมัน (Tapioca Pulp) ดิน และทราย ซึ่งของเสียเหล่านี้มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นของเสียเหล่านี้จึงสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งในรูปของปุ๋ย อาหารสัตว์ และใช้ในการเพาะเห็ด

3.3.2.3 มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากหม้อไอน้ำ ซึ่งเชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นน้ำมันเตาเกรด C ที่มีกำมะถันเป็นส่วนผสมประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มลสารที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตยังมีฝุ่นที่เกิดจากการฟุ้งกระจายของแป้งจากขั้นตอนการบรรจุซึ่งไม่เป็นอันตราย

3.3.2.4 มลพิษเสียง

เนื่องจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังมีการใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ ทำให้เกิดเสียงดังโดยเฉลี่ยสูงกว่า 80 เดซิเบล ซึ่งเป็นระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพพนักงาน หากได้รับเป็นเวลานาน

3.3.2.5 กลิ่น

โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง จะมีกลิ่นเหม็นก่อให้เกิดความรำคาญให้กับพนักงาน และชาวบ้านบริเวณใกล้เคียง โดยแหล่งกำเนิดกลิ่นเหม็นที่สำคัญ ได้แก่ บริเวณการเตรียมน้ำกำมะถันซึ่งจะมีกลิ่นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ บริเวณบ่อบำบัดน้ำเสียจะมีกลิ่นเหม็นจากก๊าซที่สร้างโดยจุลินทรีย์แบบไร้อากาศและจากกากมันสำปะหลังสด

ตารางที่ 3.3-2 ลักษณะน้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

แหล่งกำเนิด	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน/ชั่วโมง)	บีโอดี		ซีโอดี		ของแข็ง แขวนลอย		ไนโตรเจน		ฟอสฟอรัส		โพแทสเซียม		แมกนีเซียม	
		mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton	mg/l	kg/ton
น้ำเสียจาก การล้างหัวมัน	1.6	2	3.2	5	8	4	6.4	0.1	0.16	0.04	0.064	1.0	1.6	0.5	0.8
Fruit Water	1.0	20	20	40	40	6	6	0.6	0.6	0.09	0.09	2.0	2.0	1.5	1.5
น้ำทิ้งจาก เครื่องอัดกาก	0.2	6	1.2	11.5	2.3	2.4	0.48	0.11	0.022	0.04	0.008	0.5	0.1	0.6	0.1
น้ำทิ้งจาก เครื่องแยกแป้ง	3.0	5	15	11	33	1.5	4.5	0.01	0.03	0.04	0.12	2.0	6.0	0.5	1.5
น้ำเสียรวม	5.8	6.8	39.44	14.4	83.52	3	17.4	0.15	0.87	0.05	0.29	1.6	9.3	0.7	4.1
น้ำทิ้งที่ผ่าน ระบบบำบัดน้ำเสีย	5.8	0.01- 0.10	0.058- 0.58	0.18- 0.60	1.04- 3.36	0.04- 0.52	0.23- 3.02	0.1	0.58	0.02	0.116	2.0	11.6	1.5	8.7

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2540.

3.4 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตแ่งมันสำปะหลัง

คณะผู้วิจัยได้คัดเลือกดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตแ่งมันสำปะหลังเพื่อสะท้อนลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญมีทั้งหมด 5 กลุ่ม แบ่งเป็นการใช้วัตถุดิบ การใช้พลังงาน การปล่อยสารมลพิษสู่น้ำ การปล่อยสารมลพิษสู่อากาศ และผลกระทบอื่นๆ ซึ่งได้แก่ เสียงและกลิ่น ดังแสดงในตารางที่ 3.4-1 ทั้งนี้ มีดัชนีที่จัดว่าสำคัญควรตรวจวัดจำนวน 11 ดัชนี

ตารางที่ 3.4-1 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตแ่งมันสำปะหลัง

ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อม	ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยวัด	ประเภทสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบ	ความสำคัญ
1. การใช้วัตถุดิบ	1.1 ปริมาณการใช้น้ำ	ลูกบาศก์เมตรต่อตันแ่ง	C	I	สำคัญ
	1.2 ประสิทธิภาพในการผลิตแ่ง = ร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้ x 100 ร้อยละของปริมาณเชื้อแ่งที่รับซื้อโดยเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์	C	I	สำคัญ
2. การใช้พลังงาน	2.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแ่ง	C	I	สำคัญ
	2.2 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา	ลิตรต่อตันแ่ง	C	I	สำคัญ
	2.3 ปริมาณการใช้แก๊ส	ตันต่อตันแ่ง	C	I	สำคัญ
3. การปล่อยสารมลพิษสู่น้ำ (ลักษณะน้ำทิ้ง บ่อสุดท้าย)	3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	L	I	สำคัญ
	3.2 สารแขวนลอย (SS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	L	E	สำคัญ
	3.3 บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	L	E	สำคัญ
	3.4 ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	L	E	-
4. การปล่อยสารมลพิษสู่อากาศ	4.1 ปริมาณ SO ₂ ปล่อย	ส่วนในล้านส่วน	L	E	สำคัญ
	4.2 ปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายบริเวณปฏิบัติงาน (เฉพาะการผลิตแ่งตัดแปรร)	ส่วนในล้านส่วน	L	E	สำคัญ
5. ผลกระทบอื่นๆ	5.1 ระดับเสียงภายในโรงงาน ณ บริเวณปฏิบัติงาน (สับเหง้า เครื่องโม่ เครื่องสไลด์แห้ง เครื่องเทอร์โบ และส่วนบรรจุ)	เดซิเบลเอ	L, H	I	-
	5.2 จำนวนการร้องเรียนของชุมชนในเรื่องกลิ่นเหม็น	ครั้งต่อปี	L, H, E	I	สำคัญ

หมายเหตุ: 1) C: ต้นทุน (Cost), L: กฎหมาย (Law), E: สิ่งแวดล้อม (Environment), H: สุขภาพอนามัยและความปลอดภัย (Health and Safety)

2) I (Internal) หมายถึง ดัชนีสิ่งแวดล้อมที่โรงงานสามารถตรวจวัดเองได้

E (External) หมายถึง ดัชนีสิ่งแวดล้อมที่โรงงานไม่สามารถตรวจวัดเองได้ ต้องให้หน่วยงานภายนอกทำการตรวจวัด

จากการพิจารณาดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตแ่งมันสำปะหลังข้างต้น จะได้ดัชนีที่มีความสำคัญ (Key indicators) ต่อการประเมินผลการดำเนินงาน

ด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ ปริมาณการใช้น้ำ ประสิทธิภาพในการผลิตแป้ง ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปริมาณการใช้น้ำมันเตา ปริมาณการใช้แกลบ ลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้าย ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระบายจากปากปล่อง ปริมาณสารเคมีที่ ปล่อยกระจายบริเวณปฏิบัติงาน และจำนวนการร้องเรียนของชุมชนจากผลกระทบด้านกลิ่นเหม็นจาก โรงงาน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามดัชนี โดยการสำรวจข้อมูลจากโรงงานตัว อย่างและจากแบบสอบถามที่ส่งให้กับโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั่วประเทศ รวมทั้งการรวบรวม ข้อมูลผลการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมจากหน่วยงานราชการ ได้แก่ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม โรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด และศูนย์วิเคราะห์และ ทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม(ทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค) ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของดัชนีสิ่งแวดล้อม กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ดังแสดงในตารางที่ 3.4-2

จากข้อมูลโรงงาน 12 แห่ง มีกำลังการผลิตรวมประมาณ 521,000 ตันต่อปี เทียบกับกำลัง การผลิตของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังทั่วประเทศ 66 แห่ง ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 2,000,000 ตันต่อปี จะคิดเป็นร้อยละ 26 ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ ส่วนค่าลักษณะน้ำทิ้งบ่อ สุดท้ายเก็บข้อมูลจากโรงงาน 62 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 94 ของโรงงานทั้งหมด (66 แห่ง)

ตารางที่ 3.4-2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีสิ่งแวดล้อมกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

รายละเอียด	หน่วยนับ	ค่าที่ตรวจได้จริง			ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ			ค่ารวม		
		จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	จำนวนโรงงาน	พิสัย
1. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง	5	9-17	13	4	3	13-22	18	5	9-22
2. ประสิทธิภาพในการผลิตแป้ง	เปอร์เซ็นต์	3	89-116*	103	13	3	94-123*	107	15	89-123*
3. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแป้ง	8	148-259	201	39	3	145-170	158	13	145-259
4. ปริมาณการใช้น้ำฝน	ลิตรต่อตันแป้ง	7	38-65	48	11	4	30-41	37	5	30-65
5. ปริมาณการใช้น้ำฝน	ตันต่อตันแป้ง	1	-	0.054	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-
6. ลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้าย										
6.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	33	4.7-10.0	8.6	0.9	29	5.6-9.6	8.2	0.6	4.7-10.0
6.2 สารแขวนลอย (SS)	มิลลิกรัมต่อลิตร	33	2-783	87	166	29	10-690	70	52	2-783
6.3 บีโอดี (BOD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	32	3-500	57	78	29	3-749	53	106	3-749
6.4 ซีโอดี (COD)	มิลลิกรัมต่อลิตร	27	13-667	189	129	3	13-150	81	66	13-667
7. ปริมาณ SO ₂ ณ ปากปล่อง	ส่วนในล้านส่วน	1	-	669	-	1	-	5	-	5-669
8. ปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายบริเวณปฏิบัติงาน (เฉพาะแป้งคัดแปร)	ส่วนในล้านส่วน	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9. ระดับเสียงภายในโรงงาน ณ บริเวณปฏิบัติงาน										
• สัมผัส	เดซิเบลเอ	6	83-93	87	4	1	-	90	-	83-93
• เครื่องจักร	เดซิเบลเอ	9	92-103	96	3	1	-	91	-	91-103
• เครื่องคัดแป้ง	เดซิเบลเอ	6	85-95	92	4	1	-	87	-	85-95

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยบัญชี	ค่าที่ตรวจวัดจริง ⁽¹⁾				ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ⁽²⁾				ค่ารวม ⁽³⁾			
		จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
• เครื่องเหวี่ยง	เดซิเบลเอ	9	88-97	93	3	1	-	91	-	10	88-97	93	3
• บรรจุ	เดซิเบลเอ	5	76-85	82	4	1	-	78	-	6	76-85	82	4
10. จำนวนการร้องเรียนของชุมชนในเรื่องกลิ่นเหม็น	ครั้งต่อปี	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

หมายเหตุ:

- (1) ค่าที่ตรวจวัดจริง ได้มาจากข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง 5 โรงงาน ข้อมูลจากศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมส่วนกลาง ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคตะวันออกและเหนือ ศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรมภาคตะวันออก และข้อมูลจากการดำเนินโครงการเทคโนโลยีสะอาดโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังของสำนักงานสิ่งแวดล้อม
 - (2) ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ได้มาจากข้อมูลแบบสอบถามชี้ทางสถาปัตยกรรมสิ่งแวดล้อมแหล่งให้กลุ่มอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง และข้อมูลผลการวิเคราะห์ที่โรงงานส่งให้กับสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด และการมีโรงงานอุตสาหกรรม
 - (3) ค่ารวม เป็นผลการรวมข้อมูลของ (1) และ (2)
N/A หมายถึง ไม่มีข้อมูล
- * ประสิทธิภาพในการผลิตแป้งมันคำผลิตภัณฑ์ (เกิน 100 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีสาเหตุมาจากโรงงานบางแห่งมีค่าร้อยละของแป้งที่รับซื้อน้อยกว่าร้อยละของปริมาณแป้งที่ผลิตได้ ทำให้อัตราประสิทธิภาพในการผลิตเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ (ดังรายละเอียดในหน้า 3-20 ถึง 3-21)

3.4.1 ดัชนีปริมาณการใช้น้ำ (ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง)

ปริมาณการใช้น้ำเป็นดัชนีบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของโรงงาน เนื่องจากในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง จะมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากในหลายขั้นตอน ได้แก่ การล้างหัวมัน การสับหัวมัน การบด/โม่ การสกัด การแยกแป้ง และการสลัดแห้ง ถึงแม้ว่าโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังบางแห่งจะใช้น้ำจากแหล่งน้ำชลประทาน หรือแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย แต่โรงงานจำเป็นต้องนำน้ำมาปรับคุณภาพก่อนใช้โดยใช้สารเคมี ได้แก่ สารส้ม โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) และต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับสูบน้ำเข้าสู่โรงงาน ทำให้มีต้นทุนในการใช้น้ำ นอกจากนี้การใช้น้ำมากยังก่อให้เกิดน้ำเสียมากตามมา ซึ่งมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นดัชนีปริมาณการใช้น้ำสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางการใช้น้ำอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพของโรงงานได้ การกำหนดให้หน่วยวัดเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในระยะเวลาดังกล่าว ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำระหว่าง 9-22 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง มีค่าเฉลี่ย 15 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง ซึ่งการที่โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีช่วงของค่าพิสัยต่างกันประมาณ 13 ลูกบาศก์เมตรต่อตันแป้ง มีสาเหตุจากการจัดการด้านการใช้น้ำของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น บางโรงงานมีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตมากปริมาณน้ำใช้ก็จะน้อย ส่วนบางโรงงานที่ต้องการควบคุมคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังอาจมีการเพิ่มจำนวนเครื่องแยกซึ่งจะใช้น้ำมากขึ้น และมีการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตลดลง หรือบางโรงงานที่มีการใช้เครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงจะใช้น้ำน้อยกว่าโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเก่า นอกจากนี้ปริมาณการใช้น้ำของโรงงานยังเกี่ยวข้องกับคุณภาพของหัวมันสำปะหลัง นั่นคือ โรงงานที่ใช้หัวมันสำปะหลังคุณภาพดี มีปริมาณเชื้อแป้งสูง และมีการปนเปื้อนของเศษดิน หวาย และเหง้าต่ำ จะใช้น้ำในกระบวนการผลิตน้อยกว่าโรงงานที่ใช้หัวมันสำปะหลังคุณภาพต่ำ

3.4.2 ดัชนีประสิทธิภาพในการผลิตแป้ง (ร้อยละ)

ประสิทธิภาพในการผลิตแป้ง เป็นดัชนีที่สามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบของโรงงาน หากประสิทธิภาพในการผลิตต่ำบ่งชี้ถึงการสูญเสียแป้งไปกับน้ำทิ้งและกากแป้งมาก ซึ่งเป็นการสูญเสียทรัพยากร และปริมาณการสูญเสียแป้งไม่ควรเกินร้อยละ 1-3 ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพในการผลิตแป้งของโรงงานสามารถใช้เป็นแนวทางในการลดต้นทุนของโรงงาน โดยใช้สำหรับการวางแผนการผลิตและการออกแบบปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีความเหมาะสมต่อไป ซึ่งประสิทธิภาพในการผลิตแป้งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพในการผลิตแ่ง} = \frac{\text{ร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้}}{\text{ร้อยละของปริมาณเชื้อแ่งที่รับซื้อโดยเฉลี่ย}} \times 100 \%$$

โดยที่ ร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้ = $\frac{\text{ปริมาณแ่งมันที่ผลิตได้ (ตัน)}}{\text{ปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ใช้ (ตัน)}} \times 100$

ร้อยละของปริมาณเชื้อแ่งที่รับซื้อโดยเฉลี่ย สามารถหาข้อมูลได้จากฝ่ายรับซื้อของโรงงาน ซึ่งจากการศึกษาของสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน (ปี 2540) พบว่า โดยเฉลี่ยในหัวมันสำปะหลังจะมีส่วนประกอบดังนี้

- ปริมาณเชื้อแ่งร้อยละ 20-30
- น้ำร้อยละ 60-70
- โปรตีนร้อยละ 1
- เยื่อใยร้อยละ 2
- ไขมันและน้ำมันร้อยละ 1
- เถ้าร้อยละ 0.9-2.4
- กรดไฮโดรไซยานิกร้อยละ 0.02

ปริมาณของเชื้อแ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์ของหัวมันสำปะหลัง อายุหัวมัน สภาพแวดล้อม และฤดูกาลเพาะปลูก

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังมีร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้ระหว่าง 23.09-28.24 เฉลี่ยร้อยละ 25.51 มีร้อยละของปริมาณเชื้อแ่งที่รับซื้อระหว่าง 18.82-28.06 เฉลี่ยร้อยละ 24.71 และมีประสิทธิภาพในการผลิตแ่งร้อยละ 89-123 มีค่าเฉลี่ย 105 (ตารางที่ 3.4-3)

ตารางที่ 3.4-3 ประสิทธิภาพในการผลิตแ่งของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง

โรงงาน	ร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้	ร้อยละของปริมาณเชื้อแ่ง	ประสิทธิภาพในการผลิตแ่ง
1	26.53	22.87*	116*
2	24.83	27.82	89
3	28.24	27.56*	102*
4	24.07	23.15*	104*
5	26.30	28.06	94
6	23.09	18.82*	123*
ค่าเฉลี่ย	23.09-28.24	18.82-28.06	89-123
ค่าเฉลี่ย	25.51	24.71	105
SD	1.87	3.73	13

หมายเหตุ : * โรงงานมีร้อยละของปริมาณเชื้อแ่งที่รับซื้อน้อยกว่าร้อยละของปริมาณแ่งที่ผลิตได้ ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตแ่งเกิน 100

อย่างไรก็ตาม ในการคำนวณโรงงานบางแห่งอาจมีประสิทธิภาพในการผลิตแบ่งเกิน 100 เนื่องจากโรงงานบางแห่งจะมีการหักเปอร์เซ็นต์วัสดุปนเปื้อน เช่น ดิน ททราย และเศษเหล็ก ซึ่งโดยปกติโรงงานจะหัก 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้การคำนวณได้ผลเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างเช่น

โรงงาน ก รับซื้อหัวมันสำปะหลัง 25 เปอร์เซ็นต์จำนวน 100 ตัน เมื่อนำมาผลิตแบ่ง มันจะสามารถผลิตได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 หากไม่มีการหัก 10 เปอร์เซ็นต์ โรงงานจะผลิตแบ่งได้ 25 ตัน
(คำนวณจาก 100 ตัน $\times$ 25/100 = 25 ตัน)

กรณีที่ 2 หากมีการหัก 10 เปอร์เซ็นต์ โรงงานคิดหักน้ำหนักวัสดุปนเปื้อนออก 10 ตัน ซึ่งจะเหลือปริมาณหัวมันสำปะหลังที่ใช้ในการผลิต 90 ตัน และจะสามารถผลิตแบ่งได้ 22.5 ตัน
(คำนวณจาก 90 ตัน $\times$ 25 /100 = 22.5 ตัน)

แต่ในความเป็นจริง ปริมาณวัสดุปนเปื้อนที่โรงงานหักน้ำหนักออกอาจมีปริมาณไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ เช่น หากมีปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาหักออกจากร้านหนักรวมจะได้หัวมันสำปะหลัง 95 ตัน ซึ่งจะสามารถผลิตแบ่งมันได้ 23.75 ตัน
(คำนวณจาก 95 ตัน $\times$ 25/100 = 23.75 ตัน)

เมื่อนำมาคำนวณประสิทธิภาพแบ่งจะเท่ากับ 105.56 เปอร์เซ็นต์* ซึ่งโดยปกติหากการผลิตเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ทางโรงงานจะเรียกว่าเป็นบวก

$$\left(\begin{array}{l} \text{*คำนวณจาก ประสิทธิภาพในการผลิตแบ่ง} = \frac{[(23.75/90) \times 100] \times 100}{25} \\ \text{ดังนั้น ประสิทธิภาพในการผลิตแบ่ง} = 105.56 \text{ เปอร์เซ็นต์} \end{array} \right)$$

3.4.3 ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแบ่ง)

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นดัชนีที่สำคัญเพื่อบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของ โรงงาน เนื่องจากไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักที่ใช้ในการเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ซึ่งการกำหนดหน่วยวัดเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแบ่ง เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระยะเวลาต่างๆ ของโรงงาน หรือแต่ละโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงานได้ อย่างไรก็ตาม โรงงานควรแยกติดมิเตอร์วัด ไฟฟ้าในจุดต่างๆ เช่น ในกระบวนการผลิต สำนักงาน โรงอาหาร และบ้านพัก เพื่อทราบถึงสมดุลการใช้ไฟฟ้าอย่างชัดเจน

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่าง 145-259 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแป้ง มีค่าเฉลี่ย 105 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแป้ง ซึ่งการที่โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีช่วงของค่าพิสัยห่างกันมากถึง 114 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันแป้ง มีสาเหตุจากการจัดการด้านไฟฟ้าของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน เช่น บางโรงงานที่มีการใช้เครื่องจักรใหม่ที่มีประสิทธิภาพมอเตอร์สูงจะใช้ไฟฟ้าต่ำกว่าโรงงานที่ใช้เครื่องจักรเก่า และบางแห่งอาจมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรในโรงงาน นอกจากนี้โรงงานที่สามารถรับซื้อหัวมันสำปะหลังเพื่อนำมาผลิตได้อย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงจะมีค่าดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่าโรงงานที่มีการผลิตไม่ต่อเนื่อง ซึ่งโรงงานที่ขาดหัวมันสำปะหลังในการผลิตจะต้องเดินเครื่องจักรโดยไม่มีวัตถุดิบ เพื่อรักษาค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเอาไว้

3.4.4 ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตา (ลิตรต่อตันแป้ง)

ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเป็นดัชนีบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เนื่องจากในการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแป้ง นอกจากนี้การเผาไหม้น้ำมันเตายังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยก่อให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารมลพิษสู่อากาศ การกำหนดหน่วยวัดเป็นลิตรต่อตันแป้ง เนื่องจากการเก็บข้อมูลของโรงงาน และสามารถเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำมันเตาในระยะเวลาต่างๆ ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการวางแผนการใช้น้ำมันเตาอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงานได้

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้น้ำมันเตาระหว่าง 30-65 ลิตรต่อตันแป้ง มีค่าเฉลี่ย 44 ลิตรต่อตันแป้ง ซึ่งสาเหตุของค่าดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตาของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน เนื่องจากการวางแผนการบำรุงรักษาเตาน้ำมันร้อนของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน โรงงานที่มีการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) และตรวจสอบประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอย่างสม่ำเสมอจะใช้น้ำมันเตาน้อยกว่าโรงงานที่ไม่มีการวางแผน นอกจากนี้โรงงานที่ใช้น้ำมันเตา A ซึ่งมีความหนืดน้อยจะมีปริมาณการใช้น้ำมันเตาสูงกว่าโรงงานที่ใช้น้ำมันเตา C แต่ค่าพลังงานความร้อน (Heating Value) ของน้ำมันเตา A จะสูงกว่า

3.4.5 ดัชนีปริมาณการใช้แก๊ส (ตันต่อตันแป้ง)

ปริมาณการใช้แก๊สเป็นดัชนีบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เนื่องจากโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังบางแห่งมีการใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้พลังงานความร้อนในกระบวนการอบแป้ง นอกจากนี้การเผาไหม้ของแก๊สยังก่อให้เกิดสารมลพิษต่างๆ สู่อากาศ ได้แก่ เขม่า

ควันท่ำ เนื่องจากความชื้นของเชื้อเพลิงมากเกินไป และปัญหาเรื่องฝุ่นแกลบที่ฟุ้งกระจายในบริเวณโกดังเก็บซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยพนักงานที่ปฏิบัติงาน

การกำหนดหน่วยวัดเป็นตันต่อตันแ่ง เพื่อใช้เปรียบเทียบปริมาณการใช้แกลบในระยะเวลาดังๆ ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานที่อยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามโรงงานบางแห่งจะวัดหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร โดยเทียบจากปริมาตรของไซโลที่ใช้บรรจุแกลบ แต่ก็สามารถคำนวณกลับเป็นน้ำหนักได้ (แกลบ 1 ลูกบาศก์เมตรมีน้ำหนักประมาณ 130 กิโลกรัม) ซึ่งดัชนีปริมาณการใช้แกลบสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางวางแผนการใช้แกลบอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงาน ตลอดจนใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาเพื่อปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังจากการใช้น้ำมันเตาเป็นแกลบ เนื่องจากแกลบเป็นเชื้อเพลิงประเภทใช้แล้วทดแทนได้ (Renewable Energy) หากมีข้อมูลดัชนีปริมาณการใช้แกลบจะสามารถใช้ประกอบการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้แกลบทดแทนการใช้น้ำมันเตาซึ่งเป็นเชื้อเพลิงประเภทใช้แล้วหมดไป (Non-Renewable Energy) และลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลังมีปริมาณการใช้แกลบ 0.054 ตันต่อตันแ่ง หรือ 54 กิโลกรัมต่อตันแ่ง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปริมาณการใช้แกลบได้จากโรงงาน 1 แห่งเท่านั้น จึงไม่ถือว่าเป็นตัวแทนของอุตสาหกรรม

จากข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง ได้แก่ ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้า ดัชนีการใช้น้ำมันเตา และดัชนีการใช้แกลบ เมื่อนำมาคิดเป็นค่าปริมาณพลังงานทั้งหมดสามารถคำนวณได้ โดยการนำปริมาณการใช้เชื้อเพลิงคูณกับค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด จะได้ค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของโรงงานผลิตแ่งมันสำปะหลัง ดังตารางที่ 3.4-3

ตารางที่ 3.4-4 ค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง

โรงงาน	พลังงานไฟฟ้า (ดัชนีปริมาณการใช้ x 3.60) เมกกะจูลต่อตันแป้ง	น้ำมันเตา (ดัชนีปริมาณการใช้ x 39.77) เมกกะจูลต่อตันแป้ง	ถ่านหิน (ดัชนีปริมาณการใช้ x 14.40) เมกกะจูลต่อตันแป้ง	พลังงานรวม (เมกกะจูลต่อตันแป้ง)
1	934	1,729	-	2,663
2	588	1,597	-	2,185
3	788	1,735	-	2,513
4	890	2,586	-	3,476
5	531	-	778	1,309
6	725	2,442	-	3,167
7	684	1,511	-	2,195
8	648	1,702	-	2,350
9	576	1,646	-	2,222
10	522	1,591	-	2,113
11	N/A	1,205	-	N/A
12	610	1,386	-	1,986
ค่าเฉลี่ย	522-934	1,205-2,586	-	1,309-3,476
ค่าเฉลี่ย	681	1,648	778	2,380
SD	139	307	-	562

*ที่มา : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2539.

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังมีค่าปริมาณพลังงานที่ใช้ระหว่าง 1,309-3,476 เมกกะจูลต่อตันแป้ง เฉลี่ย 2,380 เมกกะจูลต่อตันแป้ง และจากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบสำหรับการหาแนวทางวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของโรงงานได้

3.4.6 ดัชนีลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้าย

ลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายเป็นค่าบ่งชี้ตามที่กฎหมายกำหนดให้ผู้ประกอบการโรงงานต้องรายงานผลการวิเคราะห์ให้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยลักษณะน้ำทิ้งที่ใช้เป็นดัชนีสำหรับอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง ได้แก่ ค่าความเป็นกรดและด่าง ปริมาณสารแขวนลอย บีโอดี และซีโอดี เมื่อนำค่าดัชนีลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังเทียบกับมาตรฐานน้ำทิ้งที่ใช้บังคับสำหรับโรงงานซึ่งกำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน ได้ผลตารางที่ 3.4-4

ตารางที่ 3.4-5 ค่าเฉลี่ยลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายเทียบกับมาตรฐานตามกฎหมาย

ดัชนีวิเคราะห์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	การเก็บข้อมูลในโรงงาน		หน่วยเหตุ
			ค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย	
ค่าความเป็นกรดและด่าง	-	5.5-9.0	4.7-10.0	8.4	เกินมาตรฐาน
สารแขวนลอย	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มากกว่า 120	2-783	79	เกินมาตรฐาน
บีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มากกว่า 60	3-749	55	เกินมาตรฐาน
ซีโอดี	มิลลิกรัมต่อลิตร	ไม่มากกว่า 400	13-667	178	เกินมาตรฐาน

*ที่มา: ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

1) ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ซึ่งเป็นการวัดความเข้มข้นของอนุภาคไฮโดรเจน (H^+) ที่มีอยู่ในน้ำเสีย เนื่องจากค่าความเป็นกรดและด่างมีความสำคัญต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในระบบบำบัดทางชีวภาพและสมดุลทางเคมีของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะน้ำเสียมีค่าความเป็นกรดและด่างต่ำประมาณ 3-4 จะเป็นปัจจัยเสริมให้เกิดกลิ่นเหม็นของน้ำเสียรุนแรงต่อไป ซึ่งในการผลิตแป้งมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะใช้กรดกำมะถันในกระบวนการสกัดและแยกแป้ง ทำให้น้ำเสียที่เกิดขึ้นมีสมบัติเป็นกรด ส่วนความเข้มข้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้กรดกำมะถันของแต่ละโรงงาน โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 3-4 อย่างไรก็ตาม การจัดการและควบคุมค่าความเป็นกรดและด่างสามารถทำได้โดยการเติมปูนขาวในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับปริมาณและสมบัติของน้ำเสียควบคู่กับการเติมอากาศในบ่อแรกๆ เพื่อเพิ่มปริมาณออกซิเจนในน้ำเสีย

จากการเก็บข้อมูลพบว่า น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าความเป็นกรดและด่างระหว่าง 4.7-10.0 มีค่าเฉลี่ย 8.4 และเมื่อนำค่าเฉลี่ยไปเทียบกับมาตรฐานตามกฎหมายจะมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่หากพิจารณาข้อมูลทั้งหมดจะพบว่าค่าความเป็นกรดและด่างของโรงงานบางแห่งมีค่าเกินมาตรฐาน นั่นคือบางแห่งมีค่าต่ำกว่า 5.5 และบางแห่งมีค่าสูงกว่า 9.0 ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า โรงงานที่มีค่าความเป็นกรดและด่างเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 47 ของข้อมูลโรงงานทั้งหมด (62 แห่ง)

2) ปริมาณสารแขวนลอย (Suspended Solids: SS) มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เป็นค่าดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี เพราะในแหล่งน้ำธรรมชาติ หากมีสารแขวนลอยคลุมผิวหน้าจนแสงแดดไม่สามารถส่องผ่านลงไปได้แล้ว จะไปหยุดยั้งกระบวนการสังเคราะห์แสงและทำให้ออกซิเจนในอากาศถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำได้น้อยอีกด้วย ซึ่งสารแขวนลอยในน้ำทิ้งจากการผลิตแป้งมันสำปะหลังจะเป็นสารอินทรีย์ ได้แก่ กากมัน เศษแป้ง เศษเหง้า ดินและทราย

จากการเก็บข้อมูลพบว่า น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าปริมาณสารแขวนลอยระหว่าง 2-783 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 79 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อนำค่า

เฉลี่ยไปเทียบกับมาตรฐานตามกฎหมายจะมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่หากพิจารณาข้อมูลทั้งหมดจะพบว่าค่าปริมาณสารแขวนลอยของโรงงานบางแห่งจะมีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า โรงงานที่มีค่าปริมาณสารแขวนลอยเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 40 ของข้อมูลโรงงานทั้งหมด (62 แห่ง)

3) บีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่าบีโอดีจะแสดงถึงปริมาณความต้องการออกซิเจนของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำทิ้ง ซึ่งปฏิกิริยาชีวเคมีระหว่างออกซิเจนกับสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ กว่าสารอินทรีย์จะถูกทำลายหมดจะใช้เวลาหลายสิบวัน ตามมาตรฐานสากลจึงวัดค่าบีโอดีในเวลา 5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C

จากการศึกษาของสำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน (ปี 2540) พบว่า น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ระบายเข้าสู่บ่อบำบัดจะมีค่าบีโอดีประมาณ 6,800 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นจะระบายไปยังบ่อบำบัดอื่นๆ ปล่อน้ำล้นไปจนถึงบ่อสุดท้าย ซึ่งโดยทั่วไปโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีบ่อบำบัดน้ำเสียประมาณ 10-20 บ่อ ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตและพื้นที่ของโรงงาน โรงงานที่มีจำนวนบ่อบำบัดมากมักไม่มีปัญหาเรื่องค่าลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายเกินมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาถึงค่าเสื่อมของที่ดินหรือความสามารถในการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ดังกล่าวแล้วถือเป็นการสิ้นเปลืองพื้นที่

จากการเก็บข้อมูลพบว่า น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าบีโอดีระหว่าง 3-749 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 55 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่หากพิจารณาข้อมูลทั้งหมดพบว่าโรงงานบางแห่งมีค่าบีโอดีเกินมาตรฐาน และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าโรงงานที่มีค่าบีโอดีเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 47 ของข้อมูลโรงงานทั้งหมด (61 แห่ง)

4) ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand: COD) มีหน่วยวัดเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร ค่าซีโอดีจะแสดงถึงปริมาณความต้องการออกซิเจนของน้ำทิ้งที่หาได้โดยวิธีเคมีหรืออีกนัยหนึ่งเป็นปริมาณสารอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำทิ้งที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้และย่อยสลายไม่ได้

จากการเก็บข้อมูลพบว่า น้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าซีโอดีระหว่าง 13-667 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 178 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่หากพิจารณาข้อมูลทั้งหมดพบว่า ค่าซีโอดีของโรงงานบางแห่งยังมีค่าเกินมาตรฐาน และจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าโรงงานที่มีค่าซีโอดีเกินมาตรฐานคิดเป็นร้อยละ 4 ของข้อมูลโรงงานทั้งหมด (30 แห่ง)

ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยดัชนีน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีค่าไม่เกินมาตรฐานตามกฎหมาย แต่หากพิจารณาถึงข้อมูลทั้งหมดของดัชนีนี้จะพบว่า ค่าสูงสุดของทุก

ลักษณะน้ำทิ้งจะมีค่าเกินกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ทั้งค่าความเป็นกรดและด่าง ปริมาณสารแขวนลอย บีโอดีและซีโอดี นั่นคือมีโรงงานบางแห่งที่มีค่าลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายเกินกฎหมายกำหนด ซึ่งอาจมีสาเหตุหลายประการ ดังนี้

- 1) โรงงานไม่มีการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียที่ดี พนักงานขาดความรู้ความเข้าใจ และขาดการวางแผนการซ่อมบำรุงระบบอย่างสม่ำเสมอ
- 2) ปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตในบางช่วงที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียเกินกว่าขนาดที่ออกแบบไว้ (Over load)
- 3) เกิดภาวะเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น ไฟฟ้าดับทำให้ระบบเติมอากาศไม่ทำงานผิดปกติทำให้ปริมาณน้ำที่ระบายสู่บ่อบำบัดมีปริมาณมากเกินไปจนเกิดน้ำล้นไปยังบ่อสุดท้าย เป็นต้น

และเป็นที่น่าสังเกตว่าน้ำในบ่อสุดท้ายจะมีสีเขียวเนื่องจากมีสาหร่ายเจริญเติบโตมาก ดังนั้นนอกจากดัชนีลักษณะน้ำทิ้งบ่อสุดท้ายที่คัดเลือกข้างต้นแล้ว ทางโรงงานแต่ละแห่งควรมีการตรวจวัดค่าทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) ด้วย เพราะน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียขั้นต้นจะมีปริมาณของแร่ธาตุอาหารจำพวกไนโตรเจนอยู่มาก เนื่องจากในหัวมันสำปะหลังจะมีส่วนประกอบของโปรตีนเมื่อแตกตัวจะได้ไนโตรเจน ซึ่งหากมีการระบายลงสู่แหล่งน้ำในปริมาณมากจะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดีโดยเฉพาะสาหร่าย (Eutrophication) เป็นการบดบังแสงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง ซึ่งมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) กำหนดค่าทีเคเอ็นไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ในปัจจุบันโรงงานส่วนใหญ่ยังไม่มีการตรวจวัด

3.4.7 ดัชนีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ส่วนในล้านส่วน)

ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ระบายออกจากเตาน้ำมันร้อน (Hot Oil Boiler) ที่ปากปล่อง (Stack Emission) ใช้วัดคุณภาพอากาศที่เกิดจากผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นดัชนีที่ต้องวัดตามกฎหมาย ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรมตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน (เพิ่มเติม) โดยกำหนดปริมาณการระบายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกจากแหล่งกำเนิดซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงไม่เกินกว่า 1,250 ส่วนในล้านส่วน (ppm) อย่างไรก็ตาม โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังเกือบทุกโรงงานไม่มีการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดสูง (ประมาณ 6,000-10,000 บาทต่อปล่อง) และไม่ค่อยเห็นผลประโยชน์ในการตรวจวัด อย่างไรก็ตาม จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณก๊าซ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ระบายจากเตาน้ำมันร้อนระหว่าง 5-669 ส่วนในล้านส่วน มีค่าเฉลี่ย 337 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานที่กฎหมายกำหนด

3.4.8 ดัชนีปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในบริเวณปฏิบัติงาน (ส่วนในล้านส่วน)

การวัดปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในบริเวณปฏิบัติงานเป็นดัชนีชี้วัดผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตแป้งดัดแปร (Modify Starch) เนื่องจากต้องใช้สารเคมีหลายชนิดในกระบวนการผลิต เช่น กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก เมทิลโบรไมด์ กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น จึงเกิดไอระเหยและการฟุ้งกระจายของสารเคมีในบริเวณปฏิบัติงานส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยพนักงาน ซึ่งกฎหมายที่ใช้บังคับในปัจจุบันกำหนดโดยกระทรวงมหาดไทยตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520 โดยตัวอย่างปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตแป้งดัดแปรแสดงได้ดังตารางที่ 3.4-5

อย่างไรก็ตาม วิธีการตรวจวัดปริมาณสารเคมีที่ฟุ้งกระจายในบริเวณปฏิบัติงานต้องให้หน่วยงานภายนอกซึ่งมีความเชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจวัดดังนั้นโรงงานส่วนใหญ่จึงยังไม่มี การตรวจวัด

ตารางที่ 3.4-6 ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแป้งดัดแปร

รายการ	ค่ามาตรฐานความปลอดภัย
กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid)	1 mg/m ³ ^(1a)
กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid)	1 mg/m ³ ^(1a)
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide)	2 mg/m ³ ^(1a)
เมทิลโบรไมด์ (Methyl Bromide)	80 mg/m ³ หรือ 20 ppm ^(1b)
กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)	7 mg/m ³ หรือ 5 ppm ^(1b)
โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (Sodium metabisulfite)	5 mg/m ³ ⁽²⁾
ฟอสฟอรัส ออกซิคลอไรด์ (Phosphorus oxychloride)	0.6 mg/m ³ หรือ 0.1 ppm ⁽²⁾
ไวนิล อะซิเตต โมโนเมอร์ (Vinyl acetate monomer)	15 mg/m ³ หรือ 4 ppm ⁽²⁾
อะซิติก แอนไฮไดรด์ (Acetic anhydride)	20 mg/m ³ หรือ 5 ppm ⁽²⁾

ที่มา: (1) บัญชีท้ายประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม (สารเคมี) พ.ศ. 2520

(1a) ตลอดระยะเวลาทำงานปกติ ภายในสถานที่ประกอบการที่ให้ลูกจ้างทำงาน จะมีปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศของการทำงานโดยเฉลี่ยเกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางหมายเลข 1 มิได้

(1b) ไม่ว่าระยะเวลาใดของการทำงานปกติ ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีในบรรยากาศของการทำงานเกินกว่าที่กำหนดไว้ในตารางหมายเลข 2

(2) จากมาตรฐานความปลอดภัยของสหรัฐอเมริกา กำหนดโดย สถาบันความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติ (National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH)

3.4.9 ดัชนีระดับเสียง (เดซิเบลเอ)

เพื่อบ่งชี้ระดับเสียงบริเวณปฏิบัติงาน เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังใช้เครื่องจักรขนาดใหญ่ในกระบวนการผลิตจึงก่อให้เกิดเสียงดังขึ้น ได้แก่ สับเหง้า เครื่องโม่ เครื่องสไลด์แห้ง เครื่องเทอร์โบ และส่วนบรรจุแป้ง ซึ่งมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยพนักงาน จากการเก็บข้อมูลพบว่า ระดับเสียงภายในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจะมีค่าประมาณ 90 เดซิเบลเอ โดยในบริเวณเครื่องโม่มีระดับเสียงดังมากที่สุดคือมีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 91-103 เดซิเบลเอ เฉลี่ย 95 เดซิเบลเอ รองลงมาเป็นบริเวณเครื่องสไลด์แห้งมีระดับเสียงระหว่าง 88-95 เดซิเบลเอ เฉลี่ย 91 เดซิเบลเอ บริเวณเครื่องเทอร์โบมีระดับเสียงระหว่าง 88-97 เดซิเบลเอ เฉลี่ย 88 เดซิเบลเอ บริเวณสับเหง้ามีระดับเสียงดังระหว่าง 83-93 เดซิเบลเอ เฉลี่ย 88 เดซิเบลเอ และบริเวณบรรจุแป้งมีระดับเสียงต่ำที่สุด ระหว่าง 76-85 เดซิเบลเอ เฉลี่ย 82 เดซิเบลเอ อย่างไรก็ตาม โรงงานส่วนใหญ่จะจัดอุปกรณ์ป้องกันเสียงให้กับพนักงานที่ปฏิบัติงานในบริเวณดังกล่าวเพื่อลดผลกระทบจากเสียงดังที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีกฎหมายด้านความปลอดภัยที่ใช้บังคับกับโรงงานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4 (พ.ศ. 2514) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2512 เรื่องหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน ได้กำหนดให้โรงงานต้องจัดให้ทุกคนในบริเวณงานที่มีเสียงดังเกินกว่า 80 เดซิเบลเอ หรือเสียงดังอันจะเป็นอันตรายต่อแก้วหูต้องอุดหูด้วยที่อุดหู (Ear Plug) ที่มีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ระดับเสียงในบริเวณปฏิบัติงานยังมีกฎหมายอื่นที่ใช้บังคับ ซึ่งกำหนดโดยกระทรวงมหาดไทย ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม พ.ศ. 2519 ซึ่งกำหนดมาตรฐานไว้ดังตารางที่ 3.4-6

ตารางที่ 3.4-7 ระดับเสียงในบริเวณปฏิบัติงาน

เวลาการทำงาน	ค่ามาตรฐานระดับเสียง
ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง	ไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ
เกินกว่าวันละ 7 ชั่วโมง แต่ไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ
เกินวันละ 8 ชั่วโมง	ไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ
ตลอดเวลา	ระดับเสียงสูงสุดต้องไม่เกิน 140 เดซิเบลเอ

ที่มา: ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม พ.ศ. 2519

3.4.10 ดัชนีกลิ่น

ดัชนีกลิ่นเป็นตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญดัชนีหนึ่งของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียเป็นแบบบ่อบำบัด (Waste Stabilization Pond) มีทั้งบ่อบำบัดแบบใช้อากาศ (Aerobic Pond) และบ่อบำบัดแบบไม่ใช้อากาศ (Anaerobic Pond) ซึ่งจะมีกลิ่นเหม็นรุนแรง เนื่องจากน้ำเสียมีค่าบีโอดีสูง กลิ่นเหล่านี้อาจเป็นกลิ่นของพวก

ซัลไฟด์ เนื่องจากซัลเฟต (Sulfate) ในถูกรีดิวซ์ (Reduce) ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในน้ำแล้ว รวมตัวกับไฮโดรเจนกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Hydrogen Sulfide: H_2S) ซึ่งทำให้น้ำเสียมีกลิ่นเหม็น หรืออาจเป็นสารประกอบอื่นๆ ซึ่งยังไม่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้

ดังนั้นตัวชี้วัดเรื่องกลิ่นสำหรับอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียปาล์ม จึงใช้ดัชนีจำนวนการร้องเรียนของชุมชนในเรื่องกลิ่นเหม็น โดยมีหน่วยวัดเป็นจำนวนครั้งต่อปี เพื่อบ่งชี้ถึงผลกระทบด้านกลิ่นที่เกิดขึ้นต่อชุมชนใกล้เคียงโรงงาน ซึ่งหากเกิดการร้องเรียนจากชุมชนโรงงานจะถูกเตือนจากหน่วยงานราชการให้ดำเนินการมาตรการในการลดผลกระทบที่เกิดขึ้น และถ้าผลกระทบรุนแรงโรงงานอาจถูกปรับจากทางราชการ ดังนั้นดัชนีจำนวนการร้องเรียนจากชุมชนจึงถือว่าเป็นดัชนีที่มีความสำคัญและควรใช้เป็นดัชนีชี้วัดภายในองค์กร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถขอได้จากสำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดในพื้นที่ที่โรงงานตั้งอยู่

นอกจากดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนียปาล์มที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว โรงงานควรมีการตรวจติดตามการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิต ได้แก่ เศษเหง้า เปลือกมัน กากมัน ดินและทราย แม้ว่าของเสียที่เกิดขึ้นจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด เช่น เศษเหง้าและเปลือกใช้ในการเพาะเห็ด กากมันใช้เป็นอาหารสัตว์ ดินและทรายใช้สำหรับถมที่ในโรงงานแต่ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นจะบ่งชี้ถึงคุณภาพของหัวมันสำปะหลังที่โรงงานรับซื้อ กล่าวคือ ถ้ามีของเสียเกิดขึ้นมากแสดงว่ามีการปนเปื้อนมากับหัวมันสำปะหลังมาก ทำให้โรงงานต้องใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้าในการล้างทำความสะอาดมากกว่าปกติ นอกจากนี้หากโรงงานจัดการของเสียที่เกิดขึ้นไม่ดีจะก่อให้เกิดกลิ่นเหม็นรบกวนชุมชนรอบข้าง ซึ่งเป็นผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่สำคัญประเด็นหนึ่งที่โรงงานควรให้ความสนใจ

3.5 แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง

3.5.1 การเลือกใช้หัวมันสำปะหลัง

การใช้หัวมันสำปะหลังที่มีเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งสูง (25-30%) นอกจากจะช่วยให้ผลผลิตแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นแล้ว ยังเป็นการลดปริมาณน้ำใช้ ปริมาณการใช้พลังงาน และลดปริมาณกากมันที่จะต้องจัดการ ซึ่งโรงงานสามารถใช้ดัชนีปริมาณการใช้น้ำและดัชนีการใช้ไฟฟ้าเป็นตัวเปรียบเทียบหรือชี้วัดได้

3.5.2 การกำจัดเศษหัวมันสำปะหลังก่อนนำส่งโรงงาน

ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตต้องพยายามให้มีเศษดินทราย และเหง้าติดมาด้วยน้อยที่สุด โดยการเก็บเกี่ยวในขณะที่ดินแห้ง การกำจัดเศษดินทรายขณะเก็บเกี่ยว หรือให้เกษตรกรกรสับเหง้าก่อนนำส่งโรงงาน ในปัจจุบันทางมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยได้มีการรณรงค์ให้เกษตรกรกำจัดเศษหัวมันสำปะหลังที่ไร่ก่อนส่งโรงงาน ซึ่งทำให้เกษตรกรไม่ถูกโรงงานหักเปอร์เซ็นต์วัสดุปนเปื้อน 10 เปอร์เซ็นต์ และหากหัวมันสำปะหลังมีปริมาณวัสดุปนเปื้อนน้อยจะทำให้โรงงานใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการล้างหัวมันลดลง ซึ่งสามารถใช้ค่าดัชนีปริมาณการใช้น้ำและดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดได้

3.5.3 การจัดเก็บหัวมันสำปะหลังสด

หัวมันสำปะหลังที่ส่งถึงโรงงานควรนำเข้าสู่กระบวนการผลิตทันที หรือในกรณีที่จำเป็นต้องเก็บไว้เพื่อรอการผลิต ควรจัดการด้วยหลักการมาก่อนใช้ก่อน (First in - First out) และจัดเก็บหัวมันไว้ในที่ร่มเพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งลดลง เมื่อนำเข้าสู่กระบวนการผลิตก็จะได้ปริมาณแป้งน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์เชื้อแป้งที่โรงงานรับซื้อมา

3.5.4 การลดการสูญเสียหัวมันสำปะหลัง

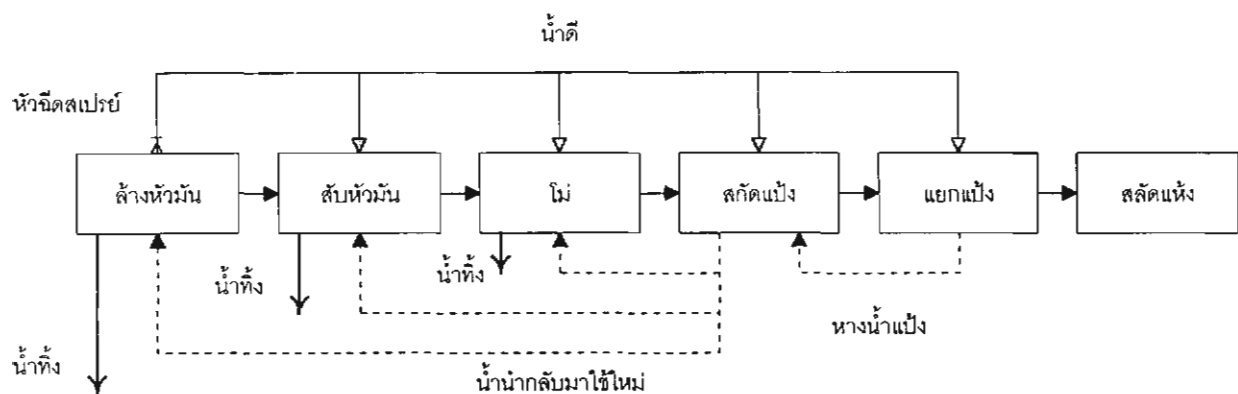
หัวมันสำปะหลังที่มีขนาดใหญ่จะต้องแบ่งเป็นขนาดเล็กก่อน เพื่อให้เครื่องปอกเปลือกทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ควรอบรมพนักงานถึงวิธีการที่ถูกต้องในกระบวนการสับเหง้า เนื่องจากอาจมีการสูญเสียเนื้อมันจำนวนมากถ้ามีการสับไม่ถูกวิธี เช่น การให้พนักงานสับหัวมันด้านเหง้า

3.5.5 การลดปริมาณน้ำใช้

1) ใช้หัวฉีดสเปรย์แทนการใช้ท่อเจาะรู เป็นการเพิ่มพื้นที่ในการล้าง ซึ่งจะสามารถทำความสะอาดได้ดีขึ้น ซึ่งช่วยประหยัดน้ำใช้

- 2) ใช้น้ำแบบสวนกระแส (Counter-current) โดยใช้น้ำดีเฉพาะในเครื่องแยกแบ่งชุดสุดท้าย และนำน้ำที่กลั้บมาใช้ใหม่ในขั้นตอนที่ใช้น้ำคุณภาพต่ำ
- 3) น้ำที่จากเครื่องแยกชุดแรกนำกลับไปใช้ล้างหัวมันสำปะหลัง
- 4) น้ำที่จากขั้นตอนการแยกแบ่งหรือการเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายแบ่งสามารถนำกลับไปใช้การสกัดแบ่ง เนื่องจากมีแบ่งเจือปนอยู่ในน้ำที่ซึ่งเรียกน้ำส่วนนี้ "หางน้ำแบ่ง"

จากแนวทางข้างต้นสามารถแสดงเป็นแผนผังการลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิตแบ่งมันสำปะหลังได้ดังรูปที่ 3.5-1 และหากโรงงานนำแนวทางนี้ไปปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีปริมาณการใช้น้ำเป็นตัวชี้วัดผลการดำเนินงานได้



รูปที่ 3.5-1 แผนผังการลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการผลิตแบ่งมันสำปะหลัง

3.5.6 การลดการสูญเสียแบ่งในกระบวนการผลิต

1) การสูญเสียแบ่งในกระบวนการผลิต ส่วนหนึ่งเกิดจากการเกิดจุลินทรีย์ในขั้นตอนการผลิต ทำให้เชื้อแบ่งมีปริมาณลดลง ซึ่งวิธีการป้องกันการทำงานของจุลินทรีย์ในระหว่างการผลิตสามารถทำได้โดยหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของสิ่งสกปรกในระหว่างการผลิต หรือใช้ระบบปิดในทุกขั้นตอน การควบคุมให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และหลีกเลี่ยงการนำน้ำแบ่งกักเก็บในถังพักในระหว่างการผลิต

2) การควบคุมอุณหภูมิของแบ่งให้เหมาะสมในกระบวนการอบแห้ง สามารถป้องกันการจับตัวเป็นก้อนของแบ่งสำเร็จรูปตามผนังของถัง หรือท่อ ซึ่งนอกจากจะลดปริมาณการสูญเสียแบ่งแล้วยังลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการระเบิดของแบ่งในกระบวนการผลิตได้ เนื่องจากในการผลิตแบ่งจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณหนึ่ง หากในระบบท่อบีแรงดันที่ไม่เหมาะสมอาจก่อให้เกิดการระเบิดได้

3) สำหรับโรงงานที่ใช้การลำเลียงแบ่งขนาดด้วยระบบสายพาน (Conveyor) จะมีแบ่งติดไปด้วยและหกหล่นบริเวณใต้สายพาน จึงควรติดตั้งถาดรองรับแบ่งบริเวณใต้สายพาน เพื่อลดการสูญเสียแบ่ง โดยโรงงานบางแห่งที่มีการดำเนินการไปแล้วสามารถลดการสูญเสียแบ่งได้ถึงร้อยละ 10

4) สำหรับโรงงานที่มีการผลิตหลายผลิตภัณฑ์ ซึ่งการผลิตจะแบบเป็นช่วง (Batch) สามารถลดการสูญเสียแบ่งระหว่างการล้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ลงได้ โดยเมื่อสิ้นสุดการผลิตและก่อนการล้างต้องตรวจสอบว่านำผลิตภัณฑ์ออกจากถัง ท่อ และปั๊มจนหมดแล้ว นอกจากนี้ควรที่จะวางแผนการผลิตเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวให้นานที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงการล้างบ่อยครั้ง

จากแนวทางการลดการสูญเสียแบ่งในกระบวนการผลิตข้างต้น หากโรงงานนำไปปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีประสิทธิภาพในการผลิตแบ่งเป็นตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานของโรงงานได้ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการ

3.5.7 การลดการสูญเสียแบ่งในการอบ/การบรรจุ

1) ตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักแบ่งจากขั้นตอนการทำให้อบแห้ง เช่น การบำรุงรักษาไซโคลน (Cyclone) สกรับเบอร์ (Scrubber) และผ้ากรองในถุงกรองฝุ่น (Bag filter)

2) ในกระบวนการบรรจุควรปรับเปลี่ยนเครื่องบรรจุเป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งมีความเที่ยงตรงมากกว่าการบรรจุมือ และควรเป็นระบบปิดซึ่งมีเครื่องดักฝุ่นแบ่ง (Dust collector) ติดตั้ง ซึ่งฝุ่นแบ่งที่เก็บได้สามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่ (Reprocess) โดยนำกลับไปยังกระบวนการแยกแบ่ง

3.5.8 การรักษา/เพิ่มประสิทธิภาพเครื่องจักร/อุปกรณ์

1) ควบคุมประสิทธิภาพของการแยกเศษดินทรายออกจากหัวมันสำปะหลัง ก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการผลิตแบ่ง เพื่อรักษาประสิทธิภาพของเครื่องจักร/อุปกรณ์

2) ตรวจสอบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการลับและบดหัวมันสำปะหลังอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การลับและบดมีประสิทธิภาพสูงสุด

3) การเปลี่ยนเครื่องจักรในกระบวนการเพิ่มความเข้มข้นของแบ่ง โดยใช้เครื่องไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) ควบคู่กับเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal separator) เนื่องจากมีประสิทธิภาพการล้างสูงกว่า ใช้น้ำในปริมาณน้อยกว่า เสียพลังงานน้อยกว่า และค่าบำรุงรักษาต่ำกว่า

4) วางแผนการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) สำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เพื่อป้องกันการซ่อมแซมเครื่องจักรระหว่างการผลิต และทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5.9 การจัดการด้านพลังงานความร้อน

1) การนำความร้อนที่สูญเสียจากการเผาไหม้เวียนกลับมาใช้ใหม่ โดยการติดตั้งเครื่องอุ่นอากาศ ซึ่งปกติแล้วก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้ในหม้อต้มร้อนจะถูกปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ หากนำก๊าซไอเสียนี้มาถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศที่จะนำไปใช้ในการอบแป้งก่อน จะสามารถช่วยลดภาระของเตาน้ำมันร้อน

2) การปรับปรุงความหนาของฉนวนให้เหมาะสม ในระบบท่อลมร้อนจะมีการสูญเสียความร้อนจากการแผ่รังสีผ่านผิวท่อในระดับที่สูงมาก ดังนั้นหากเลือกใช้ความหนาของฉนวนที่เหมาะสมแล้วจะสามารถลดการสูญเสียในส่วนนี้ลงได้ จากการศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่า ควรใช้ความหนาของฉนวนใยแก้วหุ้มท่อขนาดความหนา 4 นิ้ว (โดยปกติโรงงานทั่วไปใช้ฉนวนขนาด 2 นิ้ว) สำหรับท่อลมร้อนที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.4 เมตร อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้อาจไม่เหมาะสมกับโรงงานเก่าเนื่องจากต้องปรับเปลี่ยนระบบฉนวนหุ้มท่อใหม่ทั้งหมด ซึ่งต้องลงทุนสูง จึงอาจใช้เป็นแนวทางพิจารณาสำหรับโรงงานใหม่ที่ยังไม่มีการวางระบบท่อลมร้อน

จากแนวทางการจัดการด้านพลังงานความร้อนข้างต้น หากโรงงานนำไปปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตาหรือแกลบ) เป็นตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานของโรงงานได้ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการ

3.5.10 เตาน้ำมันร้อน

1) การใช้น้ำมันเตาเกรดสูงซึ่งมีค่าพลังงานความร้อนที่สูงกว่า และความหนืดน้อยกว่า จะช่วยลดการอุดตันของหัวฉีดในเตาน้ำมันร้อน และลดปริมาณสารมลพิษจากการเผาไหม้

2) ควรบำรุงรักษาและทำความสะอาดอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เช่น การทำความสะอาดหัวฉีดเพื่อป้องกันการอุดตัน การล้างเขม่าที่เกาะตามท่อน้ำมันร้อน เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และลดสารมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้

3) ควรมีการตรวจสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตา/แกลบ) ในทุกสัปดาห์ หากมีปริมาณการใช้ที่ผิดปกติ ควรตรวจสอบหัวฉีด และท่อน้ำมันร้อน ว่ามีรอยรั่วหรือไม่ หากพบให้รีบซ่อมแซมทันที เพื่อป้องกันการสูญเสียเชื้อเพลิง

4) การตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอย่างสม่ำเสมอ

จากแนวทางการจัดการเตาน้ำมันร้อนข้างต้น หากโรงงานนำไปปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (น้ำมันเตาหรือแกลบ) เป็นตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานของโรงงานได้ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการ

3.5.11 การจัดการด้านพลังงานไฟฟ้า

1) พิจารณาวางแผนการใช้ไฟฟ้าโดยพยายามรักษาระดับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Peak load) ให้ต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้ปริมาณการผลิตลดลง และกำหนดเป้าหมายความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดไว้

2) ในการเริ่มต้นเครื่องจักรอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากๆ เช่น มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดใหญ่ ควรเว้นช่วงเวลาการเริ่มต้นเครื่องให้มีระยะห่างกันประมาณ 15 นาที จะสามารถลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดได้

3) ควรพิจารณาเพิ่มวัสดุหลังคาแผ่นใสในอาคารโรงงาน เพื่อเพิ่มแสงสว่างในโรงงาน จะได้ลดการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ นอกจากนี้ควรเปลี่ยนจากการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา (Day light) เป็นหลอดชนิดประหยัดพลังงาน ซึ่งมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงกว่า และใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า

จากแนวทางการจัดการพลังงานไฟฟ้าข้างต้น หากโรงงานนำไปปฏิบัติสามารถใช้ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นตัวบ่งชี้ผลการดำเนินงานของโรงงานได้ โดยเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการ

3.5.12 ระบบบำบัดน้ำเสีย

1) โรงงานควรติดตั้งแกรงดักเศษมันและเปลือก ในระบบท่อน้ำทิ้งก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย และตรวจสอบตะกอนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดภาระของระบบบำบัดน้ำเสีย

2) การปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างในบ่อแรกให้เหมาะสมโดยเติมปูนขาว เพื่อปรับสภาพน้ำเสียที่เป็นกรดให้เป็นกลาง จะสามารถลดกลิ่นที่เกิดขึ้นจากบ่อบำบัดลงได้ระดับหนึ่ง

3.5.13 การจัดการด้านกลิ่น

การผลิตแอมโมเนียแล้วจะให้กำมะถันแห้งแล้วผ่านไปกับน้ำ เพื่อเพิ่มความขาวของแอมโมเนียในการกระบวนการสกัดแอมโมเนีย ในการเผากำมะถันจะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งมีกลิ่นเหม็นและเป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของพนักงานที่ปฏิบัติงาน ดังนั้นหากโรงงานสามารถลดการใช้กำมะถันโดยใช้สารเคมีอื่นทดแทน เช่น โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ จะสามารถลดผลกระทบดังกล่าวลงได้หรือในกรณีที่โรงงานผลิตแอมโมเนียไม่เน้นถึงความขาวของเนื้อแอมโมเนีย อาจใช้โซเดียมไฮโปคลอไรด์แทนก็ได้

3.5.14 การจัดการและใช้ประโยชน์จากกากของเสีย

1) กากของเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่ เศษเหง้า เปลือกมัน และกากมันสำปะหลัง ซึ่งทั้งหมดเป็นสารอินทรีย์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยใช้ในการเพาะเห็ด และเป็นอาหารสัตว์

2) จากการศึกษาของหน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีแปรรูปมันสำปะหลังและแป้ง (ปี 2542) พบว่า กากแป้งจากกระบวนการสกัด ยังมีปริมาณแป้งเหลืออยู่ในกากประมาณ 50% ซึ่งสามารถสกัดแป้งออกจากกากมันโดยกระบวนการทางชีวภาพ นำแป้งที่เหลืออยู่ในกากกลับมาใช้ได้ประมาณ 50% ของแป้งที่มีอยู่ในกากมัน ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณการผลิตแป้งของโรงงานแป้งที่สกัดได้การที่จากกากมันจะมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับแ่งที่สกัดจากหัวมัน แต่มีส่วนของกากอ่อนผสมอยู่สูงกว่า นอกจากนี้มูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทยร่วมกับกระทรวงพาณิชย์ ได้ศึกษาการนำกากมันสำปะหลังมาใช้ประโยชน์ในการผลิตปุ๋ย ซึ่งยังอยู่ในขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้

3) กากมันที่ได้หลังการสกัดแป้งที่มีปริมาณแป้งเหลือน้อย มีคุณสมบัติแห้งง่ายเหมาะสำหรับนำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์แผ่นไม้ประกอบ โดยอาศัยเซลลูโลสและแป้งที่มีอยู่เป็นตัวประสาน นอกจากนี้ยังใช้ทำอาหารสัตว์ที่ต้องการกากหรือแป้ง หรือทำแท่งเชื้อเพลิง เพื่อให้เกิดมูลค่าสูงสุด

3.6 เอกสารอ้างอิง

- [1] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2543. "เทคโนโลยีของแป้ง." พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 292 หน้า.
- [2] กล้าณรงค์ ศรีรอด. มปป. เอกสารเผยแพร่ "ชุมทรัพย์จากกากมัน."
- [3] กองการค้าสินค้าข้อตกลง กรมการค้าต่างประเทศ. 2543. "รายงานกรมการค้าต่างประเทศ เรื่อง สถานการณ์การค้าแป้งมันสำปะหลัง ฉบับที่ 2/2543 เดือนกุมภาพันธ์ 2543." จาก <http://www.dtf/,moc.go.th/document/commodity trade/service/service/statistic/topioca sit.htm>.
- [4] คณะกรรมการส่งเสริมและพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร กระทรวงอุตสาหกรรม. 2542. "แผนแม่บทเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมเกษตร (พ.ศ. 2543-2547)." จาก http://www.industry.go.th/master_plan/arg_title.html.
- [5] สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2539. "การอนุรักษ์ พลังงานในอุตสาหกรรม." พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [6] สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2540. "คู่มือการจัดการสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง แป้งมันดัดแปร และแป้งมันแปรรูป."
- [7] สำนักรักษาเสถียรภาพราคาสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2544. "รายงานภาวะสินค้าผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนธันวาคม 2543." จาก http://www.dit.go.th/agriculture/product/agri_2.htm (10 มกราคม 2544).
- [8] สถาบันอาหาร. 2543. "Tapioca products Export 1998-1999." จาก http://www.nfi.or.th/food_industry/product/tapioca/tapioca_stat.html.
- [9] เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง "การปรับปรุงกระบวนการให้ความร้อนในการอบแห้งแป้งมันสำปะหลัง" จัดโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับ สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. ณ โรงแรมโซลทวินทาวเวอร์ กรุงเทพมหานคร. 3 ตุลาคม 2539.

อุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่**4.1 รายละเอียดของอุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่**

กล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่นิยมบริโภคกันอย่างกว้างขวางในประเทศมาเป็นเวลานาน และจัดว่าเป็นอุตสาหกรรมดั้งเดิมที่ใช้ข้าวหักและปลายข้าวมาแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวและใช้บริโภค ปัจจุบันได้กลายเป็นผลิตภัณฑ์อาหารส่งออกในรูปแบบเส้นกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่อบแห้ง

4.1.1 ภาวะการผลิตและการตลาด

กล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีตลาดค่อนข้างใหญ่และมีการบริโภคแพร่หลายไปทั่วประเทศ แต่อุตสาหกรรมประเภทนี้ส่วนใหญ่ยังคงเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลางกระจายอยู่ในทุกภาคของประเทศ จากสถิติการขึ้นทะเบียนของกรมโรงงานอุตสาหกรรมในปี พ.ศ. 2541 พบว่าโรงงานที่ผลิตกล้วยเดี่ยว-เส้นหมี่ มีจำนวน 489 โรงงาน กำลังการผลิตรวมประมาณ 133,000 ตันต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดเล็ก ผลิตเพื่อจำหน่ายในเขตชุมชนที่โรงงานตั้งอยู่

ด้วยเหตุที่โรงงานผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่เป็นโรงงานที่ได้มีการพัฒนากันอย่างจริงจัง การดำเนินธุรกิจเป็นธุรกิจที่ทำกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษ และผลิตภัณฑ์มีการแข่งขันกันในด้านราคาค่อนข้างสูง การผลิตใช้เทคโนโลยีที่ได้รับการสืบทอดมาจากบรรพบุรุษและพัฒนาการผลิตโดยการเลียนแบบต่อๆ กันมา ไม่มีการวิจัยอย่างจริงจังเพื่อนำไปสู่ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ให้มีคุณภาพดีขึ้น ดังนั้นอุตสาหกรรมนี้จึงเป็นอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตค่อนข้างช้า วิธีการแปรรูปยังมีลักษณะในรูปแบบที่ง่ายและใช้การลงทุนไม่มากนัก ตลาดผลิตภัณฑ์ยังอยู่ในวงจำกัด

4.1.2 การนำเข้าและการส่งออก

ผลิตภัณฑ์กล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่ที่ส่งออก ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นหมี่กึ่งสำเร็จรูป ซึ่งตลาดที่สำคัญ คือ ตลาดในเอเชีย ได้แก่ ญี่ปุ่น ฮองกง ไต้หวัน สิงคโปร์ และมาเลเซีย ส่วนตลาดในอินโดจีน ได้แก่ เวียดนาม กัมพูชา ลาว และพม่า นับว่าเป็นตลาดขนาดใหญ่และมีศักยภาพตลาดหนึ่ง ส่วน

ตลาดสหรัฐและยุโรป เน้นที่ตลาดของคนเอเชียที่อาศัยอยู่ในนั้น ตลอดจนการแนะนำให้ชาวตะวันตกรู้จักกับผลิตภัณฑ์มากขึ้น

4.2 กระบวนการผลิต

4.2.1 วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ประกอบด้วย

1) ข้าว

ข้าวที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต คือ ข้าวเจ้าในส่วนของปลายข้าว ข้าวหอม หรือข้าวหัก ข้าวที่เหมาะสมจะนำมาทำเป็นก๋วยเตี๋ยวได้ดีต้องเป็นข้าวที่มีปริมาณอะมิโลสไม่ต่ำกว่าร้อยละ 27 และต้องเป็นข้าวพื้นเมือง ซึ่งเป็นข้าวที่ได้จากการปลูกในที่นาดินทราย หรือนาดินปนทราย นอกจากนั้น อายุการเก็บและพันธุ์ข้าวก็เป็นปัจจัยสำคัญที่นำมาพิจารณาในการทำก๋วยเตี๋ยว ซึ่งโดยปกติโรงงานก๋วยเตี๋ยวจะเลือกใช้ข้าวที่มีอายุการเก็บไม่ต่ำกว่า 3-4 เดือน

2) น้ำ

น้ำที่ใช้ในการผลิตต้องสะอาดปราศจากสิ่งแขวนลอย ความกระด้างต่ำ ปริมาณคลอรีนอยู่ระหว่าง 0.2-0.5 ppm. ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำอยู่ระหว่าง 5-7 จะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวสูงสุด น้ำที่มีปริมาณแคลเซียมหรือแมกนีเซียมสูงจะทำให้ความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยวลดลง เพราะเกลือเหล่านี้จะทำให้น้ำซึมเข้าเม็ดแป้งได้ยาก เม็ดแป้งแตกตัวน้อย amylose หลุดจากเม็ดแป้งน้อย

3) น้ำมัน

ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวสด น้ำมันที่ใช้ควรเป็นน้ำมันบริโภค คุณภาพดี ไม่เหม็นหืน และไม่ควรมานำมาใช้ซ้ำ น้ำมันที่โรงงานก๋วยเตี๋ยวนิยมใช้ในปัจจุบัน คือ น้ำมันพืชและน้ำมันถั่วลิสง สมบัติที่สำคัญในการเลือกใช้น้ำมัน คือ ความหนืดที่พอเหมาะของน้ำมันที่จะเกาะติดกับเส้นก๋วยเตี๋ยวได้ ขณะที่ทำการผลิต ส่วนในกรรมวิธีผลิตเส้นหมี่บางแห่งจะไม่มีภาชนะใช้น้ำมันเลย เพราะจะเกิดกลิ่นเหม็นหืนถ้าเก็บไว้นานเกิน 15 วัน

4) วัตถุดิบอาหาร

วัตถุดิบอาหารต้องใช้ชนิดและปริมาณเป็นไปตามความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา วัตถุดิบอาหารที่พบมีการใช้ในโรงงานก๋วยเตี๋ยว ได้แก่

ก. วัตถุดิบเสีย ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอท โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ใช้เฉพาะโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวสด

ข. สารช่วยทำให้ข้น (thickener) บางโรงงานใช้สารช่วยทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวข้น โดยเฉพาะโรงงานที่มีปัญหาคุณภาพของปลายข้าวที่เป็นวัตถุดิบ สารกลุ่มนี้ได้แก่ carboxy methyl cellulose (CMC) แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (modified starch) และกัม (gum) ซึ่งโรงงานผลิตเส้นหมี่บางโรงก็มีการใส่สารช่วยทำให้เส้นบ้างประมาณร้อยละ 1

4.2.2 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1) การตรวจสอบคุณภาพวัตถุดิบ

1.1) คุณภาพของวัตถุดิบโดยเฉพาะข้าวเจ้า เป็นปัญหาใหญ่เกือบทุกโรงงานที่ผลิตก๋วยเตี๋ยว เนื่องจากไม่อาจควบคุมคุณภาพวัตถุดิบได้สม่ำเสมอ เพราะข้าวหรือปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าว ซึ่งมักจะรวมพันธุ์ข้าวต่างๆ ชนิดเข้าด้วยกัน เม็ดแป้ง (amylose) ภายใต้น้ำน้อยต่างกัน ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของเส้นก๋วยเตี๋ยว ปริมาณเม็ดแป้งที่เหมาะสมไม่ควรน้อยกว่าร้อยละ 27-28 หรือควรสูงกว่าร้อยละ 27 ของน้ำหนักข้าวเพราะจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้เหนียวเป็นแผ่นดี การผสมแป้งชนิดอื่นเข้าไปก็จะช่วยในเรื่องควบคุมคุณภาพได้ อายุการเก็บรักษาข้าวหลังเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อคุณสมบัติของเมล็ดข้าว ข้าวที่เก็บไว้นานมีคุณลักษณะในการหุงต้มและแปรรูปดีกว่าข้าวใหม่ ข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวและผ่านการขัดสีใหม่ๆ ถ้าหุงต้มจะมีลักษณะติดกันมาก ข้าวที่เก็บไว้นานเมื่อหุงต้มสุก การติดกันของเมล็ดจะน้อยลงและผิวหน้าของข้าวจะแห้งกว่า อัตราการดูดซึมน้ำจะมากกว่า ข้าวที่เก็บไว้นานจะยังมีความเหนียวของข้าวเพิ่มขึ้นทำให้เมื่อเป็นน้ำแป้งจะร้อน ไม่ติดสลายพานที่ใช้นึ่ง กรดไขมัน (fatty acid) จะเป็นตัวช่วยเพิ่มความเหนียวของแป้ง แต่มีผลเสียเรื่องกลิ่นอันเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน(oxidation) และการย่อยสลายและการเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์อยู่ด้วย จะเห็นได้ว่าผู้ประกอบการมักไม่นิยมใช้ข้าวใหม่ แต่ใช้ข้าวเก่าหรือนำข้าวใหม่มาเก็บไว้ประมาณ 3-4 เดือน ก่อนที่จะนำมาใช้ แต่อย่างไรก็ตามหากใช้ข้าวเก่าทั้งหมดอาจทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวแข็งกระด้างเกินไป จึงต้องมีการเจือข้าวใหม่บางเล็กน้อย มีบางโรงงานจะมีการผสมแป้งมันสำปะหลังลงไปร้อยละ 2-5 ของน้ำหนักข้าวเพื่อเป็นตัวประสานช่วยทำให้เป็นแผ่นดีขึ้น สำหรับการเก็บรักษาข้าวจำเป็นจะต้องดูแลให้ดี มิฉะนั้นจะมีแมลงหรือ

มอดไปทำลายเมล็ดข้าวและเป็นสิ่งเจือปนในข้าวที่จะนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ด้วย แหล่งปลูกข้าวก็มีผลต่อคุณภาพของข้าว การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยวนิยมใช้ข้าวที่ปลูกในนาดินทรายหรือนาดินปนทรายหรือที่ดอน เนื่องจากในนาดินที่มีน้ำมาก เช่น แอ่งสุพรรณบุรี อยุธยา ข้าวที่ได้จะมีแป้ง amylose ไม่สูงพอที่จะทำก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ได้นอกจากนี้ควรมีการคัดเลือกและตรวจสอบเมล็ดข้าวไม่ให้มีสิ่งแปลกปลอม ซึ่งสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า และหากใช้แป้งข้าวเจ้าในการผลิตควรเป็นแป้งใหม่ไม่อับชื้น

1.2) สารเคมีหรือวัตถุเจือปนอาหาร บางโรงงานมีการใช้สารเคมี เช่น วัตถุกันเสีย ต้องใช้ชนิด และปริมาณเป็นไปตามที่ได้รับความเห็นชอบจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

1.3) น้ำมันที่ใช้ทาแผ่นก๋วยเตี๋ยวต้องเป็นน้ำมันที่บริโภคได้มีคุณภาพดี ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน และไม่ควรเก็บในที่ที่มีอุณหภูมิสูง ปกติโรงงานชอบใช้น้ำมันพืช ได้แก่ น้ำมันถั่วลิสง โดยน้ำมันที่ใช้แล้วไม่ควรนำกลับมาใช้ในการผลิตอีก

1.4) น้ำที่ใช้ในการผลิต ต้องสะอาดปราศจากสิ่งแขวนลอย คุณภาพโดยทั่วไปของน้ำที่ใช้ควรมี pH เป็นกลาง (5-7) และมีความกระด้างต่ำ

2) การทำความสะอาด ข้าวหรือปลายข้าวที่ซื้อมาเป็นวัตถุดิบมักจะมีสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกมาด้วย อาจจะมีกรวดทรายเศษผงต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเอาสิ่งสกปรกออก โดยใช้เครื่องจักรหรือด้วยแรงคนขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานที่ทำการผลิต

3) การล้างข้าวและแช่ข้าว เนื่องจากข้าวที่ใช้ในการผลิตมีสิ่งเจือปนมากโดยเฉพาะกรวดทราย ผุ่นละออง ก่อนล้างควรผ่านตะแกรงร่อนแยกเอาสิ่งเหล่านี้ออกก่อน การล้างควรใช้น้ำมากๆ และคนอยู่เสมอ อัตราส่วนของน้ำต่อเมล็ดข้าวที่แช่อยู่ระหว่าง 2.5:1 ถึง 4:1 ขึ้นกับสิ่งสกปรกการล้างควรทำอย่างรวดเร็วล้างจนน้ำที่ล้างใส โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวสดบางโรงใช้สารส้มผสมช่วยให้ขจัดขาวและตกตะกอนสิ่งที่ถูกขัดแยกออกมา และแช่ข้าวที่ล้างแล้วด้วยน้ำสะอาดเช่นกัน เมื่อข้าวอ่อนตัวจะได้ไม่ย่ำรวมเวลาที่ข้าวสัมผัสกับน้ำทั้งหมดไม่เกิน 3 ชั่วโมง การล้างแบบเก่าจะใช้แรงคนซึ่งจะเหนื่อย การล้างแบบนี้จะไม่สะอาดพอและเสียเวลา ในปัจจุบันจึงนิยมใช้เครื่องล้างซึ่งจะทุ่นแรงและเป็นการล้างที่สมบูรณ์ขึ้น เพราะเครื่องล้างจะขัดสีผิวนอกของเมล็ดข้าวขณะที่หมุน ซึ่งใช้เวลาครั้งละ 10-15 นาที ถ้าเมล็ดข้าวสะอาดแล้วอาจจะล้างเพียง 3 ครั้ง การล้างต้องขัดสีข้าวให้ขาวปราศจากเศษรำที่ติดอยู่ เมล็ดข้าวที่ล้างสะอาดจริงๆ เมื่อนำไปเข้ากรรมวิธีจะได้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ขาวสะอาดเส้นไม่เปื่อยยุ่ย ขาดง่าย ถ้าผลิตก๋วยเตี๋ยวอบแห้งจะเก็บได้นาน ไม่เหม็นหืนง่าย เนื่องจากไขมันจะถูกล้างออกเป็นส่วนใหญ่

4) การไม่ วิธีการไม่ข้าวมีผลต่อความเหนียวของเส้นก๋วยเตี๋ยว วิธีการไม่มี 2 วิธี คือ การไม่แห้งและไม่เปียก การไม่แห้งเม็ดแป้งไม่แตกมาก ทำให้ดูต๋นน้ำข้าว เส้นก๋วยเตี๋ยวจะขาดง่าย แต่ถ้าไม่เปียก โดยผสมน้ำในอัตราส่วนที่เหมาะสม (อัตราส่วนของน้ำต่อข้าวประมาณ 1:2) เม็ดแป้งจะแตกละเอียด ดูต๋นน้ำเร็ว ทำให้ amylose และ amylopectin จับตัวกันดี เส้นก๋วยเตี๋ยวจะเหนียว อุปกรณ์ที่ใช้ไม่ส่วนใหญ่เป็นไม้หินที่หมุนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (มีผลให้เม็ดแป้งแตกตัวได้มาก) ซึ่งสามารถปรับช่องระหว่างหินไม้ ทำให้ไม่แป้งได้หยาบหรือละเอียดได้ แต่ทำความสะอาดได้ยากและต้องการคนที่มีความชำนาญในการไม่ ในการทำก๋วยเตี๋ยวจะต้องไม่ให้ละเอียด อย่างไรก็ตามการไม่แป้งละเอียดโดยการปรับหินไม้ให้ชิดนี้ จะทำให้หินไม้สึกกร่อนเร็ว ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเซาะร่องหินไม้มากขึ้น แต่ก็ยังเป็นวิธีที่ดีที่สุดจะทำให้เส้นก๋วยเตี๋ยวมีความเหนียวตรงกับความต้องการของผู้บริโภค น้ำแป้งที่ได้ควรเก็บไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้น้ำซึมเข้าไปในเม็ดแป้งมากขึ้น ขณะไม่บางโรงจะผสมโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ลงไปร้อยละ 0.1 ของน้ำหนักข้าว เพื่อฟอกสีและเพื่อกันบูดทำให้เก็บได้นานขึ้น ปัจจุบันเริ่มมีการนำไม่เหล็ก (อลูมิเนียม) มาใช้ไม่แป้งเพื่อผลิตเส้นหมี่

5) การกรอง น้ำแป้งที่ได้ควรผ่านการกรองโดยใช้ filter press (ไม่เป็นระบบต่อเนื่อง) หรือ rotary drum filter (ระบบต่อเนื่อง) ก็ได้ขึ้นกับระบบการทำงาน แป้งที่ผ่านเครื่องกรองจะมีความชื้นร้อยละ 40-43

6) การนึ่ง ใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวสดโดยน้ำแป้งเมื่อพักไว้และผ่านการกรองแล้ว จะผ่านเข้าตู้นึ่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่ถูกต้องและสม่ำเสมอ น้ำแป้งจะเข้าตู้นึ่งด้วยเครื่องมือที่เป็นลูกกลิ้ง มีการปรับความหนาบางตามความต้องการ มีใบมีดทำหน้าที่ปาดแผ่นฟิล์มออกจากผิวของแท่งเหล็กลูกกลิ้ง โดยผ่านสายพานที่ทำด้วยแผ่นสเตนเลส หรือผ้าใบซึ่งสายพานผ้าใบมีราคาถูกกว่าแต่อายุการใช้เพียง 1 เดือนเท่านั้น ในขณะที่สายพานสเตนเลสมีราคาแพง แต่อายุการใช้งานได้ 1 ปี นอกจากนี้เส้นก๋วยเตี๋ยวที่ได้จากการนึ่งบนสายพานผ้าใบจะมีลักษณะอมน้ำเปื่อยยุ่ย ดังนั้นผู้ผลิตจึงนิยมใช้สายพานสเตนเลส โดยน้ำแป้งจะฉาบบนสายพานแล้วเคลื่อนเข้าอุโมงค์ให้ความร้อนโดยไอน้ำร้อน ความยาวตู้นึ่งประมาณ 30 ฟุต ใช้เวลาที่น้ำแป้งอยู่ในอุโมงค์ 3 นาที แป้งที่ออกมาจะสุกพอดี ระหว่างแป้งที่เคลื่อนที่ในอุโมงค์ จะมีน้ำมันพืช (ปกตินิยมใช้น้ำมันถั่วลิสง) หยดเป็นระยะๆ เพื่อให้เส้นมัน ลื่น ไม่ติดสายพาน ไม่ควรใช้มาก จะทำให้อายุการเก็บก๋วยเตี๋ยวน้อยลง เกิดกลิ่นหืนได้

7) การตัดเส้นก๋วยเตี๋ยว เมื่อสายพานแผ่นก๋วยเตี๋ยวสุกเคลื่อนออกจากอุโมงค์ไอน้ำ แผ่นก๋วยเตี๋ยวจะเคลื่อนไปตามสายพานอีก โดยมีพัดลมคอยเป่าเป็นระยะๆ ให้แห้ง จนถึงจุดตัดแผ่น

กล้วยเดี่ยวแผ่นใหญ่ ตรงจุดนี้จะมีช่องที่ทำให้น้ำมันพืชหยดสัมผัสกับแผ่นกล้วยเดี่ยว เพื่อให้แผ่นกล้วยเดี่ยวไม่ติดกันเมื่อซ้อนกันหลังจากที่ทำการตัด อย่างไรก็ตามการตัดจะแตกต่างกันไปตามชนิดของกล้วยเดี่ยว

7.1) ในกรณีของกล้วยเดี่ยวสด ก่อนตัดควรนำมาเรียงกันแล้วนำเข้าเครื่องตัดเป็นเส้นกล้วยเดี่ยวสดเพื่อการจำหน่ายภายใน 1 วัน หากต้องการทำให้เส้นหมาดควรนำไปผึ่งลม หรือตากหรืออบ เพื่อลดความชื้นประมาณ 1 ชั่วโมงก่อนตัดเส้น

7.2) สำหรับเส้นกล้วยเดี่ยวกึ่งแห้งนั้น จะมีกรรมวิธีผลิตแบบเดียวกันกับทำกล้วยเดี่ยวสด จนถึงขั้นที่แผ่นกล้วยเดี่ยวออกจากอุโมงค์ไอน้ำ จากนั้นจะเคลื่อนเข้าสู่เครื่องอบแห้ง ซึ่งมีลักษณะยาวเหมือนอุโมงค์ โดยสายพานจะพาแผ่นกล้วยเดี่ยวเคลื่อนที่ไปเป็นชั้นๆ ภายในอุโมงค์เครื่องอบ โดยสายพานอาจจะเคลื่อนที่ไปถึง 7-13 ชั้น แล้วแต่การออกแบบเครื่องอบที่จะให้ได้แผ่นกล้วยเดี่ยวแห้งขนาดที่ต้องการ คือ แผ่นกล้วยเดี่ยวมีลักษณะกึ่งแห้ง จากนั้นจึงนำเข้าเครื่องตัดเป็นเส้นจำหน่ายต่อไป กล้วยเดี่ยวประเภทนี้สามารถเก็บได้ประมาณ 2-3 วัน

7.3) สำหรับการผลิตกล้วยเดี่ยวอบแห้ง (กล้วยเดี่ยวเส้นจันทน์) มีขั้นตอนเช่นเดียวกับข้อ 7.2) โดยตัดเป็นเส้น และจึงนำเส้นกล้วยเดี่ยวใส่ถาดที่เป็นชุด แล้วปล่อยให้เคลื่อนเข้าสู่เครื่องอุโมงค์อบแห้ง เพื่อลดความชื้นเหลือร้อยละ 11-12 ปกติอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งประมาณ 45-50°C นาน 4-5 ชั่วโมง หากสูงกว่านี้จะทำให้เส้นแห้งและเส้นแตกและมีลักษณะเป็นปล้องสาร (cracking) ซึ่งกล้วยเดี่ยวอบแห้งสามารถเก็บได้นานประมาณ 3 เดือน

8) การบรรจุ ไม่ว่าจะเป็นกล้วยเดี่ยวสดซึ่งห่อด้วยใบตอง หรือกล้วยเดี่ยวอบแห้งที่บรรจุถุงพลาสติก ควรบรรจุกับโต๊ะที่มีความสูงไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ไม่ควรบรรจุกับพื้นโรงงานโดยตรง ภาชนะบรรจุที่ใช้โดยเฉพาะกับกล้วยเดี่ยวอบแห้งควรใช้วัสดุที่ความชื้นผ่านเข้าออกไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้กล้วยเดี่ยวถูกความชื้นจากภายนอก ทำให้เกิดปัญหาเสื่อมคุณภาพเมื่อเก็บไว้นาน และคุณภาพของภาชนะบรรจุต้องเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องการบรรจุ

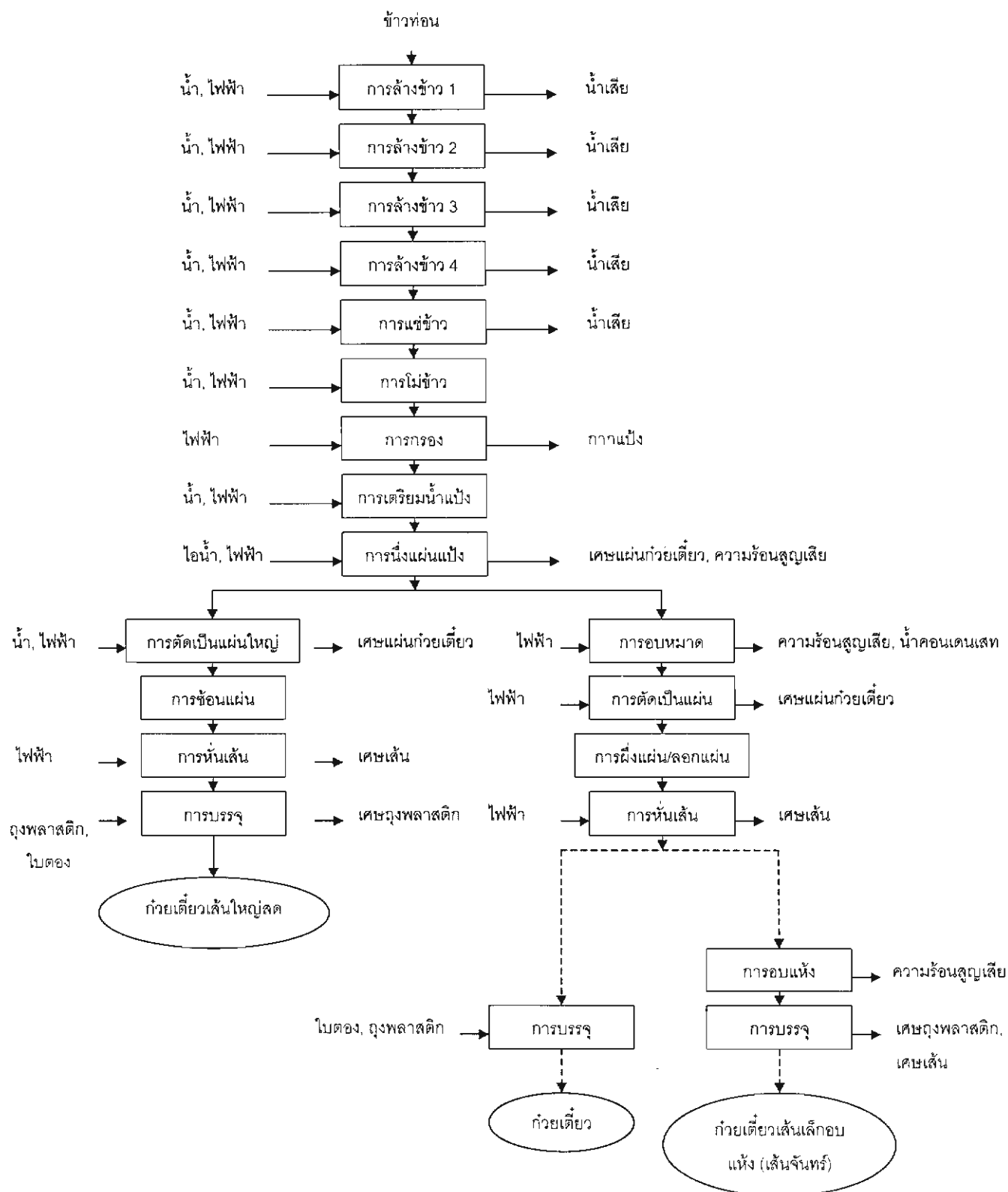
9) การเก็บผลิตภัณฑ์ จัดแยกเป็นสัดส่วน เก็บในที่ที่มีอากาศถ่ายเทไม่อับชื้นและมีแสงสว่างเพียงพอ มีชั้นหรือยกพื้นรองรับ และต้องตรวจสอบผลิตภัณฑ์อีกครั้งก่อนจำหน่ายท้องตลาด

ขั้นตอนการผลิตเมื่อแบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์มีดังนี้

ก) อุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี่ยว

- 1) การล้างข้าว เพื่อทำความสะอาดข้าว ล้างฝุ่นละอองออก ซึ่งในขั้นตอนนี้อาจมีโปรตีนและแป้งที่ละลายน้ำได้ออกมากับน้ำล้างข้าว
- 2) การแช่ข้าว เพื่อให้ข้าวซึมเข้าและทำให้เมล็ดข้าวนุ่มขึ้น เพื่อให้สะดวกในการโม่ และอาจมีโปรตีนและแป้งที่ละลายน้ำได้ออกมากับน้ำแช่ข้าว
- 3) การโม่ข้าว เป็นการบดเมล็ดข้าวให้ละเอียดเป็นน้ำแป้ง โดยใช้วิธีการโม่เปียก ด้วยโม่หิน ซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
- 4) การกรอง เป็นการแยกสิ่งเจือปนซึ่งยังหลงเหลืออยู่อกจากน้ำแป้งที่ได้จากการโม่
- 5) การเตรียมน้ำแป้ง เป็นการเตรียมอัตราส่วนขององค์ประกอบของน้ำแป้งให้ได้ตามคุณภาพที่ต้องการ
- 6) การนึ่งแผ่นแป้ง เป็นการทำน้ำแป้งให้สุกได้เป็นแผ่นแป้ง โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ
- 7) การอบแห้ง เพื่อระเหยความชื้นออกจากแผ่นแป้งสุก โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ
- 8) การผึ่งแผ่น เพื่อทำให้แผ่นแป้งเกิดการคืนตัว และให้ความชื้นในแผ่นแป้งเข้าสู่สภาวะสมดุล โดยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง
- 9) การตัดเส้น เพื่อตัดแผ่นแป้งให้มีขนาดเล็กลงตามต้องการ
- 10) การบรรจุ เป็นการนำเส้นถ้วยเตี่ยวมาบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ เพื่อนำไปจำหน่าย

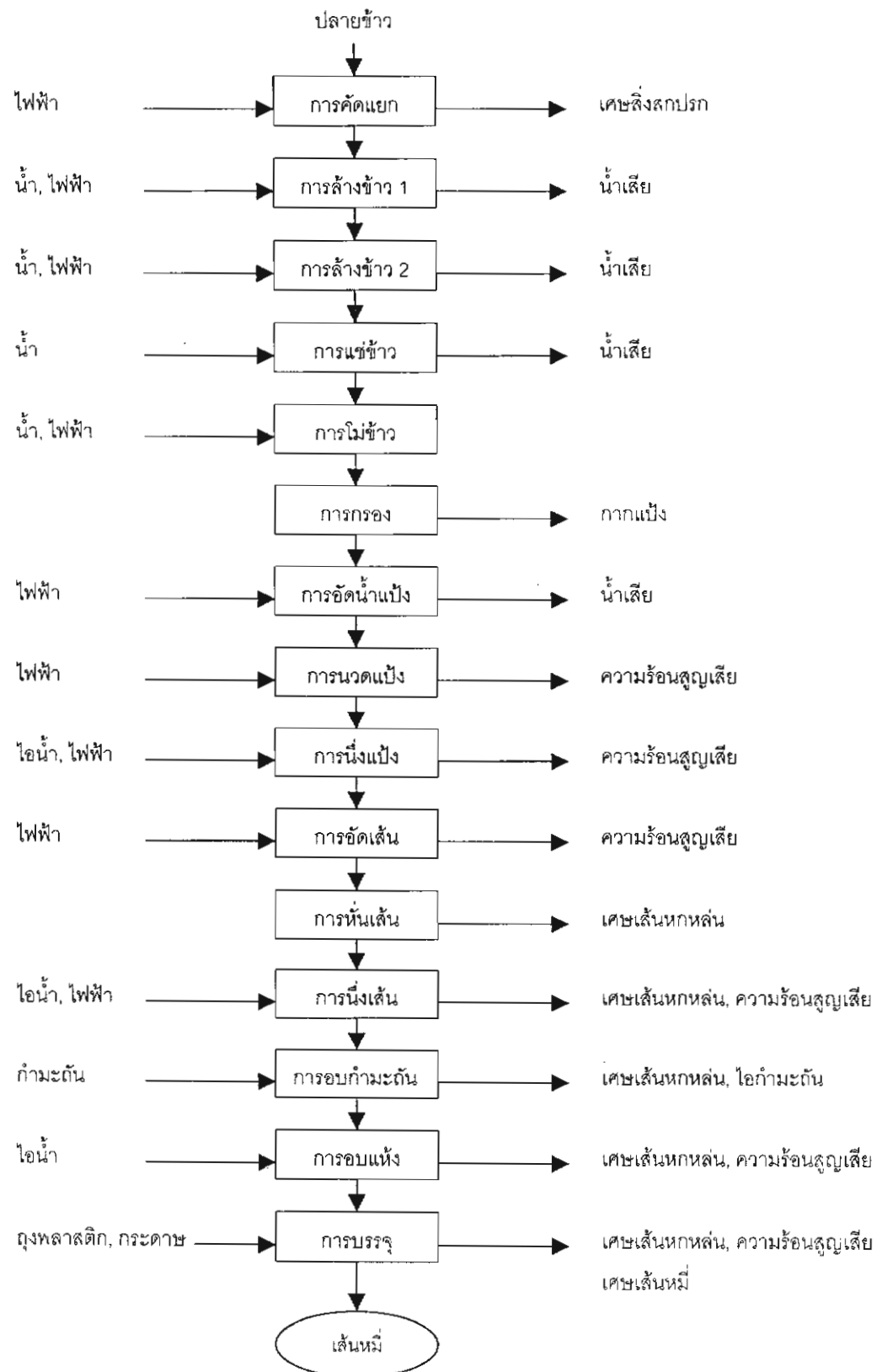
รูปที่ 4.1-1 ตัวอย่างกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว



ข) อุตสาหกรรมผลิตเส้นไหม

- 1) การคัดข้าว (Classifying) เป็นการแยกเศษสิ่งปลอมปน อาทิ เศษหิน รำ รังหนอน หรือดอกหญ้าบางส่วน ออกจากข้าว และทำการขัดข้าวเพื่อให้ได้ข้าวที่มีความขาวขึ้น
- 2) การล้างข้าว (Washing) เป็นการทำความสะอาดข้าว และล้างฝุ่นออก
- 3) การแช่ข้าว (Soaking) เพื่อให้เมล็ดข้าวมีความนิ่มและสะดวกต่อการโม่ข้าว
- 4) การโม่ข้าว (Grinding) เป็นการโม่แบบเปียกเพื่อบดเมล็ดข้าวให้ละเอียดเป็นน้ำแป้งโดยใช้เครื่องโม่หิน
- 5) การกรองน้ำแป้ง (Filtration) เป็นการกรองฝุ่นและสิ่งเจือปนที่ติดมากับน้ำแป้งออก
- 6) การอัดน้ำแป้ง (Filter Press) เป็นการกรองน้ำออกจากแป้ง ทำให้เป็นแผ่นแป้งอยู่ในที่กรองที่ทำจากผ้า โดยใช้ความดันอัด
- 7) การนึ่งแป้ง (Steaming) เป็นการให้ความร้อนกับก้อนแป้ง โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำ (Direct Steam)
- 8) การอัดเส้น (Extrusion) เป็นการทำให้แป้งที่ออกจากเครื่อง Extruder กลายเป็นเส้น
- 9) การนึ่งเส้น (Steaming) เป็นการให้ความร้อนกับเส้น โดยใช้ความร้อนจากไอน้ำโดยตรง (Direct Steam)
- 10) การผึ่ง (Settling) เป็นการตากเส้นที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้เส้นเย็นตัวลง และคืนตัว
- 11) การอบแห้ง (Drying) เป็นกระบวนการลดความชื้นในเส้น โดยใช้ความร้อนจากลมร้อน (Steam-heated Air)
- 12) การบรรจุ (Packaging) เป็นการบรรจุหีบห่อเพื่อทำการจำหน่ายต่อไป

รูปที่ 4.1-2 ตัวอย่างกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมเส้นไหม



4.3 ลักษณะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรม

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมี่เมื่อพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ระยะ คือ ก่อนผลิต การคัดแยก การผลิตช่วงเปียก (กระบวนการล้างข้าวจนถึงการนึ่งเส้น) การผลิตช่วงแห้ง (กระบวนการอบแห้งจนถึงการบรรจุ) และขนส่งส่งถ้วยเตี้ย-เส้นหมี่ (ตารางที่ 4.3-1) โดยในช่วงขณะผลิตตั้งแต่กระบวนการล้างข้าวจนถึงการนึ่งเส้น จะเป็นช่วงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนช่วงขนส่งสินค้าจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย

ตารางที่ 4.3-1 การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรการผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมี่

ประเด็นปัญหาดังกล่าว		วงจรผลิตภัณฑ์				
		ก่อนผลิต (ตั้งแต่การปลูกข้าวจนถึงส่งข้าวหน้าโรงงาน)	คัดแยก	ช่วงเปียก (ตั้งแต่กระบวนการล้างข้าวจนถึงการนึ่งเส้น)	ช่วงแห้ง (ตั้งแต่กระบวนการอบแห้งจนถึงการบรรจุ)	ขนส่ง
การใช้ทรัพยากร	วัตถุดิบ	○	x	●	○	x
	น้ำ	●	x	●	x	x
	พลังงาน	●	●	●	●	○
การปล่อยมลพิษไปสู่	น้ำ	○	x	●	x	x
	อากาศ	○	○	●	○	○
	ดิน	○	x	○	x	x
การเกิดของเสียอันตราย		x	x	x	x	x
กากของเสีย		x	○	●	○	x
ผลกระทบด้านเสียง		x	○	○	○	x
ผลกระทบด้านกลิ่น		x	x	○	x	x
ผลกระทบด้านความร้อน		x	x	○	○	x

หมายเหตุ: x ไม่มีผลกระทบ
○ มีผลกระทบ
● มีผลกระทบมาก

4.3.1 ก่อนผลิต

ในช่วงก่อนการผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่จะรวมตั้งแต่กิจกรรมการปลูกข้าวจนถึงการส่งข้าวไปที่หน้าโรงงาน ซึ่งจะมีผลกระทบในเรื่องการใช้น้ำและสารเคมีเช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ในการปลูกข้าว การใช้พลังงานในการสีข้าวและการขนส่งปลายข้าวไปยังโรงงาน และสารมลพิษที่ปล่อยสู่แหล่งน้ำและอากาศ ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นทางโรงงานไม่สามารถควบคุมได้

4.3.2 ขณะผลิต

ลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมในอุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่ส่วนใหญ่เกิดขึ้นในขณะผลิต ซึ่งจากตารางที่ 4-1 ขั้นตอนกระบวนการผลิตจะเริ่มตั้งแต่ การคัดแยก จนกระทั่งถึง การบรรจุ โดยมีรายละเอียดลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมดังต่อไปนี้

1) การใช้ทรัพยากรน้ำ

น้ำที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่ส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาล โดยใช้ในขั้นตอนการล้างข้าวเป็นส่วนใหญ่ เพื่อขจัดสิ่งแปลกปลอมที่ติดมากจากการสีข้าวและระหว่างการเก็บรักษา และล้างแป้งที่ละลายน้ำ (soluble starch) เพื่อทำให้กล้วยเดี่ยวเหนียวขึ้น การใช้น้ำขึ้นกับคุณภาพของข้าว ถ้ามีการเจือปนของสิ่งปลอมปนมากก็ต้องใช้น้ำล้างมาก การผลิตกล้วยเดี่ยวมักใช้น้ำในปริมาณเท่ากับที่ผลิตเส้นหมี่ แต่เกิดเป็นน้ำเสียน้อยกว่า

2) การใช้พลังงาน

พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่แบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

- 1) พลังงานไฟฟ้าใช้ในการเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิตและในระบบแสงสว่าง
- 2) พลังงานความร้อน ได้แก่ พลังงานไอน้ำ ใช้ในกระบวนการนึ่งและอบแห้ง โดยมีแหล่งกำเนิดพลังงานจากหม้อไอน้ำซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น แกลบ ชี้เลื้อย ชี้กบ และน้ำมันเตา ซึ่งในปัจจุบันราคาแกลบประมาณ 200 บาทต่อตัน, ราคาชี้เลื้อยประมาณ 230 บาทต่อลูกบาศก์เมตร, ชี้กบประมาณ 200 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และน้ำมันเตาเกรด C ราคาประมาณ 8 บาทต่อลิตร

ซึ่งการผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่จะใช้พลังงานความร้อนมากกว่าพลังงานไฟฟ้าและมักเกิดความร้อนสูญเสียในระหว่างการผลิต จึงต้องมีการบำรุงรักษา เช่น การหุ้มฉนวนความร้อนเพื่อ

ไอน้ำและอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน และการผลิตเส้นไหมจะใช้พลังงานมากกว่า การผลิตเส้นก๋วยเตี๋ยว

3) สารมลพิษสู่น้ำ

ในกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นไหม น้ำเสียส่วนใหญ่ของโรงงานมาจากขั้นตอนการล้างทำความสะอาดข้าว และการแช่ข้าว ซึ่งลักษณะน้ำเสียจะมีแบ่งเป็นส่วนประกอบหลัก รวมทั้งยังมีสิ่งเจือปนและสิ่งสกปรกที่เจือปนมากับข้าวด้วย เช่น กววด ทราย เศษผงต่างๆ และข้าวเปลือก ดังนั้นถ้าข้าวมีความสกปรกมากจะต้องใช้น้ำล้างมาก ซึ่งทำให้เกิดน้ำเสียมากขึ้นด้วยเช่นกัน โดยทั่วไป น้ำเสียจากกระบวนการล้างคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำเสียในกระบวนการผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ ขั้นตอนการการไม่ม่มีน้ำแบ่งหยดเลอะเทอะ ทำให้ต้องมีการล้างบริเวณที่ไม่บ่อยๆ

จากการศึกษาของ ผศ.ดร.ชาติ เจียมไชยศรี (ปี พ.ศ. 2541) พบว่า ปริมาณน้ำเสียของโรงก๋วยเตี๋ยว เส้นไหม และขนมจีนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีปริมาณน้ำเสียเกิดขึ้นตั้งแต่ 15 ถึง 200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ขึ้นกับรายละเอียดของรูปแบบและกรรมวิธีผลิตที่ใช้ในแต่ละโรงงาน

น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตก๋วยเตี๋ยวเป็นน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์ประเภทแป้งปนเปื้อนในปริมาณสูง ทั้งที่ปนเปื้อนอยู่ในรูปของของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids, SS) และสารละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids, TDS) ซึ่งจะเป็นอาหารของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดกลิ่นและหากมีการหมักหมมมาเป็นเวลานาน จะเกิดกลิ่นรุนแรงมาก ถ้าถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ โดยทั่วไป น้ำเสียจากโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นไหมมีค่าความสกปรกในรูปของบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD₅) ประมาณ 1,500-3,000 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอย จะมีการแปรผันได้มากขึ้นอยู่กับการระบายน้ำเสียภายในโรงงานว่าเอื้ออำนวยต่อการตกตะกอนของแป้งในท่อระบายน้ำมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมที่ใช้ควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมแสดงดังตารางที่ 4.2-2

ตารางที่ 4.3-2 ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม*

ดัชนีคุณภาพน้ำ	ค่ามาตรฐาน	วิธีวิเคราะห์
1.ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH value)	5.5-9.0	pH Meter
2.ค่าที่ติเอส (TDS หรือ Total Dissolved Solids)	ไม่เกิน 3,000 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 5,000 มก./ล.	ระเหยแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
3.สารแขวนลอย (Suspended Solids)	ไม่เกิน 50 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม หรือประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 150 มก./ล.	กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fiber Filter Disc)
4.อุณหภูมิ (Temperature)	ไม่เกิน 40 °C	เครื่องวัดอุณหภูมิ วัดขณะทำการเก็บตัวอย่างน้ำ
5.สีหรือกลิ่น	ไม่เป็นที่พึงรังเกียจ	ไม่ได้กำหนด
6.น้ำมันและไขมัน (Fat, Oil and Grease)	ไม่เกิน 5.0 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 15 มก./ล.	สกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน
7.ค่าบีโอดี (5 วันที่อุณหภูมิ 20 °C) (Biochemical Oxygen Demand : BOD)	ไม่เกิน 20 มก./ล. หรืออาจแตกต่างกันแต่ประเภทของแหล่งรองรับน้ำทิ้ง หรือประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษเห็นสมควรแต่ไม่เกิน 60 มก./ล.	Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 °C เป็นเวลา 5 วัน

หมายเหตุ: * คัดลอกเฉพาะบางส่วนจากประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) ลงวันที่ 3 มกราคม 2539 เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 113 ตอนที่ 13 ลงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2539

ระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ส่วนใหญ่จะมีบ่อดักตะกอนขั้นต้นเพื่อแยกกากตะกอนแบ่งออกจากน้ำเสีย ก่อนปล่อยลงสู่บ่อกักเก็บภายในบริเวณโรงงานหรือระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป

4) กากของเสีย

กากของเสียที่เกิดขึ้น เกิดจากเศษข้าวที่ค้างบนตะแกรง เศษน้ำแป้งที่หก รวมถึงเศษแป้งนี้ เศษของถ้วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ที่ตกหล่นในขณะผลิต ซึ่งส่วนใหญ่กากของเสียที่เกิดขึ้นจะเป็นกากของเสียอินทรีย์ ซึ่งสามารถนำเสียได้ง่ายถ้าไม่มีการดูแลภายในโรงงานที่ดี และทำให้มีผลเสียต่อความสะอาดของผลิตภัณฑ์ โรงงานบางแห่งเศษถ้วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ที่ตกหล่นไปขายเป็นอาหารสัตว์หรือลดเกรดทำขนมต่อไป

ส่วนกากของเสียอีกประเภทหนึ่งที่เกิดขึ้น คือ ขี้เถ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทแกลบ และขี้เลื่อย ซึ่งในปัจจุบันมีการนำไปใช้เป็นวัสดุทางการเกษตร หรือใช้เป็นส่วนผสมในการทำเตาอิฐ หรือนำไปทำเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ที่ใช้เป็นตัวดูดซับกลิ่น สี และสารเคมีต่างๆ ในกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

5) มลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศที่เกิดจากอุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ คือ ฝุ่นแป้งตอนทำความสะอาดและอากาศเสียที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ (แกลบ ขี้เลื่อย ขี้กบ และน้ำมันเตา) ของหม้อไอน้ำเพื่อผลิตพลังงานความร้อน โดยอากาศเสียจะถูกระบายออกทางปล่องควันในกรณีโรงงานที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงมักจะติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นละอองแบบเปียกเพื่อดักฝุ่นละอองเบื้องต้นก่อนที่จะระบายอากาศเสียออกไป และมีเหลือเป็นขี้เถ้าร้อยละ 80-90 ส่วนมลพิษทางอากาศที่เกิดจากกระบวนการผลิตอื่นๆ จะเป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากจากขั้นตอนการคัดแยกข้าว

6) มลพิษอื่นๆ

มลพิษอื่นๆ ในกระบวนการผลิตถ้วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ได้แก่ เสียงดังที่เกิดจากเครื่องจักรในขั้นตอนการคัดแยกข้าว โม่ข้าว และนวดแป้ง ซึ่งมีระดับเสียงอยู่ในช่วง 70-80 เดซิเบลเอ รวมทั้งความร้อนที่เกิดจากหม้อกำเนิดไอน้ำ กระบวนการนึ่งแป้ง นึ่งเส้น และการอบแห้ง

4.3.3 ขณะขนส่ง

มีผลกระทบจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการปล่อยสารมลพิษสู่อากาศ ในยานพาหนะที่ใช้ขนส่งสินค้า ได้แก่ เชื้อเพลิง ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

4.4 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรม

คณะผู้วิจัยได้เลือกดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่จำนวน 28 ดัชนี เพื่อสะท้อนลักษณะปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีนัยสำคัญมีทั้งหมด 5 กลุ่ม แบ่งเป็น การใช้วัตถุดิบ การใช้น้ำ การใช้พลังงาน การปล่อยมลพิษสู่น้ำ และการปล่อยมลพิษสู่อากาศ (ตารางที่ 4.4-1) ทั้งนี้ มีดัชนีที่จัดว่าสำคัญควรตรวจวัดจำนวน 8 ดัชนี

ตารางที่ 4.4-1 ดัชนีวัดผลงานด้านการปฏิบัติการของอุตสาหกรรมผลิตกล้วยเดี่ยวและเส้นหมี่

ลักษณะปัญหา สิ่งแวดล้อม	ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยวัด	เกณฑ์ ที่เลือก	การ ตรวจวัด	ความ สำคัญ
1.การใช้วัตถุดิบ	1.1 ร้อยละของผลผลิต (%Yield) = $\frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (ตัน)} \times 100}{\text{น้ำหนักของปลายข้าว (ตัน)}}$	ร้อยละ	C	I	สำคัญ
2.การใช้น้ำ	2.1 ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	C,E	I	สำคัญ
3.การใช้พลังงาน	3.1 ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	C	I	สำคัญ
	3.2 ปริมาณการใช้น้ำมันเตา	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์	C	I	สำคัญ
	3.3 ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทดแทน - ชีเสื่อย หรือซีกบ - แกลบ	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	C	I	สำคัญ
	3.4 ปริมาณพลังงานทั้งหมด	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	C	I	-
4.มลพิษไปสู่น้ำ	4.1 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	C,E	I	-
	4.2 ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	มิลลิกรัมต่อลิตร	L	E	สำคัญ
	4.3 ค่าสารแขวนลอย (SS) ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	มิลลิกรัมต่อลิตร	L	E	สำคัญ
	4.4 ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	-	L	E	-
	4.5 ค่าความสกปรกในรูปบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย	กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์	E,C	E	-
5.มลพิษไปสู่อากาศ	5.1 จำนวนครั้งที่ถูกร้องเรียนเกี่ยวกับเรื่องฝุ่นละอองจากปล่องควัน	ครั้งต่อปี	L	I	สำคัญ

หมายเหตุ: เหตุผลที่เลือก C: ต้นทุน L: กฎหมาย E: สิ่งแวดล้อม

I (Internal) หมายถึง ดัชนีสิ่งแวดล้อมที่โรงงานสามารถตรวจวัดเองได้

E (External) หมายถึง ดัชนีสิ่งแวดล้อมที่โรงงานไม่สามารถตรวจวัดเองได้ ต้องให้หน่วยงานภายนอกทำการตรวจวัด

ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลตามดัชนี โดยการสำรวจข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง และข้อมูลจากการดำเนินโครงการเทคโนโลยีสะอาดของกลุ่มอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยว รวมทั้งการรวบรวมข้อมูลผลการวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อมจากหน่วยราชการ ได้แก่ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม และศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของดัชนีสิ่งแวดล้อมกลุ่มอุตสาหกรรมก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ ดังแสดงในตารางที่ 4.4-4

จากฐานข้อมูลโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยว-เส้นหมี่จำนวน 23 แห่ง มีกำลังการผลิตรวมประมาณ 55,000 ตันต่อปี เทียบกับกำลังการผลิตของโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยว-เส้นหมี่ทั่วประเทศ 489 แห่ง ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 133,000 ตันต่อปี¹ จะคิดเป็นร้อยละ 40 ของกำลังการผลิตทั้งประเทศ

¹ ตัวเลขประมาณการกำลังการผลิตของโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยว-เส้นหมี่ทั่วประเทศนี้ได้มาจากข้อมูลกำลังการผลิตของแต่ละโรงงานแจ้งต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ณ ตั้งแต่เริ่มจดทะเบียนโรงงาน ส่วนข้อมูลกำลังการผลิตในปัจจุบันของโรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยว-เส้นหมี่ทั่วประเทศนั้นยังไม่มีมีการสำรวจเพิ่มเติมไว้

ตารางที่ 4.4-2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีสิ่งแวดล้อมของกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมี่

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยดัชนี	ค่าที่ตรวจวัดจริง (1)				ค่าที่ได้จากรายงานอื่นๆ (2)				รวม (3)			
		จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
1.ร้อยละของผลิตภัณฑ์													
- เส้นหมี่อบแห้ง	ร้อยละ	6	81-90	87	3.3	N/A	N/A	N/A	N/A	6	81-90	87	3.3
- ถ้วยเตี้ยอบแห้ง	ร้อยละ	1	-	83	-	N/A	N/A	N/A	N/A	1	-	83	-
- เส้นใหญ่สด	ร้อยละ	5	130-200	170	29.9	N/A	N/A	N/A	N/A	5	130-200	170	29.9
- เส้นเล็กสด	ร้อยละ	3	111-190	142	42.2	N/A	N/A	N/A	N/A	3	111-190	142	42.2
- เส้นหมี่สด	ร้อยละ	2	115-120	118	3.5	N/A	N/A	N/A	N/A	2	115-120	118	3.5
- รวม (ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์)	ร้อยละ	2	100-112	106	8.5	N/A	N/A	N/A	N/A	2	100-112	106	8.5
2.ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิต													
- เส้นอบแห้ง	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	6	5.8-15.6	9.2	3.6	N/A	N/A	N/A	N/A	6	5.8-15.6	9.2	3.6
- เส้นสด	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	13	2.5-28.4	10.1	6.8	N/A	N/A	N/A	N/A	13	2.5-28.4	10.1	6.8
- รวม (ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์)	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	2	6.5-12.7	9.6	4.4	N/A	N/A	N/A	N/A	2	6.5-12.7	9.6	4.4
3.ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิต													
- เส้นอบแห้ง	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	6	104-548	234	163.9	N/A	N/A	N/A	N/A	6	104-548	234	163.9
- เส้นสด	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	11	19-490	134	138.9	N/A	N/A	N/A	N/A	11	19-490	134	138.9

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยดัชนี	ค่าที่ตรวจวัดจริง ⁽¹⁾				ค่าที่ได้จากรายงานอื่นๆ ⁽²⁾				รวม ⁽³⁾			
		จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	ค่าเฉลี่ย	SD
- รวม (ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์)	กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภัณฑ์	2	143-159	151	11.3	N/A	N/A	N/A	N/A	2	143-159	151	11.3
4.ปริมาณการใช้ไอน้ำเมตา													
- เติมน้ำมัน	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์	3	215-607	399	197.1	N/A	N/A	N/A	N/A	3	215-607	399	197.1
- เติมน้ำ	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์	6	114-316	212	83.6	N/A	N/A	N/A	N/A	6	114-316	212	83.6
- รวม (ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์)	ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์	1	-	307	-	N/A	N/A	N/A	N/A	1	-	307	-
5.ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทดแทน													
5.1 ซิลิโคน หรืออื่นๆ													
- เติมน้ำมัน	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	1	-	0.73	-	N/A	N/A	N/A	N/A	1	-	0.73	-
- เติมน้ำ	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	1	-	0.90	-	N/A	N/A	N/A	N/A	1	-	0.90	-
5.2 แอลกอฮอล์													
- เติมน้ำมัน	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	2	1.2-1.3	1.25	0.1	N/A	N/A	N/A	N/A	2	1.2-1.3	1.25	0.1
- เติมน้ำ	ตันต่อตันผลิตภัณฑ์	3	0.4-1.0	0.70	0.3	N/A	N/A	N/A	N/A	3	0.4-1.0	0.70	0.3
6.ปริมาณพลังงานทั้งหมด													
- เติมน้ำมัน	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	5	8,702-19,660	14,099	5,000	N/A	N/A	N/A	N/A	5	8,702-19,660	14,099	5,000
- เติมน้ำ	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	8	4,898-13,017	8,690	2,738	N/A	N/A	N/A	N/A	8	4,898-13,017	8,690	2,738
- รวม (ไม่สามารถแยกผลิตภัณฑ์)	เมกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์	1	-	12,781	-	N/A	N/A	N/A	N/A	1	-	12,781	-
7.ปริมาณน้ำเสียจากการผลิต	ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์	8	0.7-8.7	4.4	3.3	N/A	N/A	N/A	N/A	8	0.7-8.7	4.4	3.3
8.ค่า BOD ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัด	มิลลิกรัมต่อลิตร	11	3.3-1,086	328	356.5	6	3-104	26	13.1	17	3-1,086	215	289.0

ดัชนีสิ่งแวดล้อม	หน่วยวัด	ค่าที่ตรวจวัดจริง (1)				ค่าที่ได้จากรายงานอื่นๆ (2)				รวม (3)			
		จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD	จำนวนโรงงาน	พิสัย	เฉลี่ย	SD
9.ค่า SS ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัด	มิลลิกรัมต่อลิตร	11	5-964	197	220.2	3	4-440	62	44.2	14	4-964	165	104.5
10.ค่า pH ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัด	-	11	3.9-8.4	6.7	1.0	3	7.4-8.9	7.9	0.4	14	3.9-8.9	7.0	0.9
11.ค่า BOD Loading ของน้ำทิ้งจากระบบบำบัด	กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์	N/A	N/A	N/A	N/A	2	.018-0.072	0.033	0.036	2	0.018-0.072	0.033	0.036
12.จำนวนครั้งที่ถูกร้องเรียนเรื่องฝุ่นละอองจากปล่อง	ครั้งต่อปี	6	0	0	0	N/A	N/A	N/A	N/A	6	0	0	0

หมายเหตุ: (1) ค่าที่ตรวจวัดจริง ได้มาจากข้อมูลของโรงงานตัวอย่าง 6 โรงงาน ข้อมูลจากการดำเนินการตรวจวัดสิ่งแวดล้อมของภาคตะวันออก และศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมของภาคตะวันออก และศูนย์วิเคราะห์และทดสอบสิ่งแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(2) ค่าที่ได้จากแบบสอบถามและรายงานอื่นๆ ได้มาจากรายงานผลการวิเคราะห์ผลพิชิตที่ทางโรงงานส่งให้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม

(3) ค่ารวม เป็นผลรวมข้อมูลของ (1) และ (2)

1. ดัชนีร้อยละของผลิตผล (ร้อยละ)

ดัชนีร้อยละของผลิตผล เป็นดัชนีที่สามารถบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพการใช้วัตถุดิบหลักของโรงงาน และจะแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานและทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วย เช่นเมื่อเทียบระหว่างโรงงาน 2 โรงงาน ถ้าโรงงานแรกมีร้อยละของผลิตผลสูงกว่าโรงงานที่ 2 ในการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน จะแสดงให้เห็นว่าในการผลิตผลิตภัณฑ์ 1 หน่วยเท่ากัน โรงงานแรกจะใช้พลังงานและทรัพยากรในการผลิตเทียบต่อ 1 หน่วยผลิตภัณฑ์น้อยกว่าโรงงานที่ 2 ค่าร้อยละของผลิตผลนั้นโรงงานสามารถนำไปใช้ในการประมาณปริมาณปลายข้าวที่จะใช้ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่แต่ละครั้งเพื่อให้ได้จำนวนผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ เพื่อช่วยลดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกินความต้องการ ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตของโรงงาน และของเสียได้

ดัชนีร้อยละของผลิตผลจะต้องมีการแยกประเภทของผลิตภัณฑ์ เพราะในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน และความชื้นจะมีผลต่อน้ำหนักผลิตภัณฑ์ ซึ่งประเภทของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีอยู่ 5 ประเภท คือ เส้นหมี่สด เส้นหมี่แห้ง เส้นเล็กสด เส้นเล็กแห้ง (เส้นจันทร์) และเส้นใหญ่สด

ร้อยละของผลิตผลจะหาได้จาก

$$\text{ร้อยละของผลิตผล (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ (ตัน)}}{\text{น้ำหนักของปลายข้าว (ตัน)}} \times 100$$

หมายเหตุ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์จะคิดรวมปริมาณความชื้น และในกรณีที่มีการใช้แป้งมันเป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทียบหาร้อยละของผลิตผลจะมีน้ำหนักของแป้งมันรวมอยู่ด้วย

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีค่าร้อยละของผลิตผล ในการผลิตก๋วยเตี๋ยวเส้นใหญ่สด มีค่าระหว่าง 130-200 ค่าเฉลี่ย 170 เส้นเล็กสด มีค่าระหว่าง 111-190 ค่าเฉลี่ย 142 เส้นเล็กอบแห้ง (เส้นจันทร์) มีค่าเฉลี่ย 83 เส้นหมี่สด มีค่าระหว่าง 115-120 ค่าเฉลี่ย 118 เส้นหมี่อบแห้ง มีค่าระหว่าง 81-90 ค่าเฉลี่ย 87 และโรงงานที่มีการผลิตมากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถหาค่าร้อยละของผลิตผลในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ผลิตได้ โดยมีสัดส่วนการผลิตเส้นสดประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เส้นอบแห้งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าระหว่าง 100-112 ค่าเฉลี่ย 106 แต่เมื่อพิจารณาค่าพิสัยในร้อยละของผลิตผลในการผลิตเส้นใหญ่สด และเส้นเล็กสดมีค่าห่างกันมาก โดยโรงงานที่มีร้อยละของผลิตผลต่ำ มีการผลิตโดยไม่มีการเติมแป้งมันล่าปะหลัง

ลงไป ซึ่งโดยปกติในการผลิตถ้วยเดี่ยวและเส้นหมี่จะมีการเติมแป้งมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มความเหนียวของเส้น

ตารางที่ 4.4-3 ค่าร้อยละของผลิตผลของผลิตภัณฑ์ถ้วยเดี่ยว และเส้นหมี่ประเภทต่างๆ

ประเภทผลิตภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์ความชื้นในผลิตภัณฑ์	ร้อยละผลิตผล
เส้นใหญ่สด	60-64	130-200
เส้นเล็กสด	35-37	111-190
เส้นเล็กอบแห้ง	11-13	83
เส้นหมี่สด	18-33	115-120
เส้นหมี่อบแห้ง	10-13	81-90

จากตารางที่ 4.4-3 ค่าร้อยละผลิตผลในทางทฤษฎีนั้นควรจะมีค่าไม่เกิน 100 ซึ่งในการคิดคำนวณน้ำหนักผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องจะไม่รวมความชื้นในผลิตภัณฑ์ และไม่รวมน้ำหนักของแป้งมันที่เติมลงไปด้วย แต่ในทางปฏิบัติทางโรงงานยังไม่มี การเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่หักความชื้นและน้ำหนักของแป้งมันออก

2. ดัชนีปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต (ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์)

ดัชนีปริมาณการใช้น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นดัชนีสำคัญที่บ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน เนื่องจากน้ำเป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงานจะเป็นน้ำที่ใช้ในส่วนกระบวนการผลิต ได้แก่ น้ำที่ใช้ล้างข้าว ไม่ข้าว น้ำป้อนหม้อไอน้ำ น้ำที่ใช้ล้างเครื่องจักรและล้างทำความสะอาดพื้น ซึ่งการกำหนดหน่วยวัดเป็นลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำในระยะเวลาต่างๆ ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานที่มีผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณการใช้น้ำสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตของโรงงานได้

ดัชนีปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะต้องมีการแยกประเภทของผลิตภัณฑ์ เพราะในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งมีการใช้น้ำไม่เท่ากัน โดยสามารถแยกออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เส้นอบแห้ง 2) เส้นสด อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อมูลจากโรงงานที่ทำการผลิตทั้งเส้นอบแห้ง และเส้นสด และไม่ได้มีมิเตอร์วัดแยก จึงไม่สามารถแยกประเภทออกได้

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตถ้วยเดี่ยวและเส้นหมี่มีปริมาณน้ำใช้ ในการผลิตเส้นอบแห้ง (เส้นเล็กอบแห้ง และเส้นหมี่อบแห้ง) มีค่าระหว่าง 5.8-15.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิต

ภณท์ ค่าเฉลี่ย 9.2 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภณท์ ผลิตเส้นสด (เส้นใหญ่สด เส้นเล็กสด และเส้นหมีสด) มีค่าระหว่าง 2.5-28.4 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภณท์ ค่าเฉลี่ย 10.1 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภณท์ และโรงงานที่มีการผลิตทั้งเส้นอบแห้งและเส้นสด ซึ่งไม่สามารถหาค่าปริมาณน้ำใช้ในการผลิตเส้นอบแห้งและเส้นสดที่ผลิตได้ โดยมีสัดส่วนการผลิตเส้นสดประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เส้นอบแห้งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าระหว่าง 6.5-12.7 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภณท์ ค่าเฉลี่ย 9.6 ลูกบาศก์เมตรต่อตันผลิตภณท์ แต่เมื่อพิจารณาค่าพิสัยในปริมาณการใช้น้ำในการผลิตเส้นสดมีค่าห่างกันมาก โดยโรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำในผลิตต่ำ มีการผลิตโดยใช้แบ่งแห้ง แทนปลายข้าว ทำให้มีการใช้น้ำในการผลิตน้อยมาก เพราะจะไม่มีขั้นตอนการล้างข้าว การแช่ข้าว และการไม่ข้าว ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการใช้น้ำมากในกระบวนการผลิต

อย่างไรก็ตามในส่วนปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งประมาณ 40-50 % ที่จะสูญเสียไปในขั้นตอนการนึ่งแบ่ง นึ่งเส้น และการอบแห้ง รวมทั้งมีน้ำส่วนที่แฝงไปกับผลิตภณท์ในรูปของความชื้นซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภณท์ชนิดนั้นๆ เช่น เส้นอบแห้งจะมีความชื้นของผลิตภณท์ประมาณ 10-13 %

3. ดัชนีปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิต (กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภณท์)

เหตุผลที่เลือกดัชนีปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน เนื่องจากไฟฟ้าที่เป็นต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงานจะเป็นไฟฟ้าที่ใช้ในส่วนกระบวนการผลิตในการเดินอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ไฟแสงสว่าง เป็นต้น ซึ่งการกำหนดหน่วยวัดเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภณท์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระยะเวลาดังกล่าว ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานที่มีผลิตภณท์ชนิดเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตของโรงงานได้

ดัชนีปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตจะต้องมีการแยกประเภทของผลิตภณท์ เพราะในแต่ละประเภทของผลิตภณท์จะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละผลิตภณท์จะมีการใช้ไฟฟ้าไม่เท่ากัน โดยสามารถแยกปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามประเภทของผลิตภณท์ก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เส้นอบแห้ง 2) เส้นสด

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตเส้นอบแห้ง (เส้นเล็กอบแห้ง และเส้นหมี่อบแห้ง) มีค่าระหว่าง 104-548 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภณท์ ค่าเฉลี่ย 234 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภณท์ ผลิตเส้นสด (เส้นใหญ่สด เส้นเล็กสด และเส้นหมี่สด) มีค่าระหว่าง 19-490 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันผลิตภณท์ ค่าเฉลี่ย 134 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ต่อต้านผลิตภัณฑ์ และโรงงานที่มีการผลิตทั้งเส้นอบแห้งและเส้นสด ซึ่งไม่สามารถหาค่าปริมาณไฟฟ้าใช้ในการผลิตเส้นอบแห้งและเส้นสดที่ผลิตได้ โดยมีสัดส่วนการผลิตเส้นสดประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เส้นอบแห้งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าระหว่าง 143-159 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อต้านผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 151 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อต้านผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อพิจารณาค่าพิสัยในปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตเส้นสดมีค่าห่างกันมาก โดยโรงงานที่มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในผลิตต่ำ มีการผลิตโดยใช้แบ่งแห้งเป็นวัตถุดิบแทนปลายข้าว ทำให้มีการใช้ไฟฟ้าในการผลิตน้อยมาก เพราะจะไม่มีเครื่องจักรในขั้นตอนการล้างข้าว การแช่ข้าว และการไม่ข้าว

4. ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตา (ลิตรต่อต้านผลิตภัณฑ์)

ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตาเป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อไอน้ำเพื่อผลิตพลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการนึ่งแบ่ง นึ่งเส้น และอบแห้ง ซึ่งจัดเป็นทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป และการใช้น้ำมันเตายังก่อให้เกิดสารมลพิษสู่อากาศ เช่น เขม่าควัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการเผาไหม้ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นนั้นสามารถดูดซับรังสีความร้อน ทำให้ความร้อนถูกเก็บกักไว้แต่ภายในไม่สามารถถ่ายเทสู่อวกาศได้ จึงทำให้อุณหภูมิอากาศร้อนขึ้น (Global Warming) ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) การกำหนดหน่วยวัดเป็นลิตรต่อต้านผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในระยะเวลาต่างๆ ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงได้ แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตาสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำมันเตาในกระบวนการผลิตของโรงงานได้

ดัชนีปริมาณการใช้น้ำมันเตา ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตจะต้องมีการแยกประเภทของผลิตภัณฑ์ เพราะมีการใช้พลังงานไม่เท่ากัน โดยสามารถแยกปริมาณการใช้น้ำมันเตาตามประเภทของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เส้นอบแห้ง 2) เส้นสด ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นอบแห้งมีความต้องการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นสด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นอบแห้งจึงมีค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สูงกว่า แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการจัดการด้านพลังงานของโรงงานแต่ละแห่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญด้วยอีกประการหนึ่ง

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในการผลิตเส้นอบแห้ง (เส้นเล็กอบแห้ง และเส้นหมี่อบแห้ง) มีค่าระหว่าง 215-607 ลิตรต่อต้านผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 399 ลิตรต่อต้านผลิตภัณฑ์ ผลิตเส้นสด (เส้นใหญ่สด เส้นเล็กสด และเส้นหมี่สด) มีค่า

ระหว่าง 114-316 ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 212 ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์ และโรงงานที่มีการผลิตมากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ซึ่งไม่สามารถหาค่าปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ในผลิตเส้นอบแห้ง และเส้นสดที่ผลิตได้ โดยมีสัดส่วนการผลิตเส้นสดประมาณ 70-80 เปอร์เซ็นต์ เส้นอบแห้งประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ย 307 ลิตรต่อตันผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อพิจารณาค่าพิสัยในปริมาณการใช้น้ำมันเตาในการผลิตเส้นอบแห้ง และเส้นสดมีค่าห่างกันมาก โดยโรงงานที่มีปริมาณการใช้น้ำมันเตาต่ำมีการใช้หม้อไอน้ำที่มีขนาดเหมาะสมกับกำลังการผลิต

5. ดัชนีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทดแทน (ตันต่อตันผลิตภัณฑ์)

ดัชนีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเป็นดัชนีที่สำคัญในการบ่งชี้ผลการดำเนินงานด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงาน เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้กับหม้อไอน้ำเพื่อผลิตพลังงานความร้อนในรูปของไอน้ำที่ใช้ในกระบวนการนึ่งแป้ง นึ่งเส้น และอบแห้ง ประเภทของเชื้อเพลิงทดแทนที่ใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ประกอบด้วย ชี้อเลื่อยหรือซีกบ และแกลบ ซึ่งเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งแทนการใช้น้ำมันเตา อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อเพลิงทดแทนนั้นจะก่อให้เกิดสารมลพิษสู่อากาศ เช่น ฝุ่นละออง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซึ่งได้จากการเผาไหม้ ถ้าไม่มีการจัดการอย่างถูกต้อง อาจทำให้เกิดการฟุ้งกระจายในอากาศได้เมื่อเกิดลมพัด ซึ่งเป็นอันตรายต่อมนุษย์ และอาจรบกวนต่อชุมชนรอบข้างได้ การกำหนดหน่วยวัดเป็นตันต่อตันผลิตภัณฑ์ เนื่องจากจะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบในเรื่องค่าพลังงานความร้อนได้ ซึ่งจะใช้เปรียบเทียบเป็นต่อหน่วยน้ำหนักของเชื้อเพลิง

ดัชนีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงทดแทนจะต้องมีการแยกประเภทของผลิตภัณฑ์ เพราะในแต่ละประเภทของผลิตภัณฑ์จะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งในแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีการพลังงานไม่เท่ากัน โดยสามารถแยกปริมาณการใช้ชี้อเลื่อยหรือซีกบตามประเภทของผลิตภัณฑ์ก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เส้นอบแห้ง 2) เส้นสด ซึ่งโดยทั่วไปผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นอบแห้งมีความต้องการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตสูงกว่าผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นสด ดังนั้นผลิตภัณฑ์ประเภทเส้นอบแห้งจึงมีค่าปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์สูงกว่านั่นเอง แต่ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการจัดการด้านพลังงานของโรงงานแต่ละแห่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญด้วยอีกประการหนึ่ง

จากการเก็บข้อมูลพบว่า โรงงานผลิตก๋วยเตี๋ยวและเส้นหมี่มีปริมาณชี้อเลื่อย หรือซีกบที่ใช้ในการผลิตเส้นอบแห้ง (เส้นเล็กอบแห้ง และเส้นหมี่อบแห้ง) มีค่าเฉลี่ย 0.73 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ผลิตเส้นสด (เส้นใหญ่สด เส้นเล็กสด และเส้นหมี่สด) มีค่าเฉลี่ย 0.90 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาจากปริมาณการใช้ชี้อเลื่อย หรือซีกบ ในการผลิตเส้นอบแห้งจะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าการผลิต

เส้นสด เนื่องจากในการเก็บข้อมูลพบว่ามีจำนวนโรงงานที่มีการใช้ชี้เลี้ยง หรือซึ่กบเป็นเชื้อเพลิงเพียง 2 โรงงาน ทำให้จำนวนฐานข้อมูลที่มาใช้คำนวณหาค่าเฉลี่ยมีน้อย และในโรงงานที่มีปริมาณการใช้ชี้เลี้ยง หรือซึ่กบ ในการผลิตเส้นหมือบแห้ง มีการใช้หม้อไอน้ำที่มีขนาดเหมาะสมกับกำลังการผลิต

โรงงานผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมีมีปริมาณแกลบที่ใช้ในการผลิตเส้นอบแห้ง (เส้นเล็กอบแห้ง และเส้นหมือบแห้ง) มีค่าระหว่าง 1.2-1.3 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 1.25 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์ (เส้นใหญ่สด เส้นเล็กสด และเส้นหมีสด) มีค่าระหว่าง 0.4-1.0 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ ค่าเฉลี่ย 0.70 ตันต่อตันผลิตภัณฑ์ แต่เมื่อพิจารณาค่าพิสัยในปริมาณการใช้แกลบในการผลิตเส้นสดมีค่าต่างกันมาก โดยโรงงานที่มีปริมาณการใช้แกลบในผลิตสูง เนื่องจากมีการใช้หม้อไอน้ำไม่เหมาะสมกับกำลังการผลิต หรือแกลบที่ใช้มีความชื้นสูงทำให้ต้องใช้แกลบในปริมาณที่สูงขึ้นเพื่อให้ได้ค่าพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้เท่าเดิม

6. ดัชนีปริมาณพลังงานทั้งหมด (เมกกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์)

เนื่องจากอุตสาหกรรมผลิตถ้วยเตี้ยและเส้นหมีส่วนใหญ่จะมีการใช้พลังงานมากกว่า 1 แหล่ง และในบางช่วงเวลาจะมีการใช้พลังงานในแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงกำหนดให้พิจารณาพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ได้แก่ พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า โดยวัดเป็นเมกกะจูลต่อตันผลิตภัณฑ์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานในระยะเวลาต่างๆ ของโรงงานหรือแต่ละโรงงานอุตสาหกรรมประเภทเดียวกันได้แม้ว่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกัน ดัชนีปริมาณพลังงานสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการที่จะหาแนวทางการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตของโรงงานให้มีประสิทธิภาพ

ค่าพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าสามารถคำนวณโดย นำปริมาณการใช้มาคูณกับค่าพลังงานความร้อนต่อหน่วย ตามตารางที่ 4.4-4

ตารางที่ 4.4-4 ค่าพลังงานความร้อน

ประเภท	หน่วย	พลังงานต่อหน่วยเมกกะจูล
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.60
น้ำมันเตา	ลิตร	39.77
แกลบ	กิโลกรัม	14.40
ชี้เลี้ยง	กิโลกรัม	10.88

ที่มา : กรมพัฒนาและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม