

คู่มือ

การปฏิบัติที่ดี/

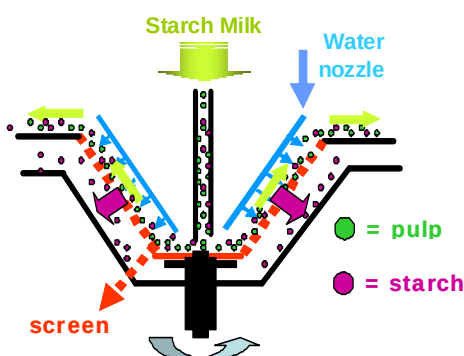
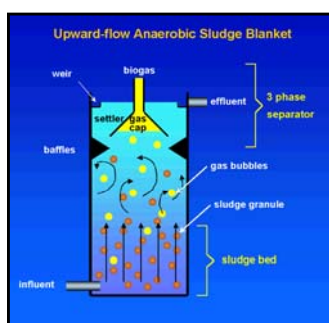
เป็นเลิศ

Energy & Eco
Efficiency in Agro-
Industry



THAI - GERMAN PROGRAM FOR ENTERPRISE COMPETITIVENESS

การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ
สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง



สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	3
บทที่ 2	ขอบเขตของคู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ	5
บทที่ 3	อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย	6
3.1	ข้อมูลทั่วไป	6
3.2	มุมมองทางธุรกิจของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย	13
บทที่ 4	กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	15
4.1	บททั่วไป	15
4.2	หน่วยทำความสะอาดและโมห้วมันสำปะหลัง	16
4.3	หน่วยสกัดแป้งมันสำปะหลัง	19
4.4	หน่วยแยกแป้ง (Separator)	23
4.5	หน่วยสลัดแห้งแป้ง (Dewatering)	28
4.6	หน่วยอบแห้งแป้ง (Drying) และบรรจุ	28
4.7	หน่วยการสร้างลมร้อน	29
4.8	หน่วยสกัดและอัดกากมัน	32
4.9	หน่วยการผลิตน้ำดีและน้ำกำมะถัน (กรด Sulfurous)	34
4.10	หน่วยบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ	35
4.10.1	ระบบที่จุลินทรีย์แขวนลอยในระบบ	37
4.10.2	ระบบที่จุลินทรีย์ติดอยู่บนตัวกลาง	39
4.11	ภาพรวมทั่วไปของการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	41
บทที่ 5	การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพ เชิงเศรษฐกิจ	43

5.1	การประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เชิงเศรษฐกิจตามดัชนีชี้วัดประสิทธิผล	43
5.1.1	ประสิทธิภาพการผลิตแยมมันสำปะหลังและการสูญเสียแบ่ง	43
5.1.2	การใช้พลังงานไฟฟ้า	51
5.1.3	การใช้น้ำในกระบวนการผลิต	56
5.1.4	การผลิตก๊าซชีวภาพ	61
5.1.5	การใช้พลังงานความร้อน	67
5.2	การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศสำหรับการบริหารจัดการผลิต	79
5.2.1	เทคนิคการบริหารจัดการ	79
5.2.2	การกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน	84
บทที่ 6	ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการปรับปรุงผลงาน เชิงเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมผลิตแยมมันสำปะหลัง	89
6.1	ผลการปรับปรุงและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	89
6.2	รายละเอียดของผลการปรับปรุง	94
6.2.1	การสูญเสียแบ่งในกากมัน	94
6.2.2	การสูญเสียแบ่งในน้ำเสีย	96
6.2.3	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม	97
6.2.4	ปริมาณน้ำที่ใช้รวมสำหรับกระบวนการผลิต	98
6.2.5	ค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง	99
6.3	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการกำหนดเกณฑ์ ในการตัดสินใจดำเนินมาตรการปรับปรุง	99
บทที่ 7	ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการปรับปรุง ผลงานสู่ความเป็นเลิศและการเปรียบเทียบวัด เชิงเศรษฐกิจต่อไป	101

บทที่ 1 บทนำ

คู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice Guide) เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง เกิดขึ้นจากการดำเนินการเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) ภายใต้โครงการ “Energy and Eco-Efficiency in Agro-Industry” หรือ E3Agro โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงการความร่วมมือ ไทย – เยอรมัน เพื่อการปรับปรุงศักยภาพการแข่งขัน (Thai - German Programme for Enterprise Competitiveness) โครงการ E3Agro ได้รับการดำเนินการร่วม ระหว่าง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และ German Technical Cooperation (GTZ)

การเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) และการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้รับการดำเนินการ โดยการเปรียบเทียบค่าตามดัชนีชี้วัดผลงานด้านประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจต่างๆ (KPIs) จำนวน 6 ตัว และเรียงลำดับผลงานด้านประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจของโรงงานต่างๆ ที่เข้าร่วมโครงการ จำนวน 4 โรงงาน โรงงานที่มีผลงานดีที่สุดสำหรับดัชนีชี้วัดผลงานแต่ละตัว ได้รับการบ่งชี้จากการประเมินผลข้อมูลต่างๆ ในระหว่างการดำเนินการเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) ความหมายของผลงานที่ทำได้ดีที่สุด (Best Performance) ในที่นี้ หมายถึง วิธีปฏิบัติ (Method) เทคโนโลยี (Technology) และ/หรือ ระบบบริหารจัดการ (Management System) ที่ได้รับการนำมาใช้โดยโรงงานที่มีผลงานดีที่สุดสำหรับแต่ละดัชนีชี้วัดผลงานแต่ละตัว โรงงานที่มีผลงานดีที่สุด ได้รับการกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลงาน (Gap-Analysis) ตามค่าดัชนีชี้วัดผลงานแต่ละตัว สำหรับโรงงานต่างๆ ที่เข้าร่วมโครงการ จากนั้นทำการกำหนดมาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) เพื่อยกระดับผลงานด้านประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจเทียบกับโรงงานที่มีผลงานดีที่สุดสำหรับแต่ละดัชนีชี้วัดผลงานนั้นๆ

บริษัท เอเอสเอ เมนเนจเม้นท์ จำกัด ที่ปรึกษาโครงการ ได้รับการมอบหมายให้ดำเนินโครงการการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) โดยได้ดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลงาน (Gap-Analysis) จากการเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) ตามค่าดัชนีชี้วัดผลงานต่างๆ ที่ต้องการปรับปรุง ดังนี้

- การกำหนดหัวข้อ (ผลงานหรือค่า KPI) ที่ต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ
- ทบทวนข้อมูล และการควบคุมกระบวนการผลิตในปัจจุบัน เพื่อบ่งชี้สาเหตุที่ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจต่ำกว่า

- การกำหนดมาตรการปรับปรุงและแผนการดำเนินงานที่เหมาะสม เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ โดยการลดความแตกต่างของผลงาน
- การดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงและประเมินผลสำเร็จที่ได้รับ
- การกำหนดมาตรการปรับปรุงต่างๆ เป็นมาตรฐานการดำเนินงานของโรงงานต่อไป

แนวทางการประยุกต์ใช้วิธีการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ ตลอดจนผลสำเร็จของการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจตามแผนงานการปรับปรุงได้รับการจัดทำเป็น คู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice Guide) เล่มนี้ โดยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า คู่มือเล่มนี้จะมีส่วนในการเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันสำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย โดยการประยุกต์ใช้ เทคโนโลยีการผลิตที่ให้ผลคุ้มค่า (Cost-Effective Production Process Technology) และ เทคนิคการบริหารจัดการที่ดี (Professional Management Techniques) รวมทั้งการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ชีวมวล (Biomass) สำหรับการผลิตพลังงาน

บทที่ 2 ขอบเขตของคู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ

คู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ เล่มนี้ ครอบคลุมประเด็นต่างๆ ของผลงานที่ดีที่สุด (Best Performance) สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตามดัชนีชี้วัดผลงานด้านประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (KPIs) จำนวน 6 ตัวที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 5 คู่มือเล่มนี้ เปิดโอกาสให้โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังต่างๆ สามารถเปรียบเทียบข้อมูลของโรงงานกับโรงงานที่มีผลงานดีที่สุดสำหรับดัชนีชี้วัดผลงานแต่ละตัว การจัดทำคู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ เล่มนี้ ดำเนินการจากการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) การเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ระหว่างการดำเนินการวิเคราะห์ความแตกต่างของผลงาน (Gap-Analysis) รวมทั้งการติดตามผลงานการปรับปรุงที่โรงงานแต่ละแห่งที่เข้าร่วมโครงการ สำหรับวัตถุประสงค์หลักของคู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ มีดังนี้

- เพื่อให้ผู้บริหารโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้เข้าใจถึงความสำคัญ หลักการและประโยชน์จากการประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลงาน (Gap-Analysis) และการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ และเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันทางธุรกิจ
- เพื่อเป็นคู่มือสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ โดยการประยุกต์ใช้การเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) การวิเคราะห์ความแตกต่างของผลงาน (Gap-Analysis) และการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) สำหรับแต่ละกระบวนการผลิตที่ต้องการปรับปรุง

เนื้อหาที่กล่าวถึงในคู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ ฉบับนี้ ประกอบด้วย ความเป็นมาของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย กระบวนการผลิตที่เป็นแบบมาตรฐาน ดัชนีชี้วัดผลงานที่เหมาะสม (Key Performance Indicators, KPIs) เนื้อหาและหลักการเกี่ยวกับการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ การประยุกต์ใช้การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจตามดัชนีชี้วัดผลงานที่ได้รับการคัดเลือกในกระบวนการผลิตและกระบวนการสนับสนุนการผลิตต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศในด้านการใช้พลังงาน การประยุกต์ใช้เทคนิคการบริหารจัดการ (Management Techniques) รวมทั้งผลสำเร็จและผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่ได้รับจากการปรับปรุงผลงานเชิงเศรษฐกิจในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ได้รับการคัดเลือกจำนวน 4 โรงงาน

บทที่ 3 อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

3.1 ข้อมูลทั่วไป

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นอุตสาหกรรมการเกษตรประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย แป้งมันสำปะหลังสกัดจากหัวมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี และสามารถปลูกได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งพืชชนิดอื่นๆ เติบโตได้ยาก หัวมันสำปะหลังสามารถเก็บไว้ในดินได้นานถึง 24 เดือน และในบางสายพันธุ์สามารถเก็บได้นานถึง 36 เดือน ดังนั้นเกษตรกรจึงสามารถขยายเวลาเก็บเกี่ยวได้ถึงช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมทางการตลาด หรือการผลิต

ปัจจุบันในประเทศไทยมีเนื้อที่การเพาะปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.48 ล้านไร่ (1ไร่ เท่ากับ 1,600 ตารางเมตร) คิดเป็นผลผลิต 26.41 ล้านตัน และคิดเป็นมูลค่า 29,581 ล้านบาท (ตารางที่ 3.1) เนื้อที่เพาะปลูก ส่วนใหญ่อยู่ยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งผลิตมันสำปะหลัง 5 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา กำแพงเพชร ชัยภูมิ สระแก้ว และฉะเชิงเทรา (ตารางที่ 3.2 3.3 และ รูปที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 เนื้อที่ ผลิต ผลผลิตต่อไร่ ราคา และมูลค่าของมันสำปะหลัง ระหว่างปี 2541-2550

ปี	เนื้อที่ เพาะปลูก (1,000 ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (1,000 ไร่)	ผลผลิต (1,000 ตัน)	ผลผลิต (กก./ไร่)	ราคาขายได้ (บาท/กก.)	มูลค่าของ ผลผลิต (ล้านบาท)
2541	6,694	6,527	15,591	2,388	1.26	19,644
2542	7,200	6,659	16,507	2,479	0.91	15,021
2543	7,406	7,068	19,064	2,697	0.63	12,010
2544	6,918	6,558	18,396	2,805	0.69	12,693
2545	6,224	6,176	16,868	2,731	1.05	17,712
2546	6,435	6,386	19,718	3,087	0.93	18,337
2547	6,757	6,608	21,440	3,244	0.80	17,152
2548	6,524	6,162	16,938	2,749	1.33	22,528
2549	6,933	6,693	22,584	3,375	1.29	29,134
2550	7,479	7,201	26,411	3,668	1.12	29,581

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550)

ตารางที่ 3.2 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละภาค ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2548	2549	2550	2548	2549	2550	2548	2549	2550
รวมทั้งประเทศ	6,523,898	6,933,418	7,478,753	16,938,245	22,584,402	26,411,233	2,749	3,375	3,668
เหนือ	937,916	967,717	1,092,469	2,595,908	3,208,418	3,822,862	2,863	3,424	3,615
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3,492,630	3,814,409	4,127,456	8,719,235	12,152,480	14,286,485	2,674	3,300	3,607
กลาง	2,093,352	2,151,292	2,258,828	5,623,102	7,223,504	8,301,886	2,819	3,485	3,804

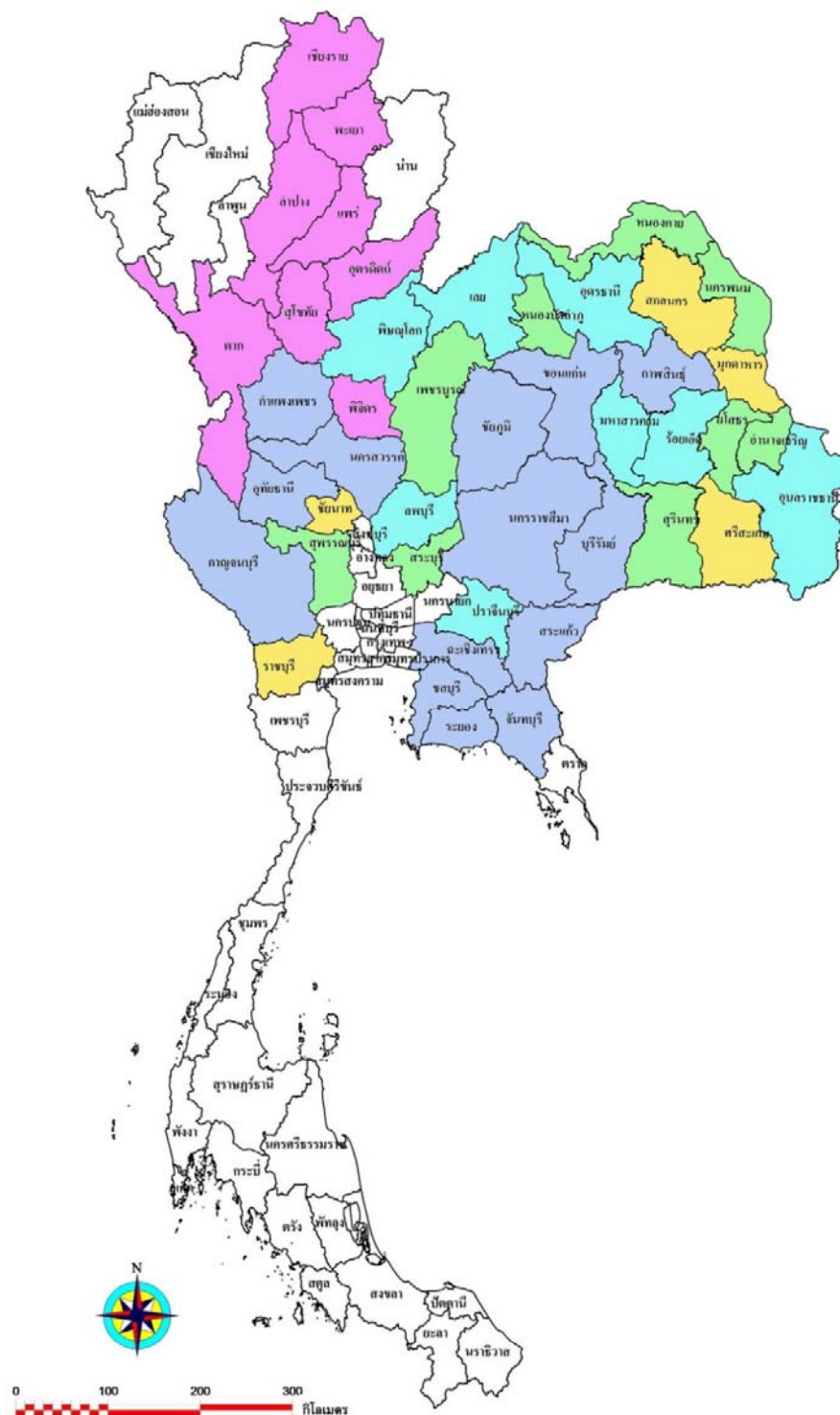
ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550)

ตารางที่ 3.3 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิตมันสำปะหลังในแต่ละจังหวัด ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2550

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2548	2549	2550	2548	2549	2550	2548	2549	2550
รวมทั้งประเทศ	6,523,898	6,933,418	7,478,753	16,938,245	22,584,402	26,411,233	2,749	3,375	3,668
เชียงราย	4,596	5,855	5,971	11,587	16,162	17,454	2,637	2,882	3,035
พะเยา	538	532	510	1,229	1,350	1,465	2,405	2,663	2,972
ลำปาง	630	598	448	1,510	1,574	1,233	2,463	2,704	2,815
ตาก	1,894	1,674	1,825	3,787	4,353	5,406	2,475	2,945	3,233
กำแพงเพชร	371,145	386,628	412,267	1,077,695	1,335,910	1,507,696	2,967	3,529	3,745
สุโขทัย	823	1,068	1,513	1,868	2,744	4,793	2,341	2,649	3,243
แพร่	1,515	1,172	1,232	3,330	2,943	3,750	2,292	2,614	3,141
น่าน	5,985	-	-	13,729	-	-	2,396	-	-
อุดรดิตถ์	11,102	4,241	5,452	31,060	12,664	17,029	2,957	3,147	3,278
พิษณุโลก	147,337	158,480	180,012	389,268	519,552	611,557	2,730	3,384	3,503
พิจิตร	3,507	3,606	3,765	9,313	10,648	11,490	2,753	3,057	3,124
นครสวรรค์	188,277	194,893	232,572	525,072	644,106	793,465	2,904	3,436	3,542
อุทัยธานี	179,084	185,191	219,795	467,657	584,563	759,105	2,743	3,308	3,608
เพชรบูรณ์	21,482	23,779	27,109	58,803	71,849	88,419	2,852	3,143	3,386
เลย	132,955	138,942	163,134	345,166	371,634	482,566	2,755	2,829	3,116
หนองบัวลำภู	38,566	41,582	45,753	99,892	128,142	146,672	2,700	3,207	3,300
อุดรธานี	145,740	152,696	173,680	385,611	510,675	615,803	2,775	3,500	3,684
หนองคาย	44,417	46,288	40,232	111,371	128,607	121,792	2,637	2,915	3,141

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.)		
	2548	2549	2550	2548	2549	2550	2548	2549	2550
สกลนคร	66,689	64,326	66,952	158,564	171,043	202,971	2,570	2,858	3,207
นครพนม	12,270	11,191	11,883	26,754	28,710	34,557	2,404	2,804	3,147
มุกดาหาร	102,953	92,789	94,843	247,511	239,023	271,415	2,712	2,725	3,047
ยโสธร	43,634	45,103	46,390	114,059	139,762	157,304	2,751	3,253	3,521
อำนาจเจริญ	31,411	33,147	31,252	71,336	90,558	96,296	2,436	2,917	3,256
อุบลราชธานี	68,765	82,869	104,934	157,177	234,633	352,536	2,498	3,072	3,598
ศรีสะเกษ	53,344	56,866	84,767	115,585	154,774	274,129	2,458	2,892	3,488
สุรินทร์	36,757	44,018	39,597	81,888	110,474	121,522	2,468	2,754	3,307
บุรีรัมย์	194,149	190,083	202,683	492,183	589,394	714,827	2,728	3,154	3,639
มหาสารคาม	111,055	120,595	129,605	255,953	338,185	405,821	2,596	2,963	3,354
ร้อยเอ็ด	104,102	115,679	110,286	248,316	329,487	358,530	2,527	3,008	3,403
กาฬสินธุ์	295,524	309,485	274,230	785,072	1,050,426	989,633	2,800	3,568	3,735
ขอนแก่น	190,700	216,131	224,157	502,485	695,477	779,014	2,763	3,367	3,663
ชัยภูมิ	348,674	354,887	388,790	880,249	1,136,649	1,302,687	2,647	3,351	3,518
นครราชสีมา	1,470,924	1,697,732	1,894,286	3,640,063	5,704,827	6,858,410	2,663	3,418	3,739
สระบุรี	20,304	21,958	22,924	55,008	73,669	82,959	2,871	3,544	3,860
ลพบุรี	89,828	94,432	105,801	253,368	346,917	398,994	2,921	3,800	3,906
ชัยนาท	68,993	71,841	74,602	176,457	225,947	248,638	2,620	3,220	3,414
สุพรรณบุรี	26,181	28,177	31,833	63,320	83,410	105,083	2,510	3,068	3,384
ปทุมธานี	147,909	152,887	157,012	392,199	516,497	560,054	2,772	3,525	3,706
ฉะเชิงเทรา	314,540	295,387	307,206	847,994	1,028,501	1,138,104	2,820	3,635	3,818
สระแก้ว	356,914	363,625	382,720	1,009,521	1,344,027	1,356,761	3,044	3,760	3,686
จันทบุรี	223,213	248,379	257,844	610,221	784,927	950,121	2,890	3,331	3,828
ระยอง	227,046	230,315	238,489	650,049	808,860	937,699	2,967	3,635	4,027
ชลบุรี	275,620	297,342	303,180	748,941	970,299	1,202,509	2,848	3,413	4,120
กาญจนบุรี	248,796	252,163	279,551	594,275	760,646	1,014,934	2,482	3,130	3,750
ราชบุรี	90,805	91,857	93,835	213,969	271,330	293,238	2,465	3,084	3,245
เพชรบุรี	3,204	2,929	3,831	7,780	8,474	12,792	2,508	2,985	3,434

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550)



รูปที่ 3.1 ภาพแสดงแหล่งเพาะปลูกมันสำปะหลังของประเทศไทย

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2550)

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทยปัจจุบัน จำแนกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Native Starch Industry) (ได้แก่ แป้งแห้ง, น้ำแป้ง และแป้งหมาด)
- อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังแปรรูป (Modified Starch Industry)
- อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Starch Derivatives Industry) (ได้แก่ Glucose, Fructose, Dextrose, Maltose และ Sorbitol เป็นต้น)

จากการศึกษาข้อมูลจากสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าประเทศไทยมีโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังจำนวนทั้งสิ้น 93 โรงงาน โดยโรงงานส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ร้อยละ 46) รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออก (ร้อยละ 31) ภาคกลาง (ร้อยละ 15) และภาคเหนือ (ร้อยละ 8) ตามลำดับ (ตารางที่ 3.4 และ รูปที่ 3.2) บริเวณที่มีการตั้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นมีการกระจายตัวใกล้เคียงกับบริเวณที่มีการเพาะปลูกมันสำปะหลัง ดังแสดงไว้ใน รูปที่ 3.3

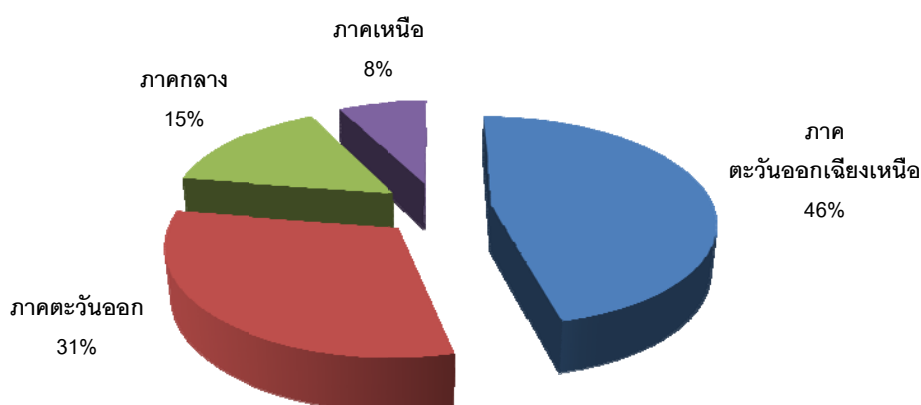
ตารางที่ 3.4 จำนวนโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

ภูมิภาค	ที่ตั้งของโรงงาน	จำนวนโรงงาน
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	นครราชสีมา	22
	กาฬสินธุ์	8
	ชัยภูมิ	3
	ขอนแก่น	2
	มหาสารคาม	2
	อุดรธานี	2
	ร้อยเอ็ด	1
	เลย	1
	ศรีสะเกษ	1
	มุกดาหาร	1
ภาคตะวันออก	ระยอง	11
	ชลบุรี	10
	ฉะเชิงเทรา	4
	จันทบุรี	4

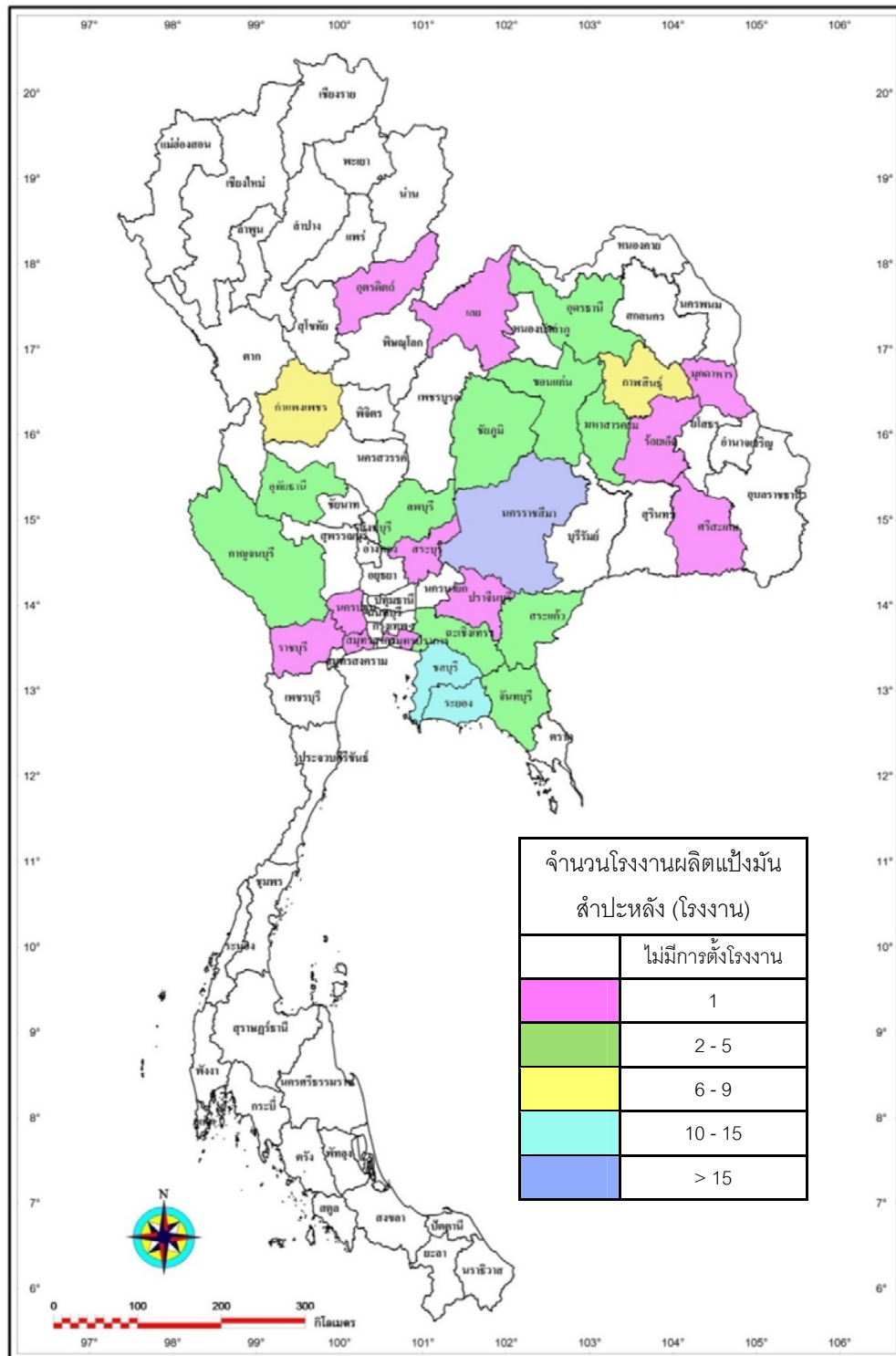
ตารางที่ 3.4 จำนวนโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย (ต่อ)

ภูมิภาค	ที่ตั้งของโรงงาน	จำนวนโรงงาน
ภาคกลาง	อุทัยธานี	2
	สระแก้ว	2
	นครปฐม	1
	สมุทรปราการ	1
	สมุทรสาคร	1
	กาญจนบุรี	2
	ปราจีนบุรี	1
	ราชบุรี	1
	ลพบุรี	2
	สระบุรี	1
ภาคเหนือ	กำแพงเพชร	6
	อุตรดิตถ์	1
รวมทั้งสิ้น		93

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2550)



รูปที่ 3.2 การกระจายตัวของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย



รูปที่ 3.3 ที่ตั้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

ที่มา: สำนักเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2550)

3.2 มุมมองทางธุรกิจของอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลังในประเทศไทย

ปัจจุบันประเทศไทยจัดเป็นประเทศที่มีการส่งออกผลิตภัณฑ์จากมันสำปะหลังที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีส่วนแบ่งการตลาด 75% มูลค่าการส่งออกรวม 40,000 ล้านบาทต่อปี ประเทศที่รับซื้อแบริ่งมันสำปะหลังรายสำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน และอินโดนีเซีย นอกจากนี้แบริ่งมันสำปะหลังจากประเทศไทยยังได้รับความสนใจจากประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาและอเมริกาใต้ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.5

หลายทศวรรษที่ผ่านมา จำนวนโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากเพื่อรองรับความต้องการของผู้บริโภค ส่งผลให้มีการแข่งขันทางธุรกิจเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น เพื่อที่จะคงความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ โรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต การประกันคุณภาพของแบริ่งมันสำปะหลัง รวมถึงมีราคาที่เหมาะสม และมีกำลังการผลิตที่เพียงพอกับความต้องการ

ในการนี้ โครงการ “Energy and Eco-Efficiency in Agro-Industry” หรือ E3Agro ได้รับการดำเนินการร่วมระหว่าง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน และ German Technical Cooperation (GTZ) ภายใต้โปรแกรมความร่วมมือไทย-เยอรมันด้านการส่งเสริมศักยภาพการแข่งขัน (Thai-German Programme for Enterprise Competitiveness) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ในอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลังของประเทศไทย

โครงการ E3Agro มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง โดยการนำวิธีการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) (ประกอบด้วยเทคโนโลยีและการบริหารจัดการ) มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เกิดจากการลดการสูญเสีย แบริ่งในกากมันและน้ำเสีย การใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การลดต้นทุนการผลิต และการลดความเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความขาดแคลนวัตถุดิบในปัจจุบัน โรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังจำนวนมากให้ความสำคัญกับการจัดหาหัวมันสำปะหลังและการผลิต มากกว่าการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ดังนั้นจึงได้มีความพยายามที่จะสร้างจิตสำนึกแก่โรงงาน ให้หันถึงความสำคัญของการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มผลผลิตโดยรวมของโรงงาน

คู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ เล่มนี้ เกิดขึ้นจากความพยายามดังกล่าว โดยได้อธิบายถึงวิธีปฏิบัติและเทคนิคต่างๆ เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency) ในอุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง และผลประโยชน์ที่เป็นไปได้ต่ออุตสาหกรรมผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง หากได้มีการนำไปประยุกต์ใช้เช่นเดียวกับโรงงานที่เข้าร่วมโครงการ

ตารางที่ 3.5 ผลวิเคราะห์ด้านธุรกิจของอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังในประเทศไทย

การผลิต			
รายการ	2548	2549	2550
1. จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	464,956	476,352	474,823
2. เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	6,161,928	6,692,537	7,338,809
3. ผลผลิต (ตัน)	16,938,245	22,584,402	26,915,541
4. ผลผลิตต่อไร่ (กก.)	2,749	3,375	3,668
5. ต้นทุนการผลิต (บาท/ตัน)			
- ต้นทุนรวม	921	843	824
- ต้นทุนผันแปร	799	744	733
6. ราคาที่เกษตรกรขายได้ (บาท/ตัน)	1,330	1,290	1,180
7. ผลตอบแทนสุทธิ (บาท/ไร่)	1,124	1,508	1,305
(บาท/ตัน)	409	447	356
8. มาตรฐาน			
1. มันสำปะหลังอัดเม็ด			
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 330/2523			
- ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นสินค้ามาตรฐาน และมาตรฐานผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2545			
2. แป้งมันสำปะหลัง			
- ประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้ามาตรฐาน และมาตรฐานสินค้าแป้งมันสำปะหลัง (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2547			

การค้า			
รายการ	2548	2549	2550
1. การค้าของโลก (ล้านตัน) ¹⁾	6.03	7.00	8.50
2. ส่วนแบ่งการตลาดโลก (%)	74.00	75.00	75.00
3. ใช้น้ำในประเทศ (ล้านตันหัวมันสด)	3.70	4.20	6.50
4. ส่งออก ²⁾			
- มันเส้น			
ปริมาณ (ตัน)	2,772,944	3,820,357	2,677,346
มูลค่า (ล้านบาท)	11,939	15,777	11,136
- มันสำปะหลังอัดเม็ด			
ปริมาณ (ตัน)	258,294	393,315	1,650,731
มูลค่า (ล้านบาท)	838	1,386	7,195
- แป้งมันสำปะหลัง			
ปริมาณ (ตัน)	1,607,839	2,308,033	1,471,596
มูลค่า (ล้านบาท)	20,114	24,773	14,005
5. ราคาส่งออก (บาท/ตัน) ²⁾			
- มันเส้น	4,305	4,130	4,309
- มันสำปะหลังอัดเม็ด	3,350	3,527	4,318
- แป้งมันสำปะหลัง	12,500	10,720	9,646
6. คู่ค้าที่สำคัญ			
- มันเส้น	จีน		
- มันสำปะหลังอัดเม็ด	สหภาพยุโรป		
- แป้งมันสำปะหลัง	ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน อินโดนีเซีย		
7. คู่แข่งที่สำคัญ	เวียดนาม อินโดนีเซีย		

การพัฒนา		
นโยบาย	เป้าหมาย	ปัจจุบัน
1. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่เกษตรกรและโรงงานแปรรูป	1. รักษาความเป็นผู้นำในการส่งออก	1. เป็นผู้ส่งออกอันดับ 1 ของโลก ครองส่วนแบ่งการตลาด 75% มูลค่าการส่งออกรวม 40,000 ล้านบาทต่อปี
2. ให้มีศูนย์ตรวจสอบและรับรองคุณภาพมันเส้นสะอาด	2. สร้างมูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ เช่น เอทานอล	2. มีสัดส่วนใน GDP ภาคเกษตร 1.8%
3. สนับสนุนงบลงทุนในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง	3. เพิ่มผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเป็น 5.0 ตัน	3. ผลผลิตใช้ในประเทศ 20% อยู่ในรูปบริโภคโดยตรง (แป้ง) 15% และอาหารสัตว์ 5%
4. ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต เช่น บรรจุภัณฑ์ย่อยสลายได้ Biodegradable Plastic		4. มีการกีดกันการนำเข้าของประเทศต่าง ๆ
5. เจริญทางการค้า เพื่อลดการกีดกันและขยายตลาด		- กำหนดโควตานำเข้า ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้
		- การเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มของจีน ทำให้ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของไทยมีราคาสูงขึ้น

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, ¹⁾องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ, ²⁾กรมศุลกากร

หมายเหตุ : ปี 2548, 2549, 2550 หมายถึง ปีเพาะปลูก 2547/48, 2548/49, 2549/50

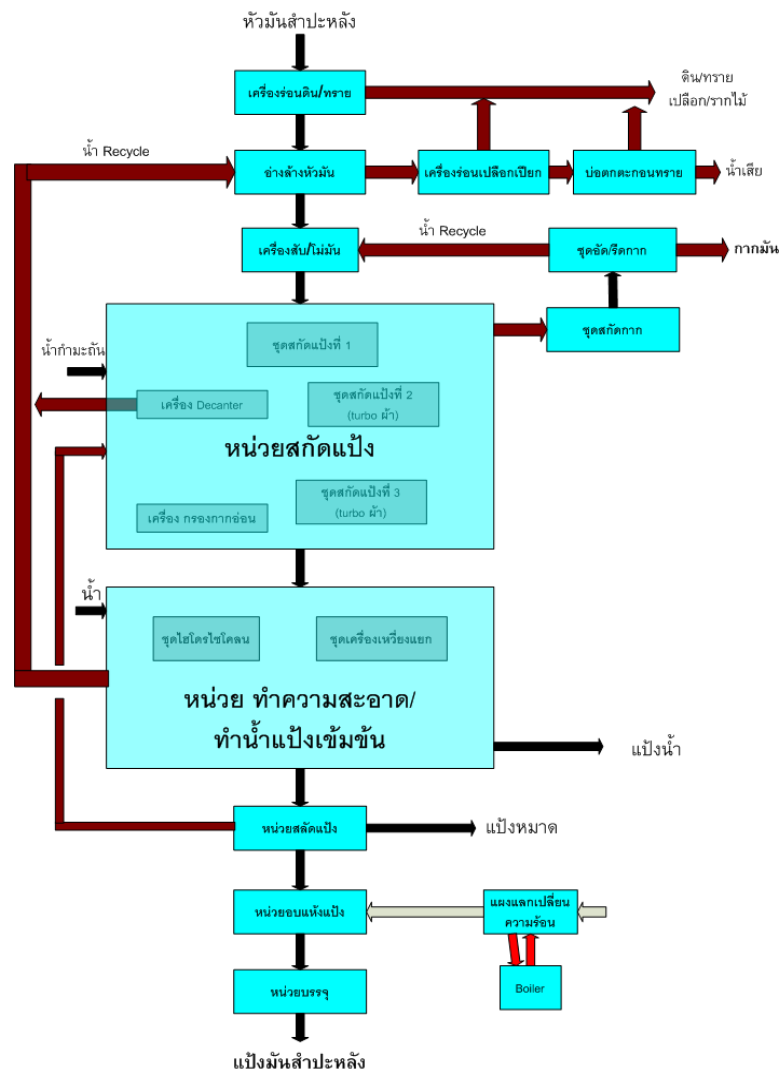
อัตราแลกเปลี่ยน (ปี 2549 – 2550) : หัวมันสด (2.098) = มันสำปะหลังอัดเม็ด, มันเส้น (1),

หัวมันสด (4.211) = แป้งมันสำปะหลัง (1)

บทที่ 4 กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

4.1 บททั่วไป

ปัจจุบันโรงงานผลิตแป้งสำปะหลังในประเทศไทยได้มีการปรับจากกระบวนการผลิตแป้งแบบอึ่งไฟเป็นกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลดแห้งหมดแล้ว ซึ่งในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลดแห้งโดยทั่วไปขนาดสายการผลิตจะอยู่ที่ประมาณ 200-250 ตันแป้งผลิตภัณฑ์แห้งต่อวัน ผลิตภัณฑ์แป้งมันสำปะหลังมีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์แป้งแห้ง (Dry native starch) แป้งหมาด (Wet starch) และแป้งน้ำ (Starch slurry)



รูปที่ 4.1 ผังกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังแบบสลับแห้ง

กระบวนการผลิตเริ่มจากหัวมันสำปะหลังที่รับซื้อจากเกษตรกรและผ่านการตรวจวัดความเข้มข้นของแป้งในหัวมัน โดยใช้เครื่องวัดแบบ Reimann scale ซึ่งเป็นใช้หลักการวัดความแตกต่างของความหนาแน่น จะถูกนำมากองบนลานซีเมนต์ บางครั้งจะอยู่กลางแจ้ง และจะถูกลำเลียงเข้าสู่กระบวนการอันประกอบไปด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

4.2 หน่วยทำความสะอาดและม่หัวมันสำปะหลัง

หัวมันถูกป้อนลงถัง Hopper จากนั้นหัวมันจะถูกลำเลียงด้วยสายพานลำเลียง (Belt conveyor) ขึ้นสู่เครื่องร่อนทราย ซึ่งทำหน้าที่แยกเศษดิน ทราย และ เศษเปลือก รากไม้ขนาดเล็ก โดยเครื่องร่อนทรายนี้ จะมีลักษณะเป็นตะแกรงทรงกระบอก วางและหมุนตามแกนแนวนอน โดยทั่วไปเครื่องร่อนทรายจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.2 เมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 2-4 เมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 5.0-7.5 แรงม้า



รูปที่ 4.2 เครื่องร่อนดิน/ทราย

จากนั้นหัวมันจะตกลงสู่อ่างล้างหัวมัน ซึ่งเป็นการทำความสะอาดหัวมันแบบเปียกมีลักษณะเป็นถังแอสตันเลส ทรงกระบอกผ่าครึ่งวางตัวตามแนวนอน ขนาดโดยทั่วไปเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.4 เมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 3-6 เมตร และมีแผ่นแอสตันเลสกันให้เป็นห้องๆ มีใบกวาดเพื่อผลักดันให้หัวมันให้เคลื่อนที่ไปยังห้องถัดไป ใช้มอเตอร์ขนาด 15-30 แรงม้า ในอ่างหัวมันนี้ผิวของเปลือกหัวมันหลุดลอกจากการขัดสีด้วยตัวมันเอง และดินละเอียดที่ติดมากับหัวมันก็จะถูกชะล้างด้วยน้ำออกไปด้วย โดยการล้างหัวมันใช้น้ำเสียจากหน่วยเครื่องแยกแป้ง (Separator) และ/หรือน้ำดิบบางส่วน โดยในห้องสุดท้ายของอ่างล้างหัวมันด้านล่างจะเป็นตะแกรงเพื่อให้ น้ำและผิวเปลือกหัวมันหลุดออกไปพร้อมน้ำเสีย น้ำเสียที่ออกจากระบบนี้ เรียกว่าน้ำเสียรวม (Combined wastewater) จะไหลไปยังตะแกรงร่อนเปลือกอ่อน และบ่อดักตะกอนทราย (Grit removal) ก่อนที่จะเข้าสู่บำบัดน้ำเสียต่อไป นอกจากนี้บริเวณกันของอ่างล้างหัวมันจะมีการสะสมของกรวดหรือหินขนาดใหญ่ซึ่งควรหมั่นที่จะเอาออกจากอ่างล้างมิเช่นนั้นจะทำให้ไปขัดกับใบกวาด เกิดความเสียหายกับชุดใบกวาดได้



รูปที่ 4.3 บ่อล้างหัวมัน

หัวมันที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะถูกลำเลียงด้วยสายพานยาง (Belt conveyor) ขึ้นสู่เครื่องสับหัวมัน (Root chopper) โดยส่วนใหญ่โรงงานจะมีเครื่องสับหัวมันหลายตัว แต่ละตัวจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 10-15 แรงม้า สำหรับหัวมันจะถูกกระจายหัวมันเข้าสู่เครื่องสับหัวมันแต่ละเครื่องในปริมาณที่เท่าเทียมกัน เพื่อประสิทธิภาพในการลดขนาดที่ดี บริเวณระหว่างสายพานลำเลียง จะมีพนักงานคอยคัดเลือกเอาเศษวัสดุที่ไม่ใช่หัวมันออก ทำหน้าที่สับให้หัวมันที่ใหญ่มากมีขนาดเล็กลงพอเหมาะกับเครื่องสับ และเอาสับเหง้ามันออกด้วย

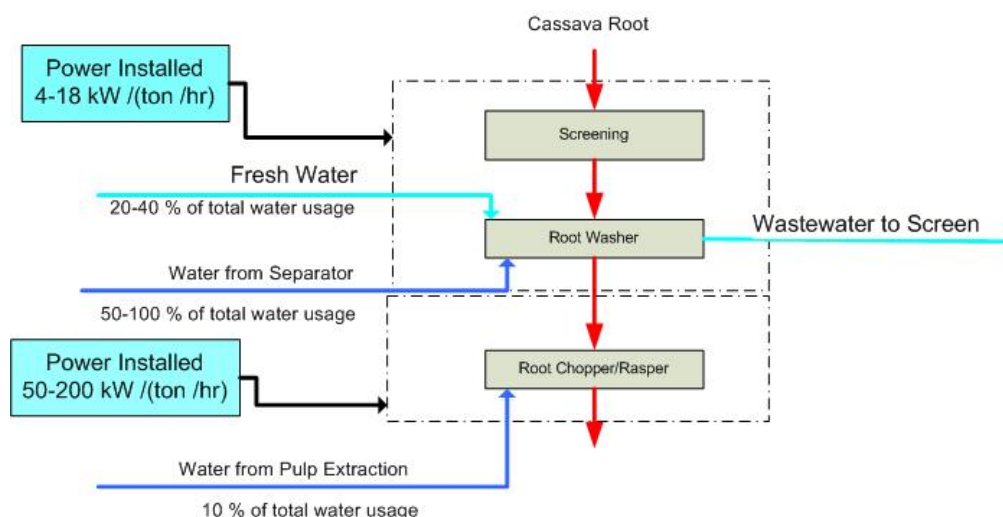
หัวมันเมื่อถูกสับให้มีขนาดเล็กลงด้วยเครื่องสับแล้วจะไหลผ่าน Chute ลงสู่ลูกม่ (Rasper/Grinder) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อทรงกระบอกที่มีชุดของใบเลื่อยติดตั้งรอบทรงกระบอก โรงงานหนึ่งจะประกอบด้วยลูกม่หลายตัว (4-8 ตัว) โดยลูกม่แต่ละตัวขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 100-175 แรงม้า



รูปที่ 4.4 ลูกม่

การม่หัวมันสำปะหลังเป็นการม่แบบเปียก (Wet mill) โดยหัวมันจะถูกซูดให้มีละเอียดและมีการเติมน้ำเพื่อชะพาอนุภาคมันผ่านตะแกรงลงสู่บ่อพัก น้ำที่ใช้ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้น้ำวนกลับจากหน่วยอื่นๆ เช่น น้ำจากเครื่องสไลด์แห้ง หรือ

หน่วยอัดกาก เป็นต้น ความเข้มข้นของของแข็งในน้ำแป้ง (Starch milk) ที่อยู่ในถัง 18-20 %TS และจะถูกส่งไปสกัดแป้งในหน่วยต่อไป



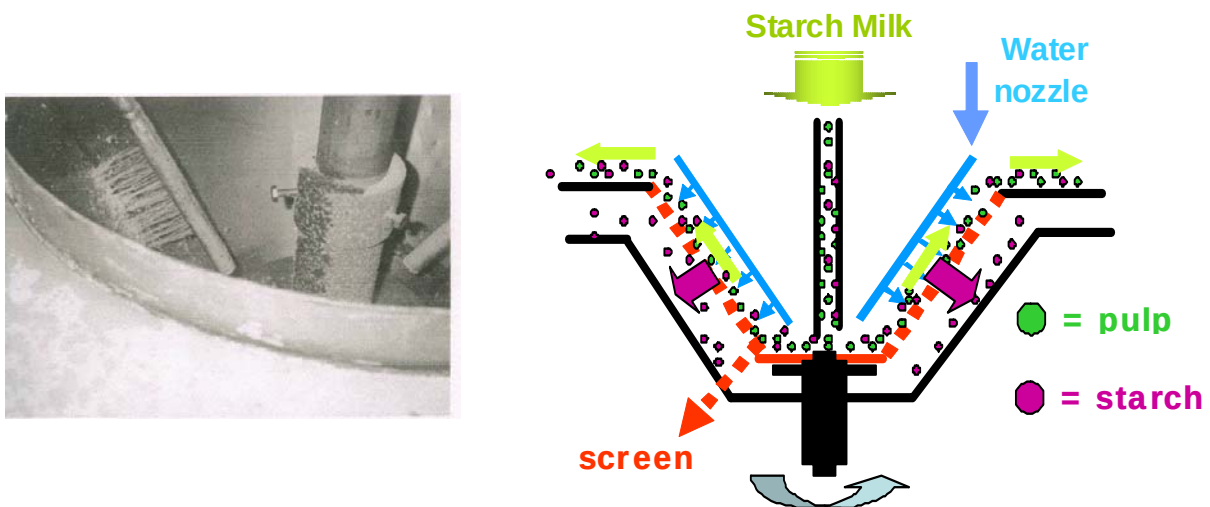
รูปที่ 4.5 ผังหน่วยทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังและโม

การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศสำหรับหน่วยการรับ ทำความสะอาดและโมหัวมันสำปะหลัง มีดังนี้

- การจัดการแบบ First In – First Out เพื่อป้องกันไม่ให้เก็บหัวมันสำปะหลังนานเกินไป ทำให้หัวมันสดเข้าสู่การผลิตเสมอ
- การกองเก็บหัวมันในที่ร่ม จะช่วยลดอัตราการสูญเสียแป้งในหัวมันได้ (ป้องกันผลกระทบจากแสงแดดและสภาพอากาศภายนอก)

4.3 หน่วยสกัดแป้งมันสำปะหลัง

ในกระบวนการผลิตของโรงงานที่ไม่ได้ใช้เครื่อง Decanter (ซึ่งเป็นส่วนใหญ่ของโรงงานในประเทศไทย) นั้นน้ำแป้งมันสำปะหลังจากบ่อได้ถูกส่งไปยังหน่วยสกัดแป้ง ที่หน่วยสกัดแป้งนั้นจะประกอบไปด้วยชุดของเครื่องสกัด และจำนวน Stage ของชุดเครื่องสกัดนั้นขึ้นอยู่กับแนวทางในการจัดวางชุดเครื่องสกัด หน้าที่หลักของหน่วยสกัดนั้นคือการแยกเม็ดแป้งออกจากเส้นใย (fiber) หรือกาก โดยให้น้ำเป็นตัวพาเม็ดแป้งออกจากเส้นใยหรือกาก



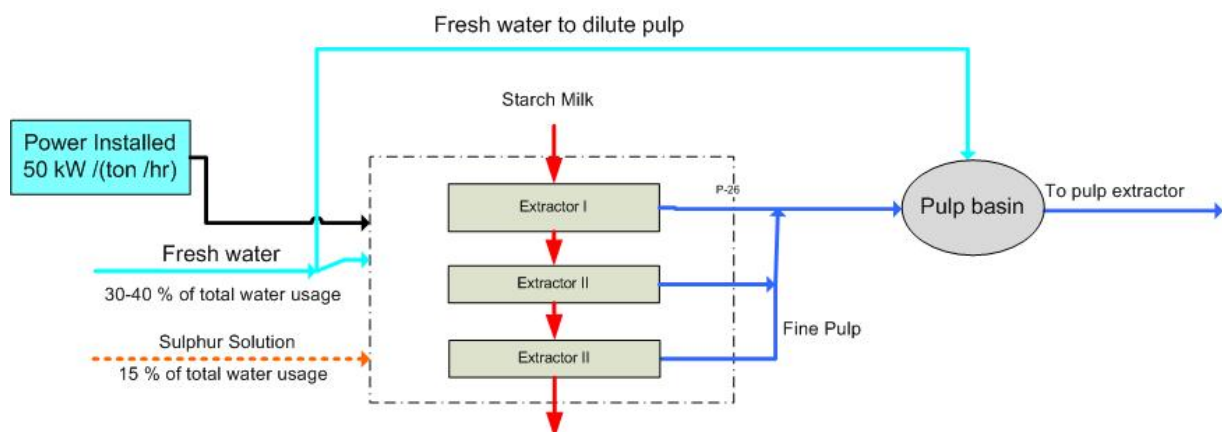
รูปที่ 4.6 การทำงานของเครื่องสกัด

เครื่องสกัด (Extractor หรือ เทอร์โบ) นั้นเป็นเครื่องกรองที่อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง มีลักษณะเป็นตะแกรงทรงกรวย หมุนตามแนวแกน (Conical-screen basket centrifuge) ยิ่งมีความเร็วรอบสูงจะมีแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางมาก จะทำให้มีอัตราการกรองน้ำแป้งที่สูงขึ้น โดยความเร็วรอบและขนาดของรูตะแกรง นั้นจะแตกต่างกันในแต่ละ Stage ชุดเครื่องสกัด เช่น ใน Stage แรก ๆ จะมีความเร็วรอบประมาณ 800-1200 รอบต่อนาที ใช้มอเตอร์ขนาด 5.0-7.5 แรงม้า มีตะแกรงเป็นสแตนเลส ที่ขนาดรูเปิด 0.5-1.0 มม. ขณะที่เครื่องสกัดใน Stage ภายหลังๆ ความเร็วรอบโดยทั่วไปประมาณ 600-800 รอบต่อนาที ตะแกรงจะเป็นผ้ามีขนาดของรูเปิด 0.059-0.250 มม. โดยขนาดรูเปิดของตะแกรงจะลดลงตามลำดับของ Stage ของเครื่องสกัด เครื่องสกัดที่ใช้จะมี ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 1.2 เมตร มีพื้นที่การกรองประมาณ 1.0-1.3 ตารางเมตรต่อเครื่อง เครื่องสกัดที่ใช้ในโรงงานมีทั้งเป็นแบบแนวตั้งและแนวนอน



รูปที่ 4.7 เครื่องสกัดแบบแนวตั้งและแนวนอน

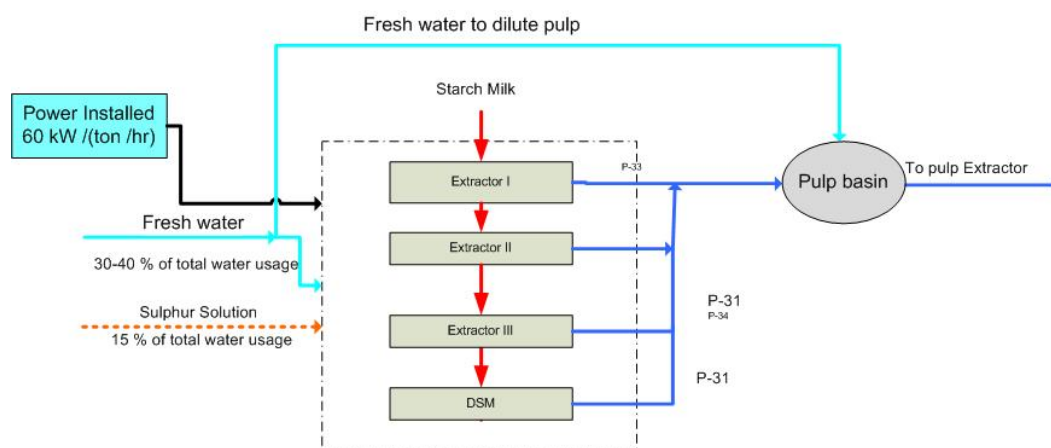
ในการจัดวางชุดเครื่องสกัดนั้นโรงงานที่มีจัดวางกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมจะจัดวางชุดสกัดเป็น 3 Stages ต่อเป็นอนุกรมกัน โดยน้ำแป้งจากลูกม่ จะเข้าเครื่องสกัด Stage ที่ 1 เรียกว่า เทอร์โบหยาบ ที่เทอร์โบหยาบนี้ส่วนใหญ่จะไม่มีการฉีดน้ำเข้าไปผสม นอกจากการฉีดล้างตะแกรง น้ำแป้งที่ผ่านตะแกรงจะไหลลงสู่ถังพักด้านล่าง ส่วนกากของแข็งจะไหลลงสู่อ่างหรือรางกาก น้ำแป้งส่วนที่ผ่านเครื่องสกัด Stage ที่ 1 จะถูกส่งเข้าสู่เครื่องสกัดชุดที่ 2 หรือเรียกว่า เทอร์ฟัว ซึ่งน้ำแป้งจากส่วนนี้จะถูกกรองเอาเยื่อใยขนาดเล็กๆ หรือเรียกว่า กากอ่อนออก โดยกากของแข็งที่ด้านหน้าตะแกรงฟัว จะไหลออกไปรวมที่อ่าง/รางกาก ส่วนน้ำแป้งที่ผ่านตะแกรงฟัวจะไหลลงถึงพัก เพื่อส่งเข้าสู่เครื่องสกัดชุดที่ 3 ต่อไป ของแข็งแขวนลอยในน้ำแป้งที่ผ่านจากชุดสกัดนี้จะมีเม็ดแป้งเป็นส่วนใหญ่ (มีกากอ่อนน้อยมาก) จะถูกไปทำความสะอาดและทำให้เข้มข้นขึ้นในหน่วยแยกแป้ง (Separator) ต่อไป



รูปที่ 4.8 ผังการวางเครื่องสกัดแป้งมันสำปะหลังแบบดั้งเดิม

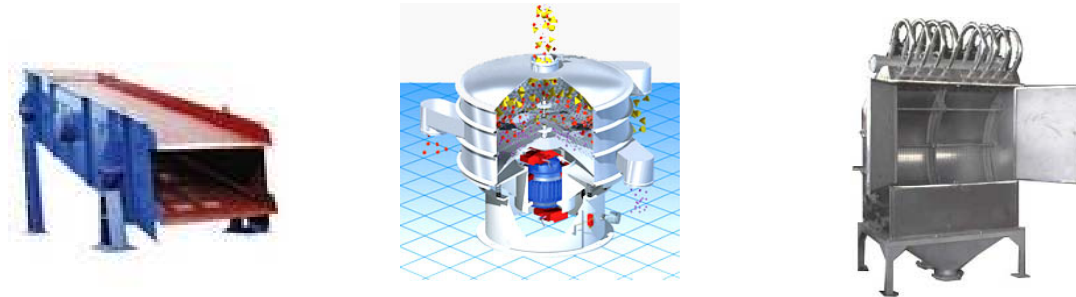
ในชุดสกัดที่ 2-3 นี้จะมีการฉีดน้ำเข้าไปที่ด้านหน้าตะแกรงผ้า เพื่อให้ชั้นของของแข็งไม่เกิดขวางการกรอง และช่วยให้เม็ดแป้งผ่านตะแกรงได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีการฉีดน้ำก่ะมัน ด้วยเพื่อให้โปรตีนไม่เกาะตัวที่ตะแกรงผ้า และเป็นการป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ด้วย นอกจากนี้จะมีการฉีดน้ำก่ะมันที่เครื่องสกัดแล้ว อาจจะมีการเติมน้ำก่ะมันที่ถึงพักในแต่ละ Stage ด้วย ส่วนกากที่ได้จากหน่วยสกัดทั้งหมดที่ไหลมารวมในอ่าง/รางกาก จะถูกส่งไปยังหน่วยสกัดกากและอัดกากต่อไป

ในบางกระบวนการผลิตจะมีการเอาเครื่องกรองกากอ่อน มาแทนเครื่องสกัด Stages ที่ 3 หรือเพิ่มเครื่องกรองกากอ่อนเป็น Stage ที่ 4 เพื่อเป็นการกรองเอากากอ่อนออกมาให้ได้มากขึ้น ของแข็งแขวนลอยในน้ำแป้งที่ผ่านจากชุดสกัดนี้จะมีเม็ดแป้งเป็นส่วนใหญ่ (มีกากอ่อนน้อยมาก) จะถูกไปทำความสะอาดและทำให้เข้มข้นขึ้นในหน่วยแยกแป้ง (Separator) ต่อไป



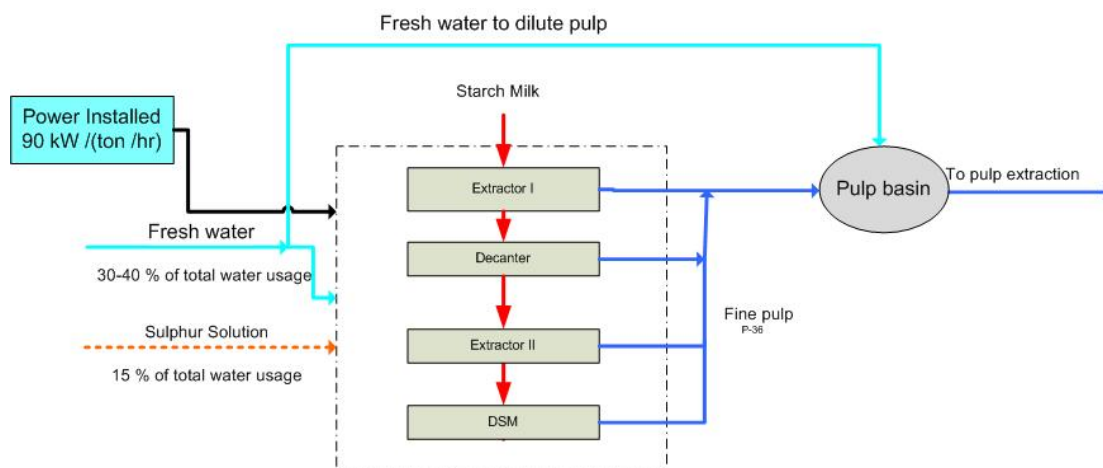
รูปที่ 4.9 ผังการวางเครื่องสกัดแป้งมันสำปะหลังแบบผสม

เครื่องกรองกากอ่อนที่เพิ่มขึ้นมานี้ จะทำหน้าที่คล้ายกับเครื่องสกัดชุดที่ 4 แต่ไม่ได้อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการผลักให้น้ำแป้งผ่านตะแกรง (ซึ่งมีความเชื่อว่าจะใช้พลังงานสูงกว่า) โดยเครื่องกรองนี้มีหลายรูปแบบ อาทิเช่น เครื่องกรองกากอ่อนแบบสั่น (Vibrating screen) หรือ เครื่องกรองแบบโค้งที่ทำความสะอาดตัวเอง (Self-cleaning type curved screens) (AKA DSM) หรือที่เรียกว่าเครื่อง DSM



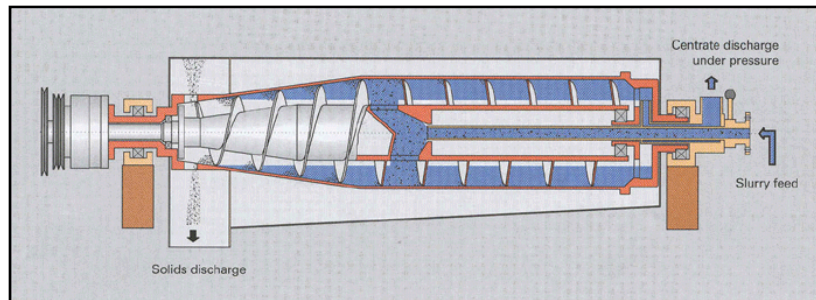
รูปที่ 4.10 เครื่องกรองชนิดสั่นแบบเกลียว แบบกลม และเครื่อง DSM

รูปแบบการจัดวางชุดเครื่องสกัดอีกรูปแบบหนึ่งคือ ในกระบวนการผลิตของโรงงานที่มีเครื่อง Decanter น้ำแป้งจากลูกไม้จะถูกส่งมาที่ชุดของเครื่อง Decanter ก่อนเพื่อแยกโปรตีน ไขมัน สารละลายที่มากับหัวมันออก (Fruit water) หรือบางโรงงานก็อาจจะมีการวางชุด Decanter หลังจากเทอร์โบหยากก็ได้ หลังจากนั้นน้ำแป้งจะเข้าสู่เครื่องสกัดชุดที่ 2 และ 3 ต่อๆ ไป เพื่อที่จะกรองเอาเยื่อใยขนาดเล็กๆ หรือเรียกว่า “กากอ่อน” ออก โดยกากของแข็งที่ด้านหน้าตะแกรงผ้า จะไหลออกไปรวมที่อ่าง/รางกาก ส่วนน้ำแป้งที่ผ่านตะแกรงผ้าจะไหลลงถึงพัก เพื่อส่งเข้าสู่เครื่องสกัดชุดที่ 3 ต่อไปของแข็งแขวนลอยในน้ำแป้งที่ผ่านจากชุดสกัดนี้จะมีเม็ดแป้งเป็นส่วนใหญ่ (มีกากอ่อนน้อยมาก) จะถูกไปทำความสะอาดและทำให้เข้มข้นขึ้นในหน่วยแยกแป้ง (Separator) ต่อไป



รูปที่ 4.11ผังการวางเครื่องสกัดแป้งมันสำปะหลังแบบใหม่

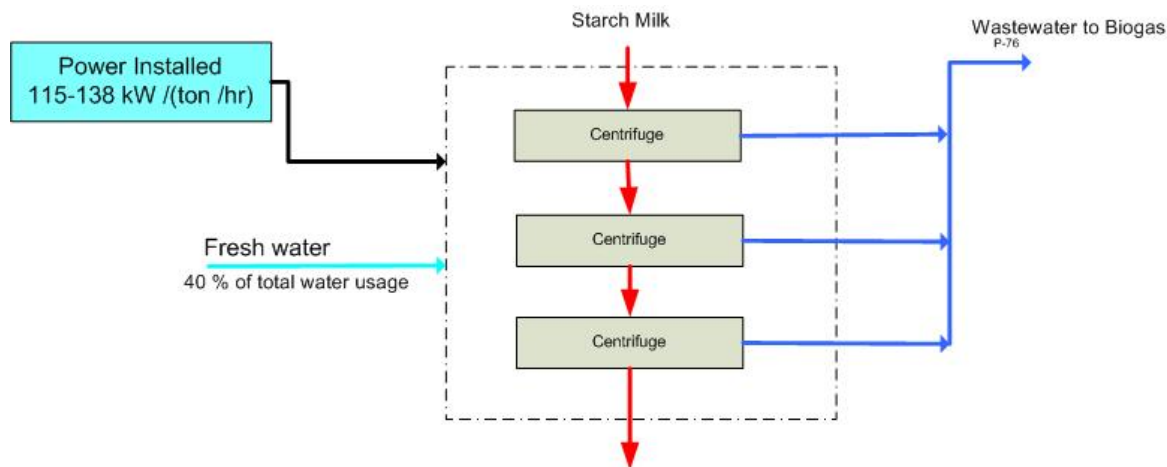
เครื่อง Decanter อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในการแยกของเหลวออกจากของแข็ง โดยมีแกนหมุนในแนวนอน หมุนด้วยความรอบ ประมาณ 3,000 รอบต่อนาที



รูปที่ 4.12 เครื่อง Decanter

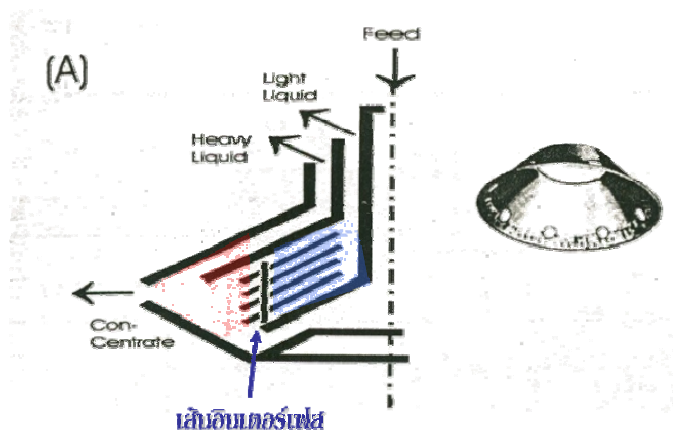
4.4 หน่วยแยกแป้ง (Separator)

หน่วยนี้มีหน้าที่ทำความสะอาดแป้งโดยการกำจัด สารละลาย/ สารคอลลอยด์ ที่ปนเปื้อนมา กับน้ำแป้ง และสุดท้ายทำให้น้ำแป้งมีความเข้มข้นของแป้งสูงขึ้น สามารถขายเป็นแป้งน้ำ (Starch slurry) หรือส่งไปสู่หน่วยสกัดแป้งต่อไป ที่หน่วยแยกแป้งก็จะมีการจัดวางเครื่องจักรเป็น หลาย Stages เช่นเดียวกัน โดยน้ำแป้งจะถูกส่งเข้าเครื่องแยกเพื่อทำหน้าที่แยกของเหลวออกจากของแข็ง สายน้ำขาออกจากเครื่องแยกจะมีสองสายด้วยกันคือส่วนที่เบาว่าส่วนใหญ่จะเป็นของเหลวซึ่งก็จะมีสารปนเปื้อน เช่นกำมะถัน โซดาไนต์ โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ต่างๆ (กรณีที่ไม่ได้ใช้ Decanter) และอาจจะมีเม็ดแป้งหลุดรอดออกไปบ้าง ซึ่งจะเป็นน้ำที่ไปวนใช้ซ้ำในหน่วยอื่นๆ เช่นหน่วยล้างหัวมัน หน่วยสกัด หรือส่งเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ ส่วนสายที่หนักกว่าก็จะเป็นน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นของแป้งมาก น้ำส่วนนี้จะไหลลงถึงพัก และที่ถึงพักก็จะมี การเติมน้ำดีเพื่อเจือจางสิ่งเจือปนในน้ำแป้งเพื่อนำกลับไปแยกเอาของเหลวออกอีกในเครื่องแยก Stage ถัดไป ซึ่งจำนวนของ Stage ของเครื่องแยกนั้นส่วนใหญ่มีอย่างน้อย 2 Stages โดย Stage สุดท้ายจะเป็นส่วนที่ทำให้ น้ำแป้งเข้มข้นขึ้น ซึ่งความเข้มข้นของน้ำแป้งสุดท้ายที่ต้องการ จะอยู่ประมาณ 40-50 %TS



รูปที่ 4.13 ผังการวางเครื่องเหวี่ยงแยกน้ำแป้งแบบดั้งเดิม

โดยทั่วไปเครื่องแยกที่โรงงานใช้กันอยู่ คือเครื่องเหวี่ยงแยก แบบ Disc bowl Centrifuge นั้นแยกของแข็งและของเหลวโดยอาศัยแรงหนีศูนย์กลาง ภายในเครื่องเหวี่ยงแยกจะประกอบไปด้วยแผ่นจานรูปกรวยคว่ำจำนวนมากวางซ้อนกันเป็นชั้นๆ Disc และ Bowl จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูง ประมาณ 3,000-7,000 รอบต่อนาที ด้วยมอเตอร์ขนาด 40-100 แรงม้า การทำงานของเครื่องเหวี่ยงแยกคือ ของเหลวจะเข้าทางด้านบน และเมื่อมีแรงหนีศูนย์กลางของแข็งจะถูกเหวี่ยงให้ออกไปชนกับแผ่นจานตกไปรวมตัว เข้มข้นมากขึ้นที่บริเวณผนังของ bowl และฉีดออกทางหัว nozzle ส่วนของเหลวจะไหลออกทางด้านบนของเครื่อง

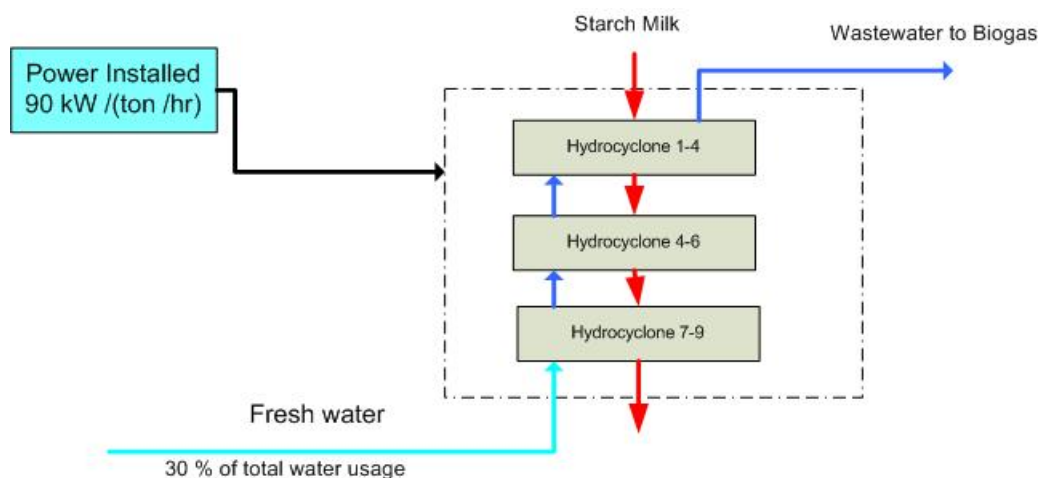


รูปที่ 4.14 เครื่องเหวี่ยงแยก แบบ Disc bowl Centrifuge

เครื่องเหวี่ยงแยกที่ใช้ในโรงงานส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่แยกได้ 2 Phase ส่วนเครื่องเหวี่ยงแยกที่แยกได้ 3 Phase มีใช้บ้างและจะวางไว้ในตำแหน่งของ Stage ที่ 1 โดยจะแยกออกเป็นสามส่วนด้วยกันคือ น้ำแบ่งเข้มข้น (Heavy phase) น้ำโปรตีน (Light phase) และส่วนตรงกลางหรือ Medium phase ซึ่งมีน้ำกับเม็ดแอมโมเนียบางส่วน

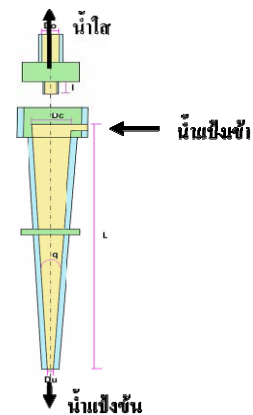
ปัจจุบันเริ่มมีการใช้เครื่องแยกแบบไฮโดรไซโคลอน มาทดแทนเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ Disc bowl Centrifuge โดยชุดไฮโดรไซโคลอนนี้จะประกอบไปด้วย ชุดไฮโดรไซโคลอนมาต่อนุกรมกันและมีการใช้น้ำดีที่ทำความสะอาดแบ่งในลักษณะไหลสวนทางกับสายน้ำแบ่ง ภายในชุดไฮโดรไซโคลอนนั้นมี ไฮโดรไซโคลอนขนาดเล็ก เรียก ไฮโดรไซโคลอนเนต

(Cyclonet) จำนวนมาก ประกอบกันโครงข่าย (Mini-hydrocyclone network) ชุดไฮโดรไซโคลนแต่ละตัวจะต้องมี Pump แรงดันสูง (ประมาณ 8-10 บาร์) ที่มอเตอร์ขนาด 40-50 แรงม้า เพื่อส่งน้ำแบ่งเข้าสู่ชุดไฮโดรไซโคลนตัวต่อไป ข้อดีของการใช้ชุดไฮโดรไซโคลน คือ สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายขึ้น ประหยัดการใช้น้ำดีในส่วนนี้ได้ดี และมีการสูญเสียแบ่งในน้ำเสียน้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตามเรื่องของการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้นยังไม่สามารถชี้ได้ชัดเจนนัก และการใช้ชุดไฮโดรไซโคลนแทนเครื่องแยกเหวี่ยงทั้งชุดนั้น ในกระบวนการอาจต้องใช้เครื่อง Decanter และชุดแยกกากอ่อนที่ดี



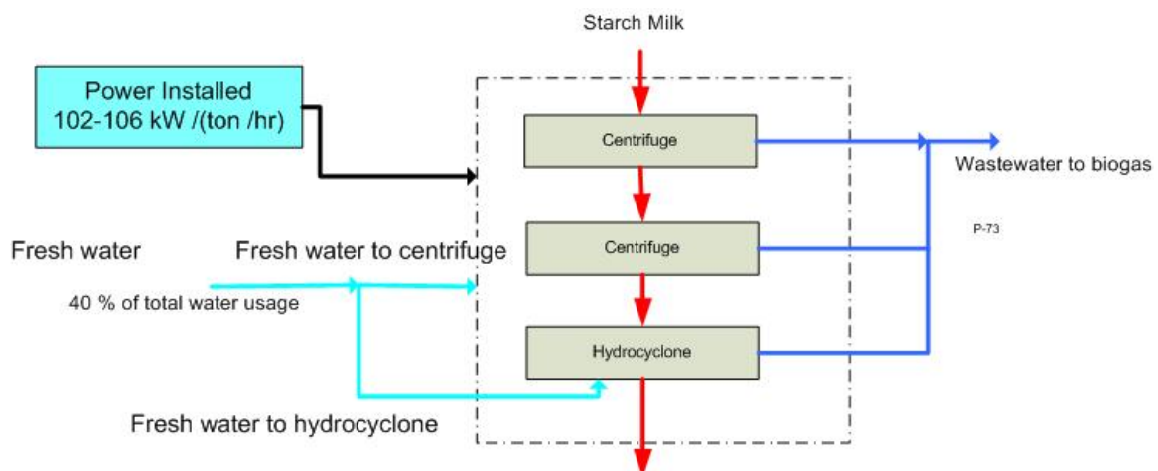
รูปที่ 4.15ผังการวางเครื่องแยกแบบไฮโดรไซโคลนในหน่วยเครื่องแยก

หลักการใช้ไฮโดรไซโคลนในการแยกของแข็งและของเหลว จะอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเช่นกัน ตัวไฮโดรไซโคลนขนาดเล็ก (หรือต่อไปเรียกไซโคลเน็ต) มีลักษณะส่วนบนเป็นทรงกระบอก ส่วนล่างเป็นกรวย น้ำแบ่งจะถูกส่งเข้าที่ด้านข้างของไซโคลเน็ต ด้วยความเร็วสูง เม็ดแป้งจะถูกเหวี่ยงให้ออกไปชนผนังของไซโคลเน็ต ไหลตกลงมาด้านล่าง และจะถูกฉีดออกที่รูด้านล่าง (Under flow) ส่วนน้ำใสจะไหลออกทางด้านบน (Over flow)



รูปที่ 4.16 ชุดไฮโดรไซโคลนและไซโคลนเนต

ในบางโรงงานอาจมีการใช้ชุดของไฮโดรไซโคลนมาทดแทนเครื่องเหวี่ยงแยกบาง Stage เท่านั้น เช่นอาจจะมีชุดไฮโดรไซโคลนในส่วน Stage 3 หรือส่วนที่ทำหน้าที่เก็บแป้งกลับในน้ำเสียก่อนที่จะส่งน้ำเสียไปที่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 4.17 ผังการวางเครื่องแยกแบบผสมในหน่วยเครื่องแยก

4.5 หน่วยสลัดแห้งแป้ง (Dewatering)

น้ำแป้งเข้มข้นที่ออกจากหน่วยเครื่องแยกแล้วที่มีน้ำอยู่ประมาณ 60% จะถูกส่งมาลดความชื้นด้วยเครื่องสลัดแห้ง (Dewatering) ให้มีความชื้นเหลือประมาณ 35-38% เครื่องสลัดแห้งมีลักษณะเป็นตะกร้าทรง โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.25 เมตร หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 1,000 รอบต่อนาที มอเตอร์ขนาด 40-50 แรงม้า โดยน้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าสู่ส่วนกลางของเครื่อง อาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางดันน้ำให้ผ่านชั้นของแป้งและผ้ากรองออกไปด้านล่าง น้ำส่วนนี้จะวนกลับไปใช้ในหน่วยอื่นๆ เช่น เป็นน้ำเติมที่ลูกม่ ส่วนเนื้อแป้งจะถูกกรองไว้ที่ผิวผ้ากรองในตะกร้า เมื่อเนื้อแป้งก่อตัวเป็นชั้นที่หนาขึ้นและมีความชื้นลดลงได้ตามที่กำหนด จะใช้ใบมีดปาดเนื้อแป้งให้ตกลงไปข้างเครื่อง ซึ่งแป้งที่ได้สามารถขายเป็นผลิตภัณฑ์ได้เรียกว่า แป้งหมาด (Wet starch) หรือจะถูกส่งไปยังหน่วยอบแห้งต่อไป

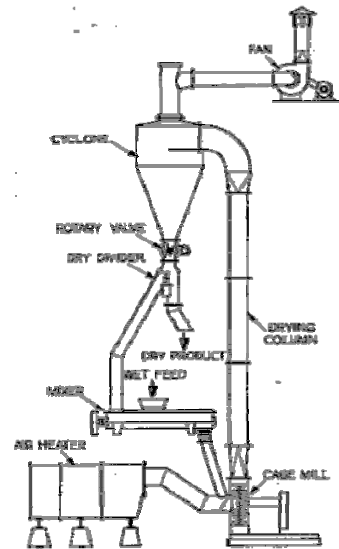


รูปที่ 4.18 เครื่องสลัดแห้ง

4.6 หน่วยอบแห้งแป้ง (Drying) และบรรจุ

ในหน่วยอบแห้งโรงงานจะใช้เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Pneumatic or Flash Dryer) ในการลดความชื้นของแป้งหมาด จากความชื้นประมาณ 35-38% (มาตรฐานเปียก) ให้ได้เป็นแป้งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นไม่เกิน 13% (มาตรฐานเปียก) เครื่องอบแห้งมีลักษณะเป็นท่อ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อขาขึ้นประมาณ 1.3-1.6 เมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางท่อขาลง ประมาณ 0.8-1.2 เมตร มีความสูง 25-30 เมตร แป้งหมาดจะถูกป้อนเข้าทางด้านล่างผ่านตัวตีแป้ง (Disintegration) เพื่อให้แป้งหมาดไม่เกาะตัวเป็นก้อนมาก สามารถที่จะถูกอากาศพาขึ้นไปในท่ออบแห้งได้ อากาศที่ใช้ในการพาเม็ดแป้งและระเหยน้ำจะถูกดูดผ่านแผงแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อทำให้อากาศมีที่อุณหภูมิของอากาศประมาณ 160-200 °C การระเหยน้ำจะเกิดขึ้นในท่ออบ แป้งที่แห้งจะเบาและถูกดูดเข้าสู่ไซโคลน (ไซโคลนร้อน) และจะถูกแยกออกจากอากาศตกลงสู่เบื่องล่าง อุณหภูมิอากาศที่ออกจากไซโคลนประมาณ 50-60 °C แป้งที่แห้งจะถูก

ลำเลียงไปบรรจุด้วยระบบพาหะลม (Pneumatic conveyor) และถูกแยกด้วยไซโคลนเย็น แป้งที่ถูกแยกด้วยไซโคลนเย็นจะถูกร่อนและบรรจุถุงขายต่อไป ส่วนแป้งที่มีขนาดใหญ่หรือแป้งหยาบถูกรวบรวมเก็บไว้เพื่อนำกลับไปทำการผลิตซ้ำ (Reprocess) พร้อมกับแป้งตกเกรดและแป้งตกพื้น



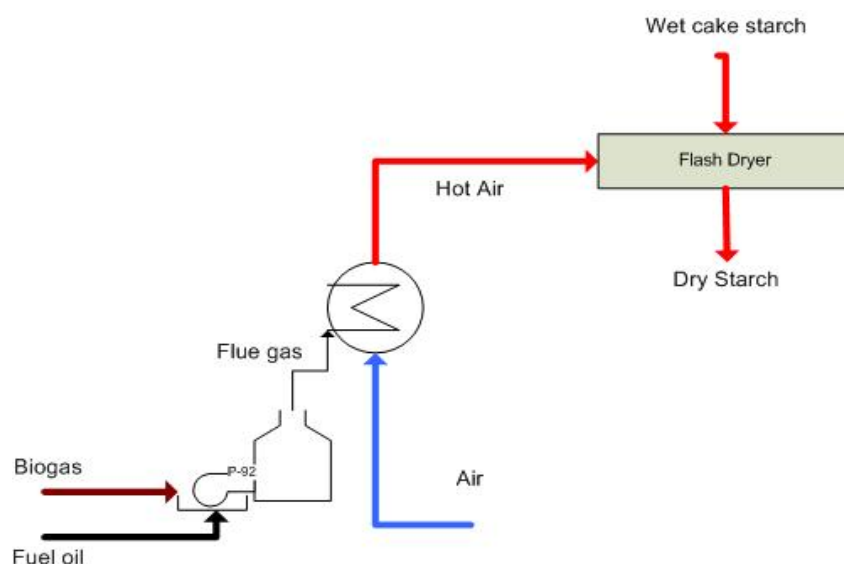
รูปที่ 4.19 เครื่องอบแห้ง

4.7 หน่วยการสร้างลมร้อน

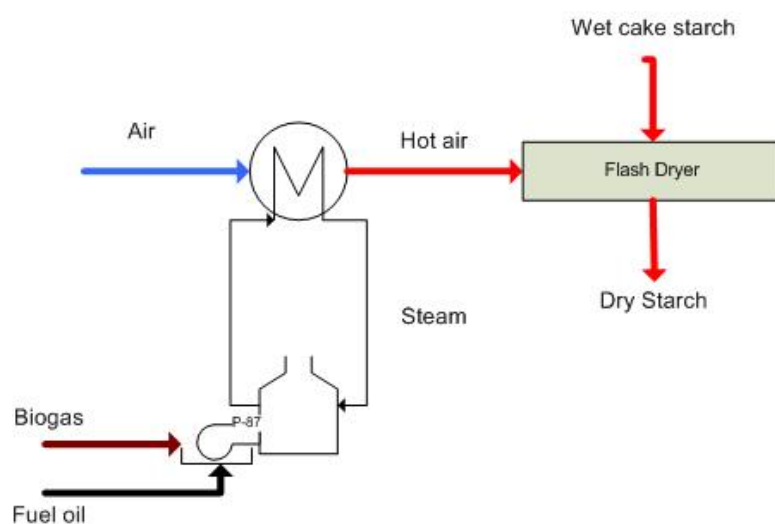
ลมร้อนเพื่ออบแห้งของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นไม่สามารถที่จะใช้อากาศจากห้องเผาไหม้โดยตรงเนื่องจากอากาศที่ออกจากห้องเผาไหม้จะมีฝุ่นละอองและสารปนเปื้อน มีผลต่อคุณภาพของแป้งผลิตภัณฑ์ได้ ดังนั้นต้องมีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้กับลมที่จะไปอบแห้ง โดยมีวิธีการสร้างลมร้อน ได้แก่

- การใช้ลมเข้าเครื่องอบแห้งแลกเปลี่ยนความร้อนโดยตรงกับอากาศร้อนจากห้องเผาไหม้ โดยทั่วไปวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย มีองค์ประกอบของระบบน้อย แต่ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนจะต่ำ เนื่องจากข้อจำกัดในด้านพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนน้อย และจะมีอุณหภูมิของปล่องไอเสียสูง
- การใช้ไอน้ำที่ผลิตจากหม้อต้มไอน้ำ (Steam boiler) เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับลมร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้ง วิธีนี้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่หม้อต้มไอน้ำจะสูงกว่า และโดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิของปล่องไอเสียต่ำ (บ่งบอกว่ามีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำกับลมร้อนในห้องเผาไหม้ดี) แต่การที่จะทำให้อุณหภูมิของลมร้อนเข้าเครื่องอบแห้งประมาณ 160-200 °C จำเป็นต้องมีอุณหภูมิไอน้ำมากกว่า

250 °C ซึ่งหมายถึงต้องการผลิตไอน้ำอิมตัวที่ความดันสูง ดังนั้นจำเป็นต้องมีการติดตั้งและดูแลอุปกรณ์ด้านความปลอดภัยที่ดี



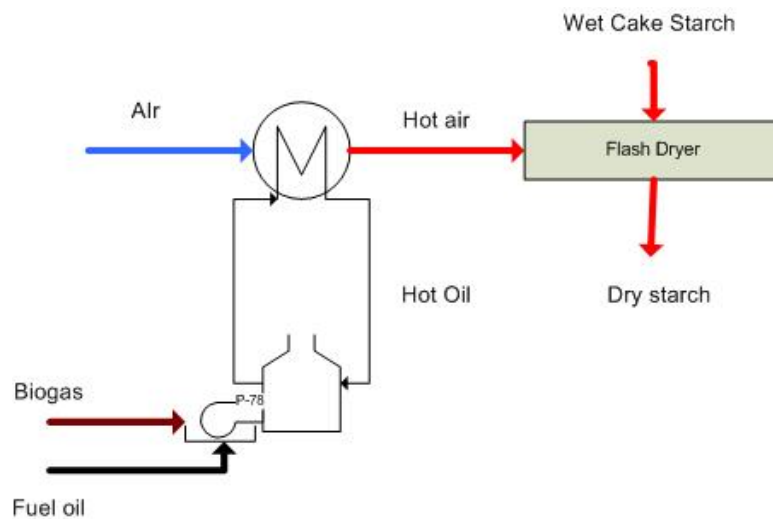
รูปที่ 4.20 การสร้างลมร้อน แบบ Hot Air Boiler



รูปที่ 4.21 การสร้างลมร้อน แบบ Steam Boiler

- การใช้น้ำมันร้อนที่ผลิตจากหม้อต้มน้ำมันร้อน (Hot oil boiler) เป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับลมร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้ง วิธีนี้น้ำมันร้อนมีจุดเดือดและค่าความจุความร้อนสูงกว่าน้ำ ดังนั้นความดันที่ใช้งาน

ในระบบน้ำมันร้อนไม่จำเป็นต้องสูงเมื่อต้องการอุณหภูมิเดียวกับใช้น้ำเป็นสารแลกเปลี่ยนความร้อน แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการใช้พลังงานที่หม้อต้มไอน้ำจะสูงกว่า และโดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิของปล่องไอเสียสูงกว่า

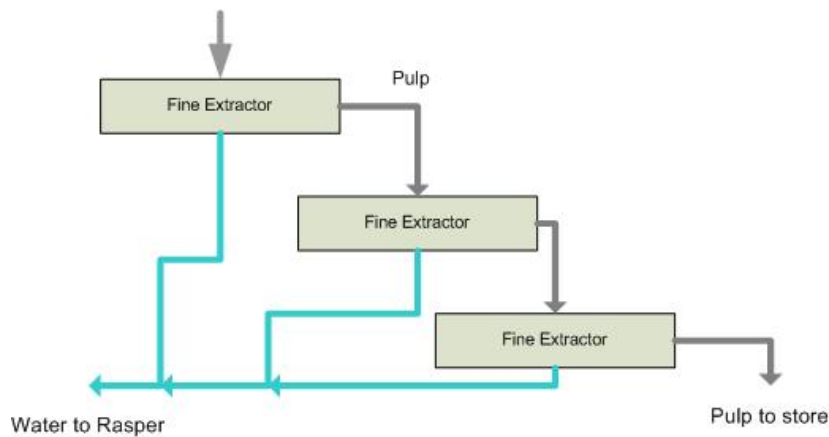


รูปที่ 4.22 การสร้างลมร้อน แบบ Hot Oil Boiler

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้เพื่อสร้างลมร้อนในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมีหลากหลาย ได้แก่ น้ำมันเตา ฟืน และ ก๊าซชีวภาพ เป็นต้น

4.8 หน่วยสกัดและอัดกากมัน

กากมันที่รวบรวมจากหน่วยสกัดแป้งมันสำปะหลังในราง/อ่างกาก จะถูกส่งมายังเครื่องสกัดกากซึ่งรูปแบบเครื่องจักรเป็นเช่นเดียวกับเครื่องสกัดแป้งมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่จะใช้เป็นแบบเครื่องสกัดแนวนอน และมีตะแกรงสแตนเลส ขนาดรูประมาณ 0.15 - 0.17 มม. มีการวางเครื่องจักรในหน่วยสกัดบางโรงงานจะมีหลาย Stage ส่วนใหญ่ใน Stage แรกๆ จะมีการใช้น้ำที่วนมาจากหน่วยอื่นๆ มาทำการฉีดแบ่งที่อาจจะตกค้างในกากมันอีกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง และใน Stage สุดท้าย ของเครื่องสกัดจะไม่มีน้ำฉีด แต่จะทำหน้าที่รีดน้ำออกจากกากมัน เพื่อลดความชื้นให้มากที่สุด แต่ด้วยวิธีนี้กากที่ออกมาจะมีความชื้นสูงกว่าวิธีอื่นๆ



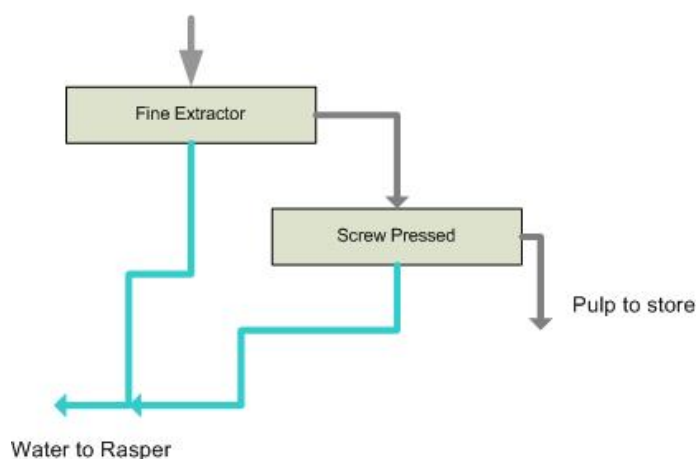
รูปที่ 4.23 การวางผังหน่วยสกัดกาก แบบที่ใช้เครื่องสกัดอย่างเดียว

ในการวางผังกระบวนการของหน่วยสกัดกากของโรงงานส่วนใหญ่ จะใช้เครื่องอัดกากแบบสกรู (Screw press) ซึ่งมีสกรูอัดกากในตะแกรงทรงกรวยโดยกากจะถูกรีดออกทางปลายกรวยในขณะเดียวกันน้ำจะถูกรีดผ่านตะแกรง สกรูจะหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำๆ ตามสมรรถนะของเครื่องอัดกาก ขนาดของมอเตอร์อัดกาก ประมาณ 3-5 แรงม้า

ความชื้นของกากที่ออกจากเครื่องอัดกากจะประมาณ 75-80% ความสามารถในการลดความชื้นของเครื่องอัดกาก ขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนกากและขนาดรูตะแกรงและการหมั่นทำความสะอาดตะแกรง



รูปที่ 4.24 เครื่องอัดกากแบบสกรู



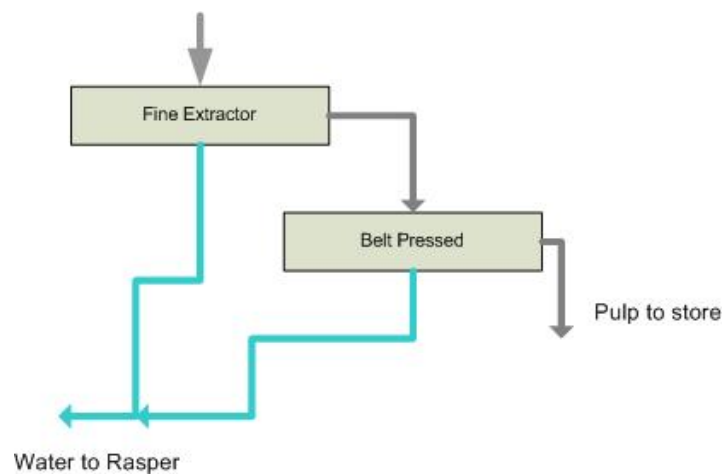
รูปที่ 4.25 การวางผังหน่วยสกัดกาก แบบที่ใช้เครื่องสกัดร่วมกับเครื่องอัดกากแบบสกรู

นอกจากนี้ในบางโรงงานเปลี่ยนจากเครื่องอัดกากแบบสกรู มาเป็นเครื่องรีดกากแบบสายพาน (Belt Press) โดยกากจากเครื่องสกัดกากจะตกลงสู่สายพานของเครื่องรีดที่เป็นผ้ากรองและถูกบีบอัดด้วยลูกกลิ้งเพื่อรีดน้ำออกจากตัวกาก กากที่มีความชื้นลดลงจะถูกปาดออกที่ปลายสายพาน และน้ำที่ได้จะนำวนกลับไปใช้ในตรงส่วนของลูกม่ หรืออาจจะวนกลับไปใช้ในเครื่องสกัดกาก Stage แรกๆ ก็ได้ ขนาดของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนสายพาน ประมาณ 3 แรงม้า

เช่นกันความชื้นของกากที่ออกจากเครื่องอัดกากจะประมาณ 75-80% ความสามารถในการลดความชื้นของเครื่องอัดกากขึ้นอยู่กับอัตราการป้อนและการกระจายกากให้เต็มพื้นที่ของผ้ากรองและขนาดรูตะแกรงผ้ากรองและการหมั่นทำความสะอาดผ้ากรอง



รูปที่ 4.26 เครื่องรีดกากแบบสายพาน (Belt Press)



รูปที่ 4.27 การวางผังหน่วยสกัดกาก แบบที่ใช้เครื่องสกัดร่วมกับเครื่องรีดกากแบบสายพาน

4.9 หน่วยการผลิตน้ำดีและน้ำกำมะถัน (กรด Sulfurous)

น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตแอมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่เป็นน้ำผิวดิน โดยนำมาจากแม่น้ำ ลำคลองสาธารณะ หรือ คลองชลประทาน ซึ่งมีค่าความกระด้างต่ำอยู่แล้ว ดังนั้นอาจจะไม่ต้องมีกระบวนการยุ่งยากมากในการบำบัด โดยน้ำดิบจะถูกส่งเข้ามาจัดเก็บในบ่อพักน้ำของโรงงาน หลังจากนั้นน้ำดิบจะผ่านเข้าสู่ระบบผลิตน้ำดี โดยเริ่มที่หน่วยตกตะกอน โดยมีการเติมสารเคมีเพื่อช่วยในการตกตะกอน เช่น ปูนขาวและสารส้ม หรือ โพลีเมอร์ หลังจากบ่อตกตะกอนแล้ว น้ำจะถูกส่งผ่านถังกรองทราย โดยทั่วไปจะเป็นบ่อกรองช้า มีบ้างเป็นถังกรองความดัน หลังจากนั้นอาจจะมีการเติมคลอรีนเพื่อฆ่าเชื้อ หรือการปรับค่าความเป็นกรดต่างของน้ำให้เหมาะสม ($\text{pH} \sim 7 \pm 0.5$) น้ำที่ได้นี้จะใช้ในกระบวนการผลิตแอมันสำปะหลัง ถ้าโรงงานใดใช้ไอน้ำเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนของลมร้อน

น้ำที่ใช้ในหม้อต้มไอน้ำจะต้องเป็นน้ำอ่อน (Soft water) ที่มีความกระด้างต่ำ ซึ่งน้ำดีจะผ่านถังเรซินผลิตน้ำอ่อน หรือผ่านระบบเมมเบรน

โดยทั่วไปโรงงานผลิตน้ำกำมะถันจากการเผากำมะถันก้อนในเตาเผากำมะถันพร้อมกับอากาศที่ถูกอัดเข้าเตาเผา และอากาศซึ่งมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไหลขึ้นผ่านหอจับไอน้ำ (Absorption) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะละลายลงไปในน้ำ กลายเป็นน้ำกำมะถัน จะไหลลงถังพัก เพื่อนำไปใช้งานต่อไป ดั้งเดิมโรงงานมีการป้อนกำมะถันเข้าเตาเผาเป็นแบบครั้งๆ (Batch) แต่ปัจจุบันมีการปรับการป้อนเป็นแบบต่อเนื่องโดยใช้ชุดป้อนแบบสกรู (Screw feeder) และปรับเปลี่ยนการใช้พัดลมดูดอากาศจากตัวหอจับไอน้ำ แทนที่จะใช้ลมอัดเข้าเตาเผา การควบคุมความเข้มข้นของน้ำกำมะถัน โดยทั่วไปโรงงานควบคุมจาก ค่า pH ของน้ำกำมะถันไม่ให้ สูงเกิน 2 หรือมีปริมาณความเข้มข้นของ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 300-600 มก./ลิตร



รูปที่ 4.28 เตาเผากำมะถันและหอจับไอน้ำ

มีบ้างบางโรงงานใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ มาเติมในกระบวนการผลิตเพื่อทดแทนการใช้กำมะถันจากการเผากำมะถันก้อน แม้ว่าราคาจะแพงกว่าแต่ก็สะดวกและควบคุมความเข้มข้นกำมะถันได้สม่ำเสมอ

4.10 หน่วยบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ

โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังนำน้ำเสียจากหน่วยเครื่องแยกกลับมาใช้ในการล้างหัวมันรวมกับการใช้น้ำดี ส่วนน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นมาจากอ่างล้างหัวมัน เรียกว่าน้ำเสียรวม (Combined wastewater) น้ำเสียจากส่วนของน้ำล้างหัวมัน ซึ่งทำให้น้ำที่ล้างดินและเปลือกออกจากหัวมันจะมีของแข็งแขวนลอย (Total suspended solid, TSS) สูง และถ้ามีการใช้น้ำจากหน่วยเครื่องแยก มาใช้ในการล้างหัวมัน ก็อาจจะมีแป้งหรือ

สารอินทรีย์เจือปนสูงขึ้น การบำบัดน้ำเสียรวมนี้ระบบโดยทั่วไปจะเริ่มจากการใช้เครื่องร่อนเปลือกจะมีลักษณะเป็น ตะแกรงทรงกระบอก วางและหมุนตามแกนแนวนอน โดยทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เมตร ความยาวอยู่ระหว่าง 2 - 4 เมตร ใช้มอเตอร์ขนาด 5 - 7.5 แรงม้า เปลือกอ่อนจะถูกแยกและนำไปตากเพื่อขายต่อไป ส่วนน้ำ จะไหลเข้าบ่อตกตะกอนทราย (Grit Removal) เพื่อกำจัดเปลือกและดิน ทรายละเอียดออก ทรายหรือดินจะถูกเอา ออกจากบ่อตกตะกอนทุกวันโดยใช้รถตักเพื่อนำไปถมที่หรือตาก น้ำเสียที่ผ่านบ่อตกตะกอนทราย จะเข้าสู่ระบบบ่อ เปิด เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่อไป น้ำที่ผ่านการบำบัดในบ่อท้ายๆ จะถูกนำไปใช้ทางการเกษตร หรือนำกลับมาใช้ใน โรงงานผลิตแอมโมเนียอีกครั้ง บางโรงงานอาจจะมีการติดตั้งเครื่องกรองแบบโค้งที่ทำความสะอาดตัวเอง (Self-cleaning type curved screens) อีกชุดต่อบ่อตกตะกอนเพื่อแยกเปลือกละเอียดๆ หรือกรองขี้แบ่ง ในกรณีนี้ที่ ต้องการนำน้ำเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพ



รูปที่ 4.29 เครื่องร่อนเปลือกและบ่อตกตะกอน

ในกรณีที่โรงงานมีระบบผลิตก๊าซชีวภาพและใช้น้ำเสียจากหน่วยแยกแอมโมเนีย หรือ เครื่อง Decanter น้ำเสียในส่วนนี้จะส่ง เข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยตรง ส่วนน้ำจากการล้างหัวมันก็จะถูกบำบัดด้วยเครื่องร่อนเปลือกและบ่อตกตะกอน และระบบบ่อเปิด (Open pond type biological treatment system) เช่นเดิม



รูปที่ 4.30 ระบบบำบัดแบบบ่อเปิด

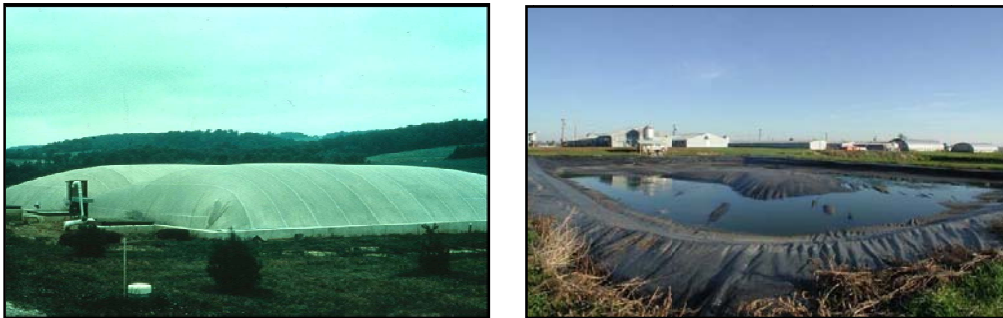
โรงงานผลิตแอมโมเนียเริ่มมีการใช้ระบบผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียของการผลิตแอมโมเนีย ทั้งที่ใช้น้ำเสียรวมและเฉพาะน้ำเสียจากเครื่องแยก

ซึ่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพก็มีหลากหลาย แบ่งตามลักษณะการดำรงอยู่ของจุลินทรีย์ ออกได้เป็น 2 แบบหลักๆ ได้แก่

- ระบบที่จุลินทรีย์แขวนลอยในระบบ (Suspended growth system)
- ระบบที่จุลินทรีย์ติดอยู่บนตัวกลาง (Attached growth system)

4.10.1 ระบบที่จุลินทรีย์แขวนลอยในระบบ ซึ่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบนี้ ได้แก่

- **ระบบบ่อคลุม (Covered lagoon)** บ่อแบบนี้จะมีปริมาตรจุน้ำมากเพื่อให้มีระยะเวลากักเก็บน้ำนาน (มากกว่า 50 วัน) น้ำเสียจากกระบวนการผลิตจะไหลเข้าบ่อทางด้านหนึ่งและออกจากบ่อทางปลายบ่ออีกด้านหนึ่ง ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการใช้บ่อเปิดเดิมแล้วมาคลุมด้วยแผ่น HDPE โดยอาจจะคลุมแบบการรักษาความดันภายในบ่อ ซึ่งจะทำให้แผ่น HDPE โป่งพองขึ้นมา และ การคลุมแบบไม่มีความดันภายในบ่อ กรณีนี้ถ้าไม่มีการใช้ก๊าซชีวภาพ จะต้องมีการเผาก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นทิ้ง



รูปที่ 4.31 ระบบบำบัดแบบบ่อคลุม

ปัจจุบันมีการปรับปรุงบ่อแบบคลุม โดยมีการปรับปรุงเรื่องท่อกระจายน้ำ หรือการติดตั้งแผ่นกั้นในบ่อให้เป็นช่องๆ เพื่อให้สามารถผลิตก๊าซชีวภาพ รวมทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัด เรียกบ่อคลุมลักษณะนี้ว่า Modified covered lagoon

- **ระบบยูเอเอสบี (UASB)** เป็นระบบที่มีขนาดบรรจุเล็กลงมา เป็นระบบที่มีอัตราการรับภาระสารอินทรีย์ต่อปริมาตรระบบสูงกว่าบ่อคลุม เนื่องจากภายในถังผลิตก๊าซมีเทนจะมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่มาก โดยทั่วไปรับน้ำจากหน่วยเครื่องแยก ตัวระบบประกอบไปด้วย หน่วยตกตะกอนแบบที่มีแผ่นช่วยตกตะกอนร่วมด้วย (Inclined Plate Settler) บ่อหมักกรด (Acid tank) และถังผลิตมีเทน ปริมาตรจุน้ำรวมเพื่อให้มีระยะเวลาเก็บประมาณ 2-3 วัน น้ำเสียจากหน่วยเครื่องแยกจะผ่านเข้าถังตกตะกอนเพื่อตกเอาของแข็งแขวนลอยบางส่วนออกก่อน และจะไหลลงบ่อหมักกรด จากนั้นน้ำเสียจากบ่อกรดจะถูกส่งเข้าถังผลิตก๊าซมีเทนทางด้านล่าง และน้ำที่ผ่านการบำบัดจะดันออกด้านบน บางส่วนจะถูกส่งวนกลับเข้าถังเพื่อรักษาความเร็วน้ำไหลขึ้นให้เหมาะสม อีกส่วนหนึ่งจะไปบ่อบำบัดในระบบบ่อเปิดต่อไป



รูปที่ 4.32 ถังผลิตก๊าซมีเทนของระบบยูเอเอสบี

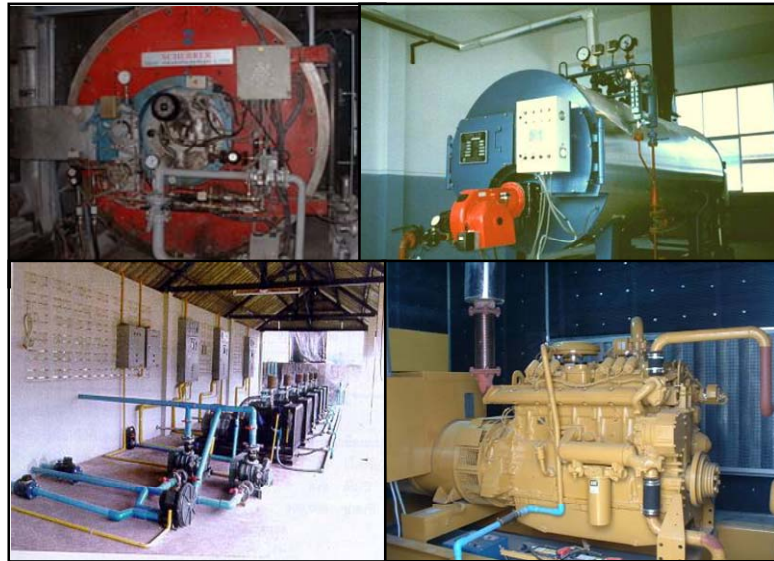
4.10.2 ระบบที่จุลินทรีย์ติดอยู่บนตัวกลาง ซึ่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบนี้ ได้แก่

- ระบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (AFFR) เป็นระบบที่มีอัตราการรับภาระสารอินทรีย์ต่อปริมาตรระบบสูงกว่าบ่อคูลุม เนื่องจากภายในถังปฏิกรณ์จะมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่มากและหลุดออกจากระบบน้อย ระบบมีขนาดบรรจุพอๆ กับระบบแบบยูเอเอสพี รับน้ำเสียรวมหรือรับน้ำจากหน่วยเครื่องแยก ตัวระบบประกอบไปด้วย ถังปฏิกรณ์ผลิตก๊าซมีเทน ปริมาตรจุน้ำรวมเพื่อให้มีระยะเวลากักเก็บประมาณ 2-3 วัน ภายในติดตั้งตัวกลางเพื่อให้จุลินทรีย์เกาะเป็นฟิล์มชีวะ น้ำเสียจากโรงงานจะถูกส่งเข้าด้านล่างและไหลขึ้นด้านบน จากนั้นนั้นล้นออกไปยังบ่อเปิดเพื่อบำบัดต่อไป



รูปที่ 4.33 ระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์

โดยทั่วไปก๊าซชีวภาพจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โรงงานนำไปใช้ทดแทนเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตความร้อนเพื่ออบแห้งแป้ง โรงงานบางส่วนที่มีก๊าซชีวภาพเหลือจะนำก๊าซที่ได้ไปเดินเครื่องยนต์ เพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า

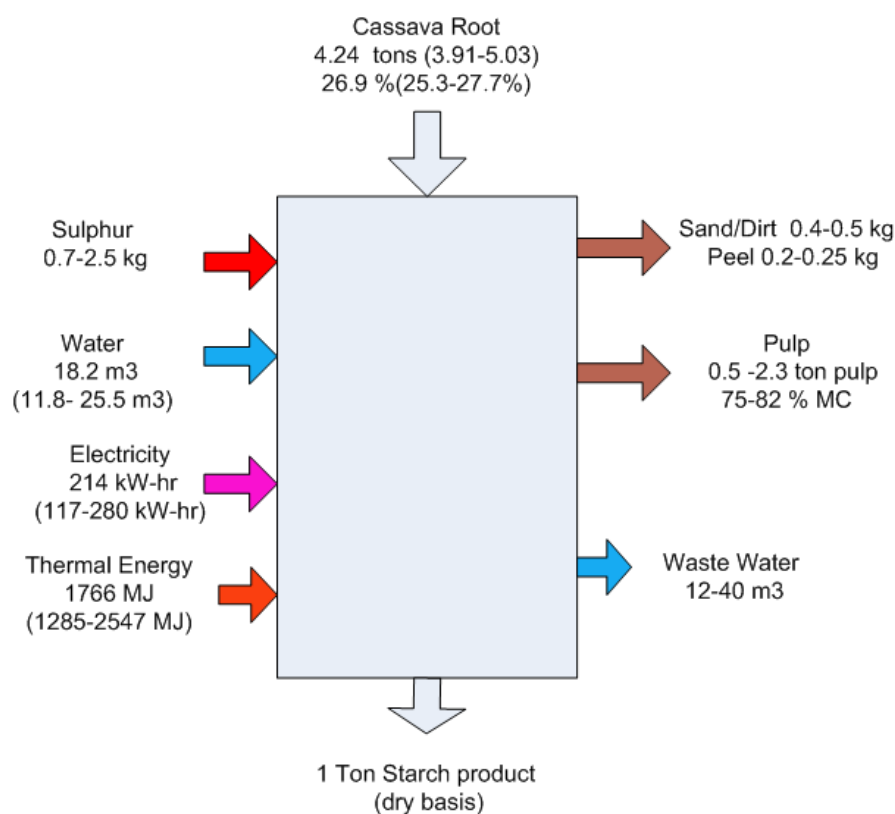


รูปที่ 4.34 การนำก๊าซไปใช้ประโยชน์

4.11 ภาพรวมทั่วไปของการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

โดยทั่วไปของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง 1 ตันผลิตภัณฑ์แป้งแห้ง นั้นโรงงานใช้หัวมันประมาณ 4.24 ตัน นอกจากนี้ยังมีการใช้ทรัพยากรอื่นๆ ดังต่อไปนี้

- น้ำดี 11.8 - 25.5 ลบ.ม.
- กำมะถัน 0.7 - 2.5 ก.ก. (กำมะถันก้อน)
- พลังงานไฟฟ้า 117 - 280 หน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
- พลังงานความร้อน 1,285 - 2,547 เมกกะจูล



รูปที่ 4.35 แสดงสัมประสิทธิ์การใช้ทรัพยากรและการเกิดของเสีย
ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Input-Output)

กากของเสียและน้ำเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ประกอบด้วย ดิน/ทรายประมาณ 0.4-0.5 ก.ก. เปลือกมันประมาณ 0.2 ก.ก. นอกจากนี้มีน้ำเสียออกมาประมาณ 12-40 ลบ.ม. ขึ้นอยู่กับการจัดการของแต่ละโรงงาน ซึ่งในน้ำเสียมีค่าความสกปรกในรูป COD เฉลี่ยอยู่ที่ 16,000 ม.ก./ลิตร ค่า COD จะมากหรือน้อยขึ้นกับปริมาณการสูญเสียแป้งจากกระบวนการผลิต ส่วนผลิตภัณฑ์พลอยได้จะเป็นกากมันสดประมาณ 0.5 - 2.3 ตัน กากมันสดที่ได้สามารถนำไปตากแห้งและจำหน่ายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์อื่น (ใช้ในการผลิต เอทานอล) หรือนำไปใช้เป็นสารอาหารในการผลิตอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังอยู่ในระหว่างการวิจัย เพื่อนำกากมันสดไปใช้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งอาจจะนำไปใช้ผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าต่อไป

บทที่ 5 การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ

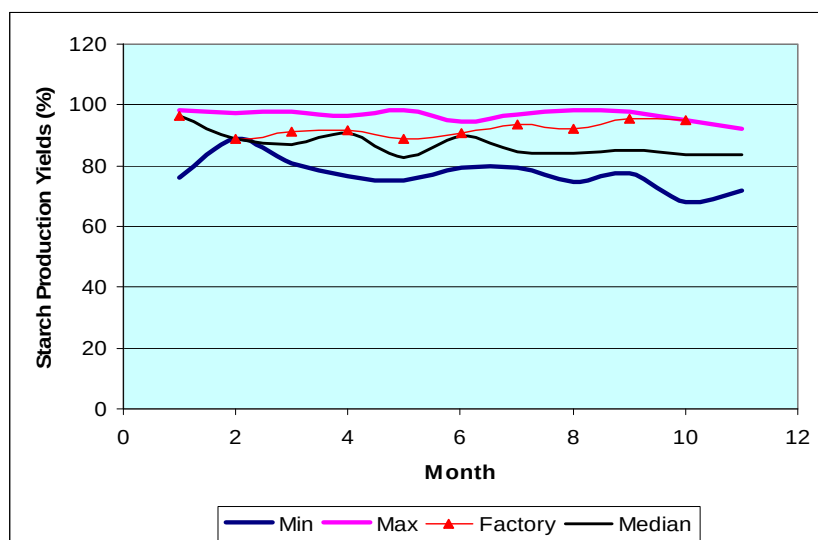
5.1 การประยุกต์ใช้วิธีปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจตามดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพ

5.1.1 ประสิทธิภาพการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์และการสูญเสีย

การผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสกัดเม็ดแบริ่งให้หลุดออกจากเยื่อใยที่ห่อหุ้มไว้ และนำน้ำแบริ่งไปทำความสะอาดจนถึงกระบวนการทำให้แห้ง (สำหรับกรณีการผลิตแบริ่งเป็นแบริ่งแห้ง) ประสิทธิภาพการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์หรือปัจจัยขึ้นอยู่กับปริมาณการสูญเสียแบริ่งออกจากกระบวนการผลิต โดยอยู่ในช่วง 74.8 - 98.0% โดยเกณฑ์เฉลี่ย อยู่ที่ 85.8% และปริมาณแบริ่งที่ผลิตไม่ได้มาตรฐาน ในส่วนของการสูญเสียแบริ่งจากกระบวนการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์นั้น สามารถจำแนกได้เป็นสามสายด้วยกัน คือ การสูญเสียแบริ่งที่ติดไปกับกากมันสำหรับรถจักรยานยนต์ การสูญเสียแบริ่งไปกับน้ำเสียจากเครื่องแยกหรือการล้นของน้ำแบริ่งจากถังระหว่างการผลิต และการสูญเสียแบริ่งไปจากไซโคลนร้อนและไซโคลนเย็น นอกจากนี้ แบริ่งที่ตกพื้นระหว่างการบรรจุ และแบริ่งที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น แบริ่งหยاب แบริ่งความถี่สูง เป็นต้น จะถูกรวบรวมเพื่อนำมาละลายและนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่

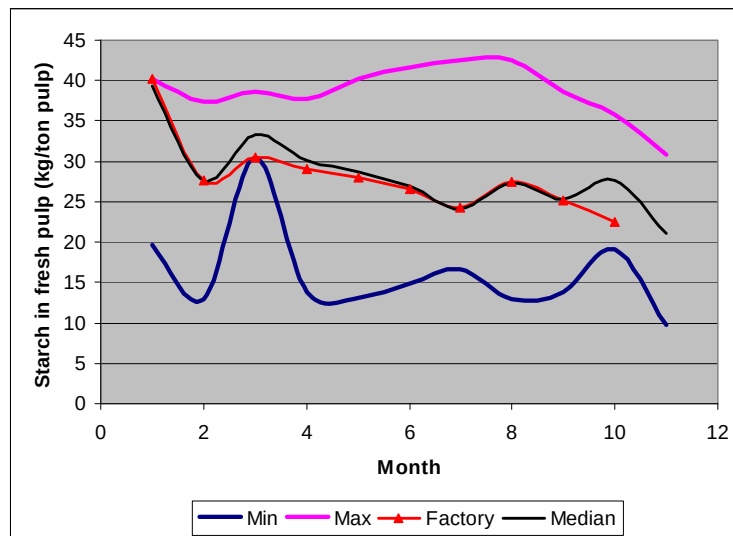
1) การเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์การผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์

การเก็บข้อมูลสถิติปริมาณหัวมันสำหรับรถจักรยานยนต์ เปรอร์เซ็นต์แบริ่งในหัวมันสำหรับรถจักรยานยนต์ที่เข้าสู่กระบวนการผลิต ปริมาณแบริ่งตกเกรดที่นำมาผลิตซ้ำ (Reprocess) รวมทั้งปริมาณแบริ่งผลิตภัณฑ์ที่ขายออกไป จะทำให้ได้ค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์ (KPI 1) ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์ในแต่ละช่วงเวลาของปีหรือข้อมูลย้อนหลัง นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดนี้กับกลุ่มโรงงานผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์อื่นๆ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแบริ่งน้ำมันสำหรับรถจักรยานยนต์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.1 ในเดือนที่สองของฤดูกาลผลิตนั้น โรงงานมีประสิทธิภาพต่ำลงมาจากเดือนแรก และเมื่อเทียบกับกลุ่มของโรงงาน พบว่า โรงงานมีประสิทธิภาพประมาณต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยเล็กน้อย และในช่วงเดือนที่ 2-6 นั้น ประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ซึ่งโรงงานก็ควรจะพยายามค้นหาสาเหตุของการที่ประสิทธิภาพต่ำ โดยทั่วไป สาเหตุของประสิทธิภาพการผลิตที่แกว่งตัวนั้นอาจจะมาจาก คุณภาพของหัวมันสำหรับรถจักรยานยนต์ที่เข้า เช่น บางครั้งหัวมันสำหรับรถจักรยานยนต์มีเปอร์เซ็นต์แบริ่งสูงก็ควรที่จะทำให้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงงานสูง แต่ถ้าการปรับตั้งเครื่องจักรไม่เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลง ก็อาจจะไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตดีขึ้นตามเปอร์เซ็นต์แบริ่งในหัวมันที่สูง



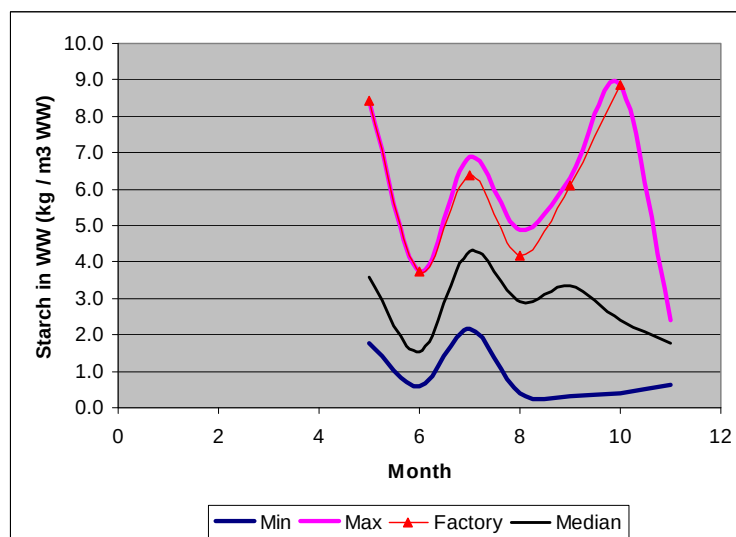
รูปที่ 5.1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน และสถิติค่าประสิทธิภาพ
การผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงานในกลุ่มตัวอย่าง ในช่วงเวลาต่างๆ

นอกจากค่าประสิทธิภาพการผลิตแป้งมันสำปะหลังแล้ว เพื่อเป็นการวิเคราะห์หาจุดที่มีการสูญเสียแบ่งจากกระบวนการผลิต เราจะต้องพิจารณาข้อมูลของปริมาณแป้งในกากมันสด (KPI 1.1) ในหน่วยของ ก.ก. แป้ง / ตันกากมันสด และ ปริมาณแป้งในน้ำเสีย (KPI 1.2) ในหน่วยของ ก.ก. แป้ง ต่อ ลบ.ม. น้ำเสีย เป็นส่วนประกอบในการพิจารณาเพื่อหาสาเหตุของการสูญเสียด้วย ทั้งนี้ถ้าโรงงานสามารถวัดปริมาณกากมันสดที่ผลิตได้ต่อวัน และปริมาณน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิต จะทำให้ทราบถึงปริมาณแป้งที่สูญเสียไปจากกระบวนการผลิต รวมทั้งสัดส่วนของการสูญเสีย เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงวิธีการทำงานของโรงงานเราว่าเหมาะสม หรือสามารถนำวิธีการทำงานของโรงงานที่มีการสูญเสียน้อยกว่าเรามาปรับใช้



รูปที่ 5.2 แสดงปริมาณแป้งในกากมันสด

ดังจะเห็นได้ว่าถ้าโรงงานติดตามตัวเลขและวิเคราะห์สาเหตุของการสูญเสียแป้งในกากมัน และนำมาแก้ปัญหาในการทำงานก็จะสามารถที่จะทำให้ปริมาณแป้งในกากมันของโรงงานลดลง



รูปที่ 5.3 แสดงปริมาณแป้งในน้ำเสีย

เช่นเดียวกันจะเห็นได้ว่าโรงงานมีปริมาณแป้งในน้ำเสียสูงและไม่สม่ำเสมอ บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการเก็บแป้งกลับจากหน่วยเครื่องแยก และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์ของโรงงานอื่น ก็อยู่สูงกว่าเกณฑ์เฉลี่ยของกลุ่ม

2) การลดการสูญเสียของแป้งในกากมัน

เป็นที่เข้าใจกันว่าเม็ดแป้งในหัวมันนั้นมีอยู่สองส่วนด้วยกันคือ เม็ดแป้งที่ถูกเกาะหรือห่อหุ้มไว้ด้วยเยื่อใยอย่างหลวมๆ เรียกว่า free starch กับอีกส่วนที่ถูกห่อหุ้มอย่างแน่นหนา เรียกว่า bound starch วิธีการไม่หัวมันแบบเปียก (Rasping หรือ Grinding) นี้จะช่วยให้เม็ดแป้งเป็นอิสระมากขึ้นและง่ายต่อการสกัดออกจากเยื่อใย ดังนั้นอนุภาคของ มันที่ผ่านการไม่ที่มีขนาดเล็กก็มีโอกาสที่เม็ดแป้งจะหลุดออกมาได้ง่ายขึ้น ดังนั้นแป้งที่อยู่ในกากส่วนหนึ่งก็ยังเป็นเม็ด แป้งที่เรียกว่า bound starch ซึ่งยากต่อการสกัดด้วยวิธีทางกล (อย่างที่ทำกันอยู่ในปัจจุบัน) แต่อย่างไรก็ตามแป้งที่เป็น free starch ก็ยังคงมีอยู่ในระหว่างการสกัดและติดไปกับกากมันอันเนื่องมาจากการสกัดที่ไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งอาจจะเริ่มตั้งแต่การสกัดในชุดเครื่องสกัดขั้นที่ 1 และถ้ามีจำนวนเครื่องสกัดและขนาดรูตะแกรงไม่เหมาะสมก็จะทำให้ มีโอกาสแป้งติดไปกับกากได้ ซึ่งจะเป็นภาระที่ชุดสกัดกาก และถ้าโรงงานมีชุดสกัดกากไม่มากพอ ก็จะไม่สามารถเก็บ แป้งกลับมาได้ จึงควรมีชุดสกัดกากอีกเป็น 2 ชั้น หรือมีการรีดน้ำหรือลดความชื้นในกากมันให้ต่ำเป็นขั้นตอนสุดท้าย ของชุดสกัดกาก การรีดน้ำหรือลดความชื้นในกากมันให้ต่ำที่ใช้ในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังมี 3 ประเภท คือ

- การใช้เครื่องสกัดกาก (Conical basket screen centrifuge) อีกชุดหนึ่ง โดยที่ไม่มีการเติมน้ำทำหน้าที่ เพียงแต่เหวี่ยงแยกน้ำออก
- การใช้เครื่องอัดกากแบบสกรู (Screw press)
- การใช้เครื่องรีดกากแบบสายพาน (Belt press)

2.1) การปรับขนาดตะแกรงของเครื่องสกัดในแต่ละชั้น (Stage) ให้เหมาะสม

เครื่องสกัดในชุดสกัดแป้งนั้นเป็นเครื่องแบบ Conical basket screen centrifuge ใช้หลักการแยกแป้งในน้ำแป้งโดยการเหวี่ยงแยกเม็ดแป้งให้ผ่านตะแกรงสแตนเลส (ใน stage ที่ 1) หรือผ้า (ใน stage ถัดไป) โดยหลักการแล้ว ประสิทธิภาพเครื่องสกัด ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักๆ คือ ความเร็วรอบ (แรงเหวี่ยง) พื้นที่ช่องเปิดของตะแกรง ความเข้มข้นของน้ำแป้งในเครื่องสกัด (สัดส่วนของเหลวต่อของแข็ง, L/S) และอัตราหรือปริมาณของแข็งที่ป้อนเข้าเครื่องสกัด (ใน หน่วยของ ลบ.ม. หรือ ก.ก. ต่อ ตร.ม. ต่อ ชั่วโมง)

ซึ่งขนาดของรูตะแกรงที่จะใช้นั้นขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคมันที่ผ่านเครื่องไม่ (Rasper หรือ Grinding) ในกรณีที่รู ตะแกรงมีขนาดเล็กเกินไปจะทำให้อัตราการกรอง (ปริมาณน้ำแป้งที่สูบน้ำเข้าเครื่องสกัด) ของเครื่องจักรต่ำลง หมายถึง ถ้ายังคงสูบน้ำแป้งเข้าไปมากเกินจะทำให้กากที่ออกมาเหลวมากขึ้น นอกจากนี้กากที่ออกมาจะมีแป้งติดไปมาก เนื่องจากน้ำแป้งจะไหลผ่านตะแกรงไม่ทัน ดังนั้นถ้าจะให้ประสิทธิภาพดีและกำลังการผลิตไม่ตก ต้องมีจำนวน

เครื่องจักรมากขึ้นให้เพียงพอ และถ้าขนาดตระแกรงใหญ่เกินไปในเครื่องสกัดชุดแรก ประสิทธิภาพดีขึ้นรวมทั้งกำลังการผลิตไม่ตก แต่น้ำแป้งจะมีปริมาณกากอ่อนสูงขึ้น ซึ่งถ้าปริมาณชุดเครื่องสกัดที่ใช้ตะแกรงผ้าหรือชุดตะแกรงกรองผิวโค้ง (DSM) มีจำนวนไม่เพียงพอจะทำให้แป้งผลิตภัณฑ์มีกากอ่อนมากขึ้น ทั้งนี้แต่ละโรงงานควรมีการทดลองปรับขนาดตะแกรงและเพื่อดูประสิทธิภาพในการสกัดเอง เพื่อให้ทราบจำนวนเครื่องสกัดที่เหมาะสมกับกำลังการผลิต

ตัวอย่างเช่น โรงงานใช้ชุดสกัดกาก Stage ที่ 3 ที่มีขนาดตระแกรงเท่ากับ 2 Stages แรก คือ 80 Mesh ซึ่งในกรณีนี้ขนาดตะแกรงละเอียดเกินไปทำให้ไม่สามารถลดความชื้น และทำให้แป้งค้างอยู่ในชั้นของกากมาก เมื่อมีการปรับให้ขนาดของตะแกรงใน stage ที่ 3 มีขนาดใหญ่ขึ้นคือ 70 Mesh ทำให้สามารถลดความชื้นจาก 79% เป็น 75%

2.2) การฉีดล้างตะแกรงในเครื่องสกัดอย่างสม่ำเสมอ

โดยปกติในการสกัดแป้งมันสำปะหลังมีการวนน้ำจากเครื่องแยกกลับมาเติมในส่วนต่างๆ ในกระบวนการผลิต ดังนั้นเมื่อดำเนินการผลิตเป็นเวลานานขึ้น จะเริ่มมีการสะสมของเมือกโปรตีนที่บริเวณตะแกรง แม้จะมีการเติมน้ำก่ะมันเพื่อช่วยทำให้โปรตีนมีการเสียสภาพ ไม่เกาะตัวบนตะแกรงมาก แต่ตามบนด้านหน้าของตะแกรงจะยังคงมีเมือกและเศษแป้งหรือเยื่ออ่อนขนาดเล็กมาอุดตันรูตะแกรงอยู่ดี จึงจำเป็นต้องมีการฉีดล้าง หรือในบางครั้งถ้าเป็นตะแกรงผ้าอาจจะมีการเปลี่ยนใหม่เป็นครั้งคราว การฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดตะแกรงควรทำอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้ประสิทธิภาพการสกัดไม่ลดลงระหว่างการผลิต ยกตัวอย่างเช่น การฉีดน้ำที่ตะแกรงบ่อยครั้งจะทำให้แป้งในกากลดลงแต่อย่างไรก็ตาม การฉีดน้ำบ่อยจะทำให้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำลดลง ดังนั้นแต่ละโรงงานควรควบคุมปริมาณการฉีดให้คงที่ ซึ่งควรทำการทดลองและหาจุดที่เหมาะสมระหว่างความถี่ในการฉีดล้างและปริมาณน้ำที่ฉีดสำหรับแต่ละโรงงานเอง แล้วกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานเพื่อปฏิบัติให้เหมือนกันทุกกะ

ตัวอย่างเช่น โรงงานแห่งหนึ่ง การฉีดล้างตะแกรงจะกระทำโดยอาศัยการสังเกตและความชำนาญของพนักงาน ทำให้แต่ละกะมีการทำงานที่ไม่เหมือนกัน และปริมาณแป้งในกากไม่เท่ากัน เมื่อมีการปรับปรุงหาจุดที่ดีที่สุดของแต่ละกะ (กรณีทำงานสองกะ) พบว่า ปริมาณแป้งในกากเฉลี่ยลดลงจาก 47.1 ก.ก.ต่อตันกากสด เป็น 30.9 ก.ก.ต่อตันกากสด หรือลดลง 34.4%

2.3) การลดความชื้นของกากมัน

โดยทั่วไปความชื้นของกากมันที่ออกจากชุดอัดกากนั้นควรจะอยู่ในช่วง 75% ถ้าความชื้นกากมากกว่า 80% จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าเม็ดแป้งจะหนีไปกับกากสูง เนื่องจากเม็ดแป้งที่เป็น free starch นั้นอยู่ในน้ำที่ถูกอุ้มไว้ในชั้นของกากมัน ดังนั้นการสามารถลดความชื้นในกากมันทำให้ปริมาณแป้งในกากมันลดลง ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

- ใช้จำนวนเครื่องอัดกากให้เหมาะสมกับปริมาณกากที่ป้อน
- ปรับการกระจายของกากให้เต็มพื้นที่ผ้ากรองและสม่ำเสมอ (กรณีเครื่องรีดแบบสายพาน (Belt press))
- ปรับความเร็วรอบการอัดกากให้เหมาะสม (กรณีเครื่องอัดกากแบบ Screw press)
- กรณีที่มีการใช้เครื่องอัดกากหลายเครื่อง การกระจายการป้อนกากไปแต่ละเครื่องจักรให้เท่ากัน จะทำให้ประสิทธิภาพดีขึ้น
- หมั่นฉีดน้ำทำความสะอาดผ้ากรองและตะแกรง

ตัวอย่างเช่น โรงงานเคยใช้เครื่องอัดกากแบบ Screw press ซึ่งใช้การป้อนที่เร็วมาก ทำให้เครื่องไม่สามารถที่จะลดความชื้นได้ดี กากที่ได้มีความชื้นประมาณ 82% ซึ่งมีแป้งในกาก 27.03 ก.ก.ต่อตันกากสด แต่เมื่อโรงงานปรับลดรอบการอัดกากให้ช้าลง (จากพูลเลย์ที่ทดขนาด 5 นิ้ว เป็น 3 นิ้ว) ทำให้สามารถลดความชื้นของกากเหลือเพียง 77% ซึ่งมีแป้งในกาก เพียง 25.4 ก.ก.ต่อตันกากสด

3) การลดการสูญเสียของแป้งในน้ำเสีย

ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นการสูญเสียแป้งไปกับน้ำเสียนั้น เกิดจากการที่แป้งล้นถังในระหว่างช่วงการผลิต ซึ่งอาจจะเกิดจากอุบัติเหตุหรือการที่บางจุดของกระบวนการผลิตต้องหยุดชั่วคราว แต่ไม่มีการประสานงานเพื่อชะลอหรือหยุดการผลิตในหน่วยต้นทาง ทำให้น้ำแป้งในถังน้ำแป้ง (ซึ่งโดยทั่วไปมีปริมาตรเล็กอยู่แล้ว) ล้นลงสู่รางน้ำเสียได้ แต่อย่างไรก็ตามการพิจารณาจากค่าดัชนีชี้วัด KPI 1.2 เพียงอย่างเดียวอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิดในเรื่องการสูญเสียแป้งในน้ำเสียได้ ยกตัวอย่างเช่น บางช่วงเวลาถ้ามีการใช้น้ำมากและมีน้ำเสียออกจากระบบมาก ขณะเดียวกันอาจจะพบว่าค่าความเข้มข้นของแป้งในน้ำเสียต่ำ ซึ่งเมื่อคิดเป็นน้ำหนักแป้งรวมอาจจะพบว่าการสูญเสียมากขึ้นก็ได้

3.1) การป้องกันน้ำแป้งล้นถัง

สาเหตุของการที่น้ำแป้งล้นถังส่วนใหญ่เกิดมาจากการขาดการสื่อสารที่ดีของพนักงานในแต่ละหน่วยผลิต ทำให้เมื่อเกิดปัญหาในบางจุดของกระบวนการผลิต เช่น ความเข้มข้นของน้ำแป้งที่เข้าเครื่องสไลด์แห้งสูง ทำให้ต้องป้อนน้ำแป้งเข้าเครื่องสไลด์น้อยลง และต้องมีการวนน้ำแป้งในหน่วยเครื่องแยกเพื่อเพิ่มความเข้มข้น ถ้าไม่มีการสื่อสารกับทางหน่วยต้นทางที่ยังคงมีการป้อนหัวมันและสกดอย่างต่อเนื่อง จะทำให้เกิดปัญหาน้ำแป้งล้นถังได้ ดังนั้น การป้องกันน้ำแป้งล้นถังทำได้โดย

- การมีสัญญาณเตือนระดับน้ำแบ่งเพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องระวังและตัดสินใจจัดการแก้ปัญหาล่วงหน้าก่อนที่น้ำแบ่งจะล้นถึง
- มีการเพิ่มถังสำรองและต่อเชื่อมกับถังต่างๆ ในกรณีที่ถังใดล้นให้น้ำแบ่งไหลล้นสู่ถังสำรอง และค่อยสูบน้ำแบ่งกลับเมื่อสถานการณ์เข้าสู่ภาวะปกติ
- มีการวางแผนการผลิตที่ดี รวมถึงมีการกำหนดขั้นตอนปฏิบัติการณเกิดน้ำแบ่งล้นถึง

3.2) การควบคุมความเข้มข้นของน้ำแบ่งขาเข้าหน่วยเครื่องแยกให้สม่ำเสมอ

เนื่องจากเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันในแต่ละช่วงเวลาของปีจะมีการแปรเปลี่ยนมาก ถ้าโรงงานไม่มีการควบคุมการขึ้นหัวมันสำปะหลังเข้าเครื่องโม้ และการทำงานของพนักงานในหน่วยสกัดไม่ได้ระวังถึงการปรับการใช้หัว จะทำให้ความเข้มข้นของน้ำแบ่งก่อนเข้าหน่วยเครื่องแยกหรือไฮโดรไซโคลนแปรเปลี่ยน ซึ่งจะมีผลต่อการควบคุมความเข้มข้นของน้ำแบ่งในหน่วยเครื่องแยกให้คงที่สม่ำเสมอ ไม่ต้องมีการวนน้ำแบ่งย้อนกลับเพื่อเพิ่มความเข้มข้นอีก ซึ่งเป็นการทำให้กระบวนการผลิตไม่ต่อเนื่อง เกิดปัญหาน้ำแบ่งล้นถึงได้ และในบางครั้งอาจถึงต้องเดินเครื่องสไลด์และเครื่องอบแห้งเปล่า จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานด้วย

การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ

- ควบคุมการขึ้นหัวมันสำปะหลังเข้าเครื่องโม้ให้เหมาะสม
- ควบคุมปริมาณการใช้หัวที่หน่วยสกัดให้เหมาะสม
- ควบคุมความเข้มข้นของน้ำแบ่งในหน่วยเครื่องแยกให้คงที่สม่ำเสมอ

3.3) การปรับตั้งเครื่องแยกให้เหมาะสม

การปรับหัวฉีดในเครื่องเหวี่ยงแยกให้เหมาะสมกับความเข้มข้นและปริมาณน้ำแบ่งที่ป้อนเข้าตามข้อกำหนดของเครื่องจักร จะทำให้สามารถรักษาความเข้มข้นของน้ำแบ่งขาออกให้สูงได้ตามเกณฑ์มาตรฐานเครื่องจักร การใช้หัวฉีดเล็กเกินไป เมื่อป้อนน้ำแบ่งเข้าไปมากแม้ว่าจะได้น้ำแบ่งในสายน้ำแบ่งมีความเข้มข้นมากขึ้น แต่ก็ทำให้มีแป้งหนีมากขึ้นในสายน้ำเสีย ในขณะเดียวกัน ถ้าหัวฉีดขนาดใหญ่เกินไป เมื่อป้อนน้ำแบ่งเข้าไปจะทำให้น้ำแบ่งในสายน้ำแบ่งมีความเข้มข้นต่ำ แม้ว่าในสายน้ำเสียจะมีแป้งหนีไปน้อย และไม่สามารถส่งน้ำแบ่งเข้าเครื่องสไลด์แห้งได้ ต้องมีการวนน้ำแบ่งเข้าเครื่องเหวี่ยงแยกใหม่ ทำให้กำลังการผลิตโดยรวมตกลง ซึ่งในการปรับหัวฉีดนั้นส่วนใหญ่จะปรับไม่บ่อย

โดยปรับตามฤดูกาลซึ่งโรงงานส่วนใหญ่จะทราบอยู่แล้วว่าในช่วงใดหัวมันมีเปอร์เซ็นต์แบริ่งต่ำ ก็ควรจะใช้หัวฉีดที่มีขนาดเล็กลง

ในกรณีที่มีการแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์แบริ่งในหัวมัน โรงงานควรที่จะควบคุมการป้อนหัวมัน เพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำแบริ่งก่อนที่จะเข้าเครื่องเหวี่ยงแยก ทั้งนี้ควรที่จะติดตามค่าความเข้มข้นของน้ำแบริ่งตั้งแต่ออกจากเครื่องสกัด Turbo ผ่าน stage 2 หรือ ก่อนเข้าเครื่อง DSM เพื่อให้แน่ใจว่าพนักงานคุมการป้อนหัวมันสามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงได้ทันทั่วทั้งที่ ปัญหาเรื่องแบริ่งหนืดและการวนน้ำแบริ่งมาเหวี่ยงแยกซ้ำจะน้อยลง

3.4) การกำหนดระยะเวลาในการทำความสะอาดเครื่องจักร

เมื่อเครื่องแยกถูกใช้งานเพื่อเหวี่ยงแยกแบริ่งนานขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเหวี่ยงแยกแบบ Centrifuge หรือไฮโดรไซโคลน ที่บริเวณจานหรือรูทางออก nozzle ของน้ำแบริ่งชั้นจะมีการสะสมของเมือกโปรตีน ทำให้ประสิทธิภาพในการแยกแบริ่งลดลง ดังนั้นโรงงานควรทำการสังเกตหรือทดสอบระยะเวลาของการเดินเครื่องจักรที่เหมาะสมและกำหนดเป็นมาตรฐานของแต่ละโรงงานเอง เพื่อให้พนักงานทำการหยุดเครื่องจักรและทำความสะอาด

5.1.2 การใช้พลังงานไฟฟ้า

1) ภาพรวมของการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง

ไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการผลิตแบริ่ง จะใช้ในการขนถ่ายวัสดุ เช่น น้ำแบริ่ง แบริ่ง และกากมัน รวมทั้งใช้ในเครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้ในการลดขนาด การสกัด และการแยกอนุภาค โดยส่วนใหญ่โรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังจะมีกำลังเครื่องจักรที่ติดตั้งประมาณ 260-500 kW ต่อกำลังการผลิต (ตันแบริ่งต่อ ชม.) โดยสามารถแยกกำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ติดตั้งดังตารางที่ 5.1 และพลังงานที่ใช้ในการผลิตแบริ่งมันสำปะหลังของโรงงานส่วนใหญ่จะประมาณ 80-90% ของกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง

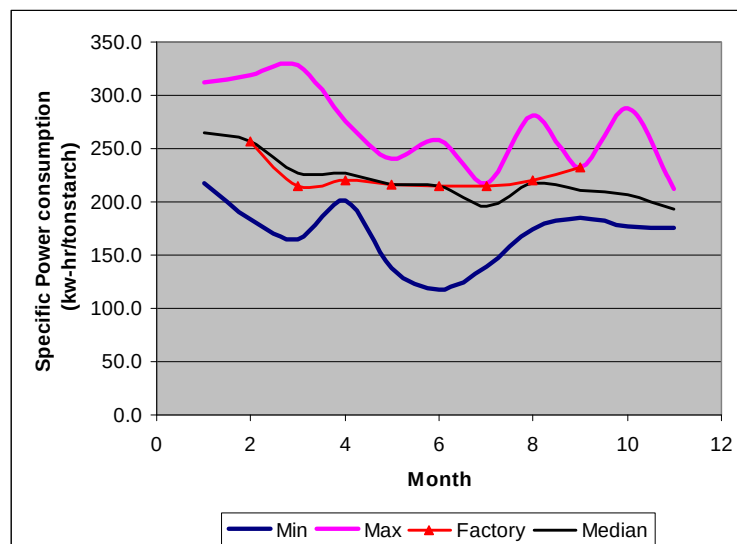
ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยของกำลังเครื่องจักรในส่วนต่างๆ ของกระบวนการผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง

หน่วยผลิต	กำลัง เครื่องจักร kW / (ton/hr)	%
หน่วยการรับและทำความสะอาดหัวมันสำปะหลัง	9.3	2.5
หน่วยการโม่และการสกัดแบริ่งมันสำปะหลัง	157	43.2
หน่วยเครื่องแยกและการสลัดแบริ่ง	118	32.5
หน่วยการอบแห้งและบรรจุ	48	13.3
หน่วยสกัดกากและอื่นๆ	31	8.5
รวม	363	100

เครื่องจักรในหน่วยผลิตของโรงงานต่างๆ จะมีขนาดใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่จำนวนของเครื่องจักรในแต่ละหน่วยผลิต บางครั้งโรงงานก็มีไว้สำรองมากเกินไป นอกจากนี้การใช้พลังงานไฟฟ้ายังขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ว่าเป็นแบริ่งแห้ง แบริ่งน้ำ หรือแบริ่งหยาบ ถ้าโรงงานไม่ได้ผลิตแบริ่งแห้งก็ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปริมาณแบริ่งผลิตภัณฑ์ลดลง เนื่องจากไม่ได้เดินปั๊มในชุดเครื่องอบแห้งและชุดบรรจุ

2) การเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

การเก็บข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้ารวมในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของพนักงาน โดยเบื้องต้นโรงงานสามารถนำหน่วยการใช้ไฟฟ้าประจำเดือนมาพิจารณาเทียบกับปริมาณผลผลิต (ในหน่วยตันแป้งผลิตภัณฑ์แห้ง) ซึ่งก็คือค่าดัชนีชี้วัดที่ 4 (KPI 4) สัมประสิทธิ์การใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในกระบวนการผลิต ในหน่วยของ kWh ต่อตันแป้งผลิตภัณฑ์แห้ง ทำให้โรงงานนำมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาของปีหรือข้อมูลย้อนหลัง นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดนี้กับกลุ่มโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 5.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้ไฟฟ้ารวมในการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงาน และสถิติค่าสัมประสิทธิ์การใช้ไฟฟ้ารวมในการผลิตแป้งมันสำปะหลังของโรงงานในกลุ่มตัวอย่าง ในช่วงเวลาต่างๆ

ตัวอย่างเช่น ถ้าโรงงานมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ไฟฟ้ารวมของทั้งปีการผลิต อยู่ที่ 210 - 250 kWh/ตันแป้งผลิตภัณฑ์ (แห้ง) และถ้ามีค่าไม่สม่ำเสมอเช่นในเดือนที่ 2 ของฤดูการผลิตมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ไฟฟ้ารวมสูง ซึ่งโรงงานสามารถตรวจสอบในรายละเอียดได้ว่า ในเดือนนั้นมีการเดินเครื่องจักรผลิตแป้งมันสำปะหลังอย่างไร จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าพฤติกรรมเดินเครื่องจักรนั้นสอดคล้องกับปริมาณการผลิตหรือไม่ และถ้าโรงงานได้จดบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่องก็สามารถนำมาคำนวณพลังงานที่ใช้ในแต่ละหน่วยการผลิต เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุและหาวิธีการปรับปรุงเพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

3) การลดการใช้ไฟฟ้าในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้นส่วนใหญ่อำนาจของเครื่องจักรที่ติดตั้งของโรงงานแต่ละโรงงานใกล้เคียงกัน แต่สาเหตุส่วนใหญ่ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานไฟฟ้ารวมไม่เท่ากัน หรือสูงกว่าค่าเกณฑ์เฉลี่ยโดยทั่วไปนั้น มาจากการที่โรงงานเดินเครื่องจักรไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ อาทิเช่น

- การที่โรงงานเดินเครื่องจักรไม่ได้เต็มตามสมรรถนะของเครื่องจักรนั้นๆ
- กระบวนการผลิตต้องมีการหยุดบ่อย ๆ ในแต่ละช่วงเวลการผลิต ซึ่งทำให้มีเครื่องจักรบางชุดในหน่วยถัดไปต้องเดินตัวเปล่า โดยมีสาเหตุได้แก่ กรณีเครื่องจักรเสีย เช่นใบกวาดบ่อล้างหัวมันเสียหาย และไม่มีเครื่องจักรทดแทน, ทำให้เครื่องไม่ เครื่องสกด และอื่นๆ ต้องเดินตัวเปล่า ถ้ายังไม่มีการหยุดการผลิต หรือกรณีที่ กากล้นรางหรืออ่างกาก, น้ำแป้งล้นถัง, ทำให้ชุดสลดแห้ง และชุดอบเดินอยู่โดยไม่มีการป้อนน้ำแป้งหรือแป้งหมด และกรณีที่ชุดเครื่องอบเสียทำให้หยุดการไม่ แต่ไม่มีการหยุดเครื่องจักร อื่นๆ เป็นต้น กรณีต่างๆ เหล่านี้ ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยที่ไม่มีผลผลิตออกมา
- การเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐาน เช่น แป้งหยาบ และแป้งมีความชื้นสูง เป็นต้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการนำไปผลิตซ้ำ (Reprocess) มาก ซึ่งส่วนใหญ่การแก้ปัญหานี้สามารถทำได้โดยการบริหารจัดการผลิต

4) การเดินเครื่องจักรให้เต็มตามสมรรถนะของเครื่องจักร

โดยส่วนใหญ่ที่พบเห็นการเดินเครื่องจักรได้ไม่เต็มตามสมรรถนะของเครื่องนั้น ได้แก่ หน่วยการสกัดแป้ง ที่ชุดเครื่องกรองกากอ่อนทั้งที่ใช้เครื่องกรองแบบสั่น และ Bent sieved screen หรือ DSM

ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตแบบดั้งเดิมนั้นมักใช้เครื่องสกดที่มีตะแกรงกรองเป็นผ้าขนาดประมาณ 100-150 Mesh ทำหน้าที่กรองกากอ่อน ซึ่งก็เข้าใจว่าเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานมากกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องกรองแบบอื่นๆ ดังนั้นเครื่องกรองที่ต่อมามีการนำมาใช้กันในโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง คือเครื่องกรองที่ใช้หลักการ Screening โดยจะเป็นแบบสั่น (Vibration screen) หรือจะใช้หลักความเร็วของการฉีดน้ำ ของเครื่องแบบ Bent sieved screen หรือ DSM แต่อย่างไรก็ตามในเครื่องกรองแบบสั่นหรือเครื่อง DSM นั้น แม้ว่าจะใช้พลังงานน้อยกว่า แต่ต้องใช้เครื่องจักรที่มีพื้นที่การกรองมากกว่า เครื่องสกดที่มีตะแกรงกรองเป็นผ้า (Turbo ผ้า)

ดังนั้นถ้าโรงงานมีจำนวนเครื่องกรองแบบสันไม่เหมาะสมกับอัตราการไหลของน้ำแป้ง ก็จะทำให้ น้ำแป้งหนึ่อกทางด้านบนผ้ากรองไปกับกากอ่อน เป็นเหตุให้แป้งสูญเสียที่กากได้ หรือในกรณีที่กากอ่อนนี้จะเข้าสู่หน่วยอัดกาก ก็เปรียบเสมือนการที่เราใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยอัดกากโดยสิ้นเปลืองอยู่ดี รวมทั้งในกรณีที่ใช้เครื่อง DSM ที่ความเร็วของน้ำแป้งออกจากหัวฉีดช้าเกินไป (โดยดูจากความดันที่ท่อ) ก็จะทำให้ประสิทธิภาพการกรองไม่ดี (ดังนั้นต้องมีการปรับแรงดันที่หัวฉีดให้เหมาะสม โดยส่วนใหญ่จากข้อกำหนดของเครื่อง ความดันที่หัวฉีดจะอยู่ที่ 4 bar)

5) การลดเวลาหยุดเดินเครื่องจักร

5.1) ปัญหากากล้นราง/อ่างกาก

จุดนี้เป็นปัญหาให้ต้องมีการหยุดการผลิตเป็นช่วงๆ และยังเป็นปัญหาถึงเรื่องประสิทธิภาพการสกัดกากและการใช้น้ำด้วย คือ การส่งกากจากรางกากไปยังหน่วยสกัดกาก เนื่องจากกากที่ออกจากส่วนต่างๆ จะมีความชื้นต่ำหรือมีของแข็งสูง ทำให้มีความหนืดสูง การไหลเป็นไปโดยลำบาก ส่วนใหญ่ที่รางกากจะต้องมีการเติมน้ำเข้าไปเพื่อให้กากสามารถถูกส่งไปได้ (ส่วนใหญ่โรงงานใช้ Pump แบบ Centrifugal ที่เป็นใบเปิด) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าในอ่างกากไม่มีการกวนผสมที่ดีทำให้บางครั้งของไหลที่ไหลเข้าสู่ Pump จะมีความเข้มข้นของของแข็งไม่สม่ำเสมอ บางครั้งมีแต่น้ำไปยังหน่วยสกัดกาก ทำให้กากของแข็งสะสมในอ่างหรือรางกาก เป็นเหตุให้ต้องหยุดหรือชะลอการผลิต เนื่องจากอ่างกากล้น



รูปที่ 5.5 กากเต็มอ่างกาก

การหยุดเดินเครื่องจักรเนื่องจากปัญหาการล้นราง/อ่างกาก สามารถแก้ไขหรือป้องกันได้โดย

- วางตำแหน่งของน้ำที่ไปเติมในราง/อ่างกากให้สามารถฉีดให้กากไหลลงมาได้อย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปจะติดตั้งบริเวณเหนือจุดทางดูด Pump ส่วนน้ำที่ใช้ สามารถใช้น้ำที่วนกลับจากเครื่องแยกได้
- กำหนดวิธีการดำเนินงานสำหรับการควบคุมระดับของกากในอ่างให้เหมาะสมในเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work instruction)

5.2) ปัญหาเครื่องจักรเสีย

ทำให้หน่วยต่อไปต้องหยุดการทำงาน สามารถป้องกันได้โดย

- กำหนดมาตรการรองรับปัญหาที่เกิดขึ้นลงในเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน ได้แก่
 - กรณีชุดอบเสีย ถ้าพิจารณาแล้วว่าต้องใช้เวลาแก้ไขเกิน 20 - 30 นาที ควรหยุดการผลิต เพื่อลดการเดินเครื่องจักรเปล่า
 - ติดสัญญาณเตือนระดับน้ำแบ่งในถังน้ำแบ่งเพื่อ ป้องกันน้ำแบ่งล้นถัง
 - จัดทำทะเบียนประวัติการซ่อมบำรุงเครื่องจักร เพื่อให้มีสถิติของสาเหตุการชำรุด สำหรับการวางแผน ป้องกันหรือบำรุงรักษาล่วงหน้า

5.3) ปัญหาการผลิตซ้ำ

แป้งที่จะต้องนำกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตใหม่ส่วนใหญ่มาจากแป้งตกพื้นในระหว่างบรรจุ แป้งหยาบ หรือแป้งที่ไม่ได้คุณภาพ ในการลดปัญหาเหล่านี้ควรที่จะ

- ลดการสูญเสียระหว่างการบรรจุ โดยบำรุงรักษาเครื่องบรรจุถุง และการดูแลเอาใจใส่ของพนักงาน ระหว่างบรรจุ
- อุณหภูมิอบไม่ให้สูงเกินไป เนื่องจากไม่มีการป้อนแป้ง (แป้งขาดราง) ทำให้อุณหภูมิของท่ออบแห้งสูงเกินไป (โดยสังเกตจากอุณหภูมิอากาศออกจากท่ออบ สูงเกิน 80 °C) และการตีแป้งก่อนเข้าเครื่องอบให้เหมาะสม เพื่อให้เม็ดแป้งกระจายตัวดีไม่เกาะเป็นก้อนใหญ่ๆ
- มีการวางแผนการผลิตที่ดี ในกรณีที่โรงงานมีผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ จะได้ไม่มีการเดินเครื่องจักรที่ไม่จำเป็น

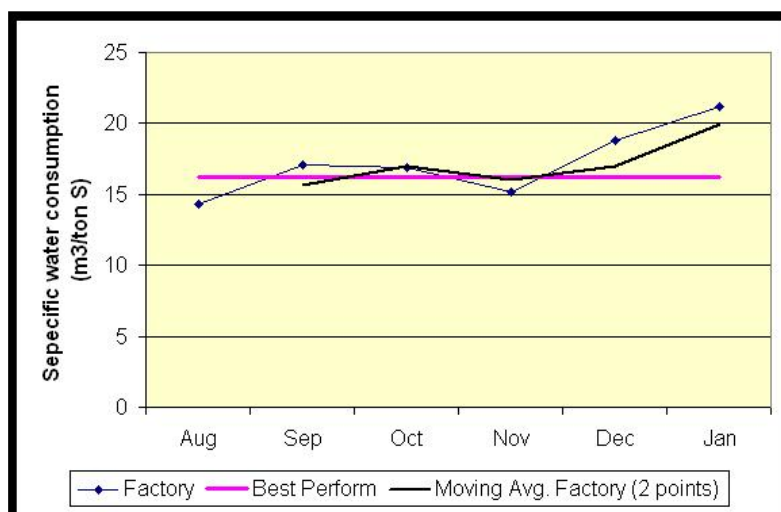
5.1.3) การใช้น้ำในกระบวนการผลิต

1) ภาพรวมการใช้น้ำในกระบวนการผลิต

น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ส่วนใหญ่เป็นน้ำผิวดิน โดยนำมาจากฝาย ลำคลองสาธารณะ หรือคลองชลประทาน ซึ่งมีค่าความกระด้างต่ำ มาจัดเก็บในบ่อพักน้ำของโรงงาน หลังจากนั้น น้ำดิบจะผ่านเข้าสู่ระบบผลิตน้ำดี ได้แก่ การตกตะกอน และการกรองทราย ตามลำดับ ในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง น้ำถูกใช้ในส่วนของการทำความสะอาดหัวมัน การสกัดแป้ง และการล้างทำความสะอาดแป้ง นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำในการผลิตน้ำกำมะถัน

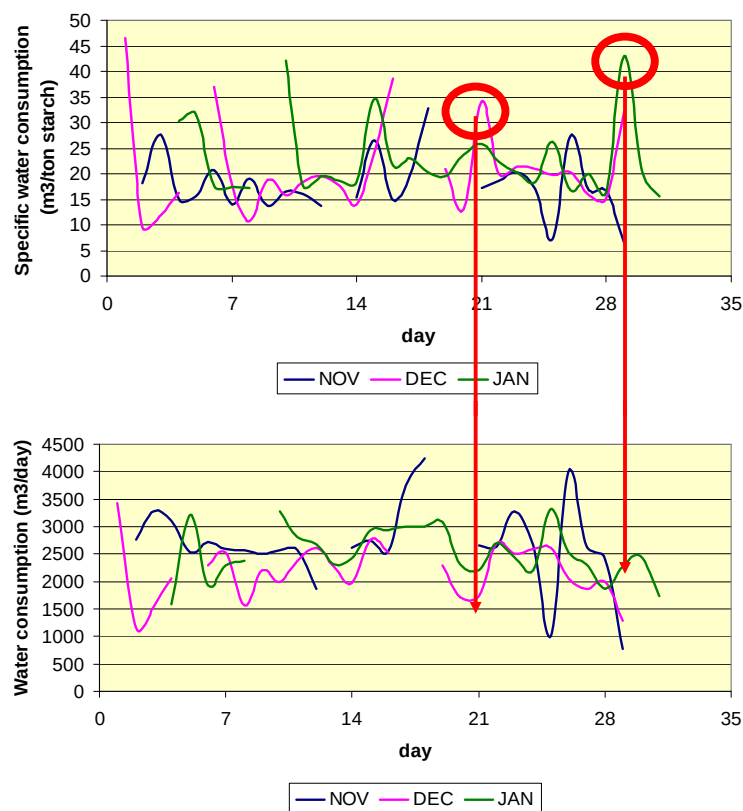
2) การเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

การเก็บข้อมูลสถิติการใช้น้ำรวมในกระบวนการผลิต สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพการใช้น้ำในกระบวนการผลิต และพฤติกรรมการใช้น้ำของพนักงาน โดยการที่โรงงานมีการติดตามวัดปริมาณน้ำดิบและมาตรวัดน้ำที่เข้าสู่กระบวนการผลิตจะทำให้โรงงานสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพการผลิตน้ำดีและการใช้น้ำในการผลิตโดยรวมของโรงงานได้ ซึ่งนำไปสู่ดัชนีชี้วัดที่ 5 (KPI 5) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมในกระบวนการผลิต ทำให้โรงงานนำมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาของปีหรือข้อมูลย่อยหลัง นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดนี้กับกลุ่มโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพฤติกรรมการใช้น้ำ ตัวอย่างเช่น ถ้าโรงงาน มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมของทั้งปีการผลิตอยู่ที่ 14 - 21 ลบ.ม./ตันแป้งผลิตภัณฑ์ (แห้ง) และมีค่าไม่ค่อยสม่ำเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมของโรงงานในช่วงเวลาต่างๆ

โรงงานจะต้องมาพิจารณาข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาการผลิตว่า การใช้น้ำนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณและคุณภาพของวัตถุดิบที่เข้าสู่กระบวนการผลิตหรือไม่ บางครั้งเราอาจพบว่า ส่วนใหญ่สัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมจะสูงขึ้น ถ้าโรงงานมีการผลิตไม่ต่อเนื่องหยุดบ่อยเนื่องมาจากความจำเป็นในการทำความสะดวกเครื่องจักรในการผลิต นอกจากนี้พบว่าในฤดูฝน หรือกรณีที่ห้วยมีดินแดงติดกับห้วยมันมาก จะทำให้มีการใช้น้ำมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามโรงงานอาจพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำนั้นอาจจะไม่สัมพันธ์กับปัจจัยใดๆ เลย ดังแสดงในรูปที่ 5.7 จะเห็นว่าในวันที่ 21 หรือ 29 จะมีปริมาณการใช้น้ำไม่สูงมากแต่ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูง แสดงให้เห็นว่ามีการใช้น้ำที่ไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมการผลิต



รูปที่ 5.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมในแต่ละวัน (รูปบน) และค่าปริมาณการใช้น้ำรายวัน (รูปล่าง)

ถ้าเป็นดังนี้ โรงงานควรจะต้องติดตามวิเคราะห์และเก็บข้อมูลการใช้น้ำให้ละเอียดขึ้น โดยการติดตั้งมาตรวัดปริมาณน้ำ ในแต่ละหน่วยผลิตแป้งมันสำปะหลัง อาทิเช่น ที่อ่างล้างหัวมัน หน่วยสกัด และหน่วยเครื่องแยก เป็นต้น นอกจากนี้ โรงงานสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมไปเปรียบเทียบกับค่าเกณฑ์เฉลี่ยของสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

ในกระบวนการผลิตแบริ่งมันสำปะหลังของกลุ่มโรงงาน เช่น ค่าเกณฑ์เฉลี่ยของกลุ่มอยู่ที่ 17 ลบ.ม./ตันแบริ่งผลิตภัณฑ์ (แห้ง) โรงงานควรที่จะทำการแลกเปลี่ยนถึงวิธีการทำงานของโรงงานอื่นๆ ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมต่ำกว่าเรา

3) การลดค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวม

3.1) การบำรุงรักษาระบบท่อส่งน้ำและอุปกรณ์

จุดหนึ่งของการที่ค่าปริมาณการใช้น้ำรวมในกระบวนการผลิตไม่สัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตนั้นอาจมาจาก การรั่วไหลของน้ำที่ท่อหรืออุปกรณ์ต่างๆ หรือจากพฤติกรรมของพนักงาน เช่น การละเลยต่อการรั่วไหลของน้ำ หรือไม่ปิดวาล์วน้ำหลังจากที่ใช้งานแล้ว แนวทางในการปรับปรุงสามารถทำได้โดยการสร้างจิตสำนึกให้กับพนักงานในการใส่ใจกับเรื่อง การประหยัดน้ำและการสังเกตจุดที่ชำรุดหรือมีการรั่วไหล แม้เพียงเล็กน้อย เพื่อแจ้งให้มีการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อลดการสูญเสียน้ำ เป็นมาตรการที่สามารถทำได้ทันทีและมีค่าใช้จ่ายน้อย ในกรณีที่ทำได้ สามารถที่จะลดค่าการใช้น้ำรวมลงได้

3.2) การวนน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่

พบว่าการใช้ น้ำล้างที่บ่อล้างหัวมันสำปะหลัง จะอยู่ประมาณ 3 - 8 ลบ.ม.ต่อตันแบริ่งผลิตภัณฑ์ หรือประมาณ 20 - 40% ของการใช้น้ำทั้งหมดในกระบวนการผลิต ดังนั้นการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ในส่วนต่างๆ ของบ่อล้าง แม้ว่าตัวเลขค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมอาจจะยังไม่ลดลง แต่จะเห็นว่าค่าตัวเลขของการใช้น้ำดีในการผลิตแบริ่งมันสำปะหลังจะลดลงได้ นอกจากนี้ น้ำที่ผ่านการบำบัดยังสามารถนำกลับมาใช้ช่วยฉีดล้างตะแกรงร่อนเปลือกได้อีกด้วย

ซึ่งในการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้นั้น ต้องพิจารณาคุณภาพของน้ำให้เหมาะสมกับการนำมาใช้งานในแต่ละประเภท โดยส่วนใหญ่ น้ำที่ผ่านการบำบัดในบ่อต่างๆ นั้น จะมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าความเป็นด่าง (Alkalinity) ค่อนข้างสูง ปริมาณสารอินทรีย์ในรูป บีโอดี (BOD) ที่เป็นคาร์บอนต่ำ แต่ปริมาณไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส ยังคงมีปริมาณสูง ดังนั้นในฤดูหนาวและฤดูร้อนที่มีแสงแดดนาน จะทำให้สิ่งมีชีวิตที่สังเคราะห์แสงได้ทั้งที่เป็นแบคทีเรีย และ Algae เกิดการเจริญเติบโตสูงมาก ทำให้น้ำในบ่อมีสีเขียวเข้มและมีของแข็งแขวนลอยสูง ทำให้เป็นปัญหาต่อผลิตภัณฑ์บ้าง เช่น แบริ่งมีเงาสูงขึ้น แม้ว่าจะนำไปใช้เพียงล้างหัวมันก็ตาม การสังเกตว่าน้ำจากระบบบำบัดขึ้นหลังจะเริ่มมีสาหร่ายมาก โดยดูจากค่า DO ของน้ำในบ่อต่างๆ จะสูงมาก อาจจะเกิน 8 mg/l ในตอนกลางวัน ถ้าน้ำวนกลับมีสาหร่ายมาก อาจจะต้องลดสัดส่วนการใช้น้ำวนกลับมาล้างหัวมัน

3.3) การควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัดและน้ำที่ใช้ฉีดล้างตะแกรงของเครื่องสกัด

น้ำที่ใช้ในส่วนของขั้นตอนการสกัดนั้น ใช้เพื่อฉีดล้างหน้าตะแกรงเพื่อชะพาเม็ดแป้งให้ผ่านรูตะแกรง และน้ำก้ำมะถัน ทำหน้าที่ฉีดผสมเพื่อป้องกันการเกิดเมือกโปรตีนที่หน้าตะแกรง นอกจากนี้ระหว่างการผลิตจะมีการใช้น้ำแรงดันสูงฉีดล้างตะแกรงอาจจะเป็นโดยพนักงานเป็นครั้งคราว ขึ้นอยู่กับการสังเกตของพนักงานว่า ลักษณะของกากที่ออกมาจากเครื่องสกัดมีแป้งหลุดออกมามากน้อยเพียงใด ซึ่งการที่จะใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพนั้นควรดำเนินการดังนี้

- ควบคุมปริมาณน้ำที่เข้าเครื่องสกัดเพื่อฉีดชะพาเม็ดแป้งและน้ำก้ำมะถัน (ไม่ใช้น้ำฉีดล้างตะแกรง) ให้เหมาะสม โดยทั่วไป ใน Stage ที่ 1 ควรมีความสัดส่วนของของเหลวต่อของแข็ง (L/S) อยู่ในช่วง 4 - 7, ใน Stage ที่ 2 และ 3 (Turbo ผ่า) ค่าสัดส่วนของของเหลวต่อของแข็ง (L/S) ในช่วง 4 - 8 และใน Turbo กาก ค่าสัดส่วนของของเหลวต่อของแข็ง (L/S) ในช่วง 10 - 15
- การฉีดน้ำเพื่อทำความสะอาดตะแกรงควรที่จะทำอย่างสม่ำเสมอและควบคุมปริมาณการฉีดให้คงที่ ซึ่งควรทำการทดลองและหาจุดที่เหมาะสมสำหรับแต่ละโรงงานเอง แล้วกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน

3.4) การควบคุมการใช้น้ำก้ำมะถันให้คงที่

การที่ไม่สามารถควบคุมความเข้มข้นของน้ำก้ำมะถันให้คงที่ได้ จะมีผลต่อผลิตภัณฑ์และการใช้น้ำในการล้างก้ำมะถันออกในส่วนของชุดเครื่องแยก (Separator) เช่น กรณีที่บางช่วงเวลามีการใช้น้ำก้ำมะถันที่มีความเข้มข้นสูงเกินไป ในหน่วยเครื่องแยกจะต้องมีการเติมน้ำมากเพื่อเจือจาง และทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของแป้ง (pH) สูงขึ้น ซึ่งก็จะเป็นการทำให้มีการใช้น้ำในส่วนของเครื่องแยกมากขึ้น มีปริมาณน้ำแป้งที่เข้าเครื่องแยกมากขึ้น อาจเกิดการสูญเสียแป้งได้ด้วย

โรงงานส่วนใหญ่ผลิตน้ำก้ำมะถันจากการเผาก้ำมะถันก่อน ดังเดิมโรงงานใช้การเผาเป็นแบบครั้งๆ (Batch) โดยการควบคุมน้ำก้ำมะถันจะควบคุมจาก ค่า pH ของน้ำก้ำมะถันไม่ให้สูงเกิน 2 แต่เป็นเรื่องธรรมดาที่บางครั้งในช่วงเริ่มต้นของการเผาจะได้ น้ำก้ำมะถันที่มีความเข้มข้นสูง และปลายช่วงของการเผาจะได้ น้ำก้ำมะถันที่มีความเข้มข้นต่ำ ทั้งนี้การควบคุมน้ำก้ำมะถันให้คงที่อาจจะทำได้โดย

- การปรับการป้อนก้ำมะถันก่อนให้เป็นการเผาแบบต่อเนื่อง
- การมีถังเก็บน้ำก้ำมะถันให้ใหญ่มากขึ้น

3.5) การดูแลเรื่องการใช้น้ำในการทำความสะดวกเครื่องจักร

ในการผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นเวลานานมากขึ้นจะเริ่มมีเมือกโปรตีนสะสมในเครื่องจักรและบริเวณต่างๆ ของถัง รวมทั้งจะเริ่มมีการสะสมของแป้งบ้าง มีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรลดลง และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (ในกรณีของการผลิตแป้ง Food Grade) ดังนั้นโรงงานส่วนใหญ่จะมีการทำความสะอาดเครื่องจักรเป็นช่วงๆ และในกรณีที่ต้องหยุดกระบวนการผลิต จะต้องทำการล้างทำความสะอาดทั้งเครื่องจักรและบริเวณโรงงานทั้งหมด จึงมีผลทำให้มีการใช้น้ำมากโดยที่ไม่มีผลผลิต ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมจึงสูง ดังรูป 5.7 ที่จะเห็นว่ามีการใช้น้ำไม่ได้แตกต่างไปจากวันอื่นๆ แต่ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำรวมสูง ดังนั้น

- การวางแผนการผลิตที่ดีจะทำให้สามารถมีการเดินเครื่องจักรอย่างต่อเนื่อง
- ควรจัดทำเกณฑ์มาตรฐานการทำความสะอาดเครื่องจักร เครื่องจักรแต่ละเครื่องต้องหยุดทำความสะอาดเมื่อใด เช่น ทุก 4 วันในกรณีที่ทำการผลิตต่อเนื่อง และกำหนดค่าพารามิเตอร์ ในการพิจารณาว่าอาจจะต้องทำการหยุดเพื่อล้างในกรณีพิเศษ เช่น สำหรับเครื่องแยก อาจจะใช้ดูปริมาณแป้งที่หนีออกจากสายน้ำเสีย ถ้าสูงเกินกว่าค่าที่ยอมรับให้พนักงานทำการหยุดเครื่องเพื่อล้าง
- การทำความสะอาดพื้นหรือถังควรเริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดแบบแห้งก่อน หลังจากนั้นจึงใช้น้ำความดันสูงในการฉีดล้าง
- หัวสายยางที่ฉีดล้างควรมีขนาดเล็กกว่าท่อสายยาง เช่นอาจมีการบีบให้แบน และควรมีวาล์ว ใกล้เคียงบริเวณหัวฉีด เพื่อสะดวกในการปิดในกรณีที่เลิกใช้งาน



รูปที่ 5.8 การใช้ท่อปลายบีบที่มีวาล์วเปิด-ปิดน้ำ

5.1.4) การผลิตก๊าซชีวภาพ

1) ภาพรวมของระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพ

น้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตแบริ่งมันสำปะหลังนั้นมีส่วนอยู่สองส่วนด้วยกัน คือ น้ำเสียจากส่วนของน้ำล้างหัวมัน ซึ่งทำหน้าที่ล้างดินและเปลือกออกจากหัวมันก่อนที่จะถูกส่งไปโม่ น้ำเสียจากการล้างหัวมันจะมีของแข็งแขวนลอย (Total suspended solid, TSS) สูง และถ้ามีการใช้น้ำจากหน่วยเครื่องแยกมาใช้ในการล้างหัวมัน ก็อาจจะมีแป้งหรือสารอินทรีย์เจือปนสูงขึ้น ในกรณีที่โรงงานมีการนำน้ำเสียในกระบวนการผลิตมาล้างหัวมัน และน้ำเสียนี้รวมเรียกว่า น้ำเสียรวม (Combined Wastewater) น้ำเสียส่วนที่สองนั้นเกิดจากกระบวนการทำความสะอาดแป้งในหน่วยเครื่องแยกน้ำเสีย ในส่วนนี้มีสารอินทรีย์เช่น แป้ง โปรตีน กำมะถัน และ ไซยาไนด์ เจือปนอยู่ สำหรับโรงงานที่มีระบบผลิตก๊าซชีวภาพส่วนใหญ่ จะนำน้ำเสียในส่วนนี้ไปบ่มเข้าสู่ระบบ หรือถ้าโรงงานที่มีการใช้เครื่อง Decanter เพื่อแยก Fruit Water ออกก่อนนั้น ก็จะใช้ น้ำเสียที่ออกจากเครื่อง Decanter ที่มีสารอินทรีย์สูงกว่าน้ำเสียจุดอื่นๆ ไปบ่มเข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

ในกรณีที่มีการแยกการบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียจากการล้างหัวมันจะผ่านตะแกรงร่อนเปลือกและบดตกตะกอนทราย (Grite Removal) เพื่อกำจัดเปลือก ดิน และทรายละเอียดออก น้ำเสียที่ผ่านบดตกตะกอนทราย จะเข้าสู่ระบบบ่อบำบัด เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ต่อไป น้ำที่ผ่านการบำบัดในบ่อบำบัดต่างๆ จะถูกนำไปใช้ทางการเกษตรหรือนำกลับมาใช้ในโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังอีกครั้ง

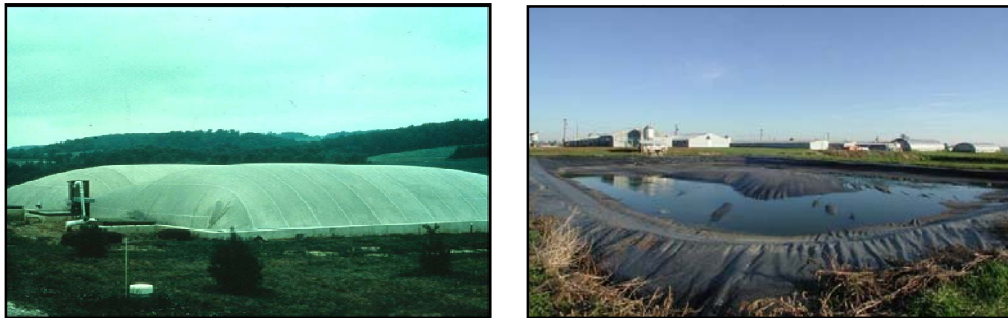
การผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตแบริ่งมันสำปะหลัง ใช้กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ของกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ ซึ่งสารอินทรีย์ในน้ำเสียจะถูกเปลี่ยนเป็นกรดอินทรีย์โดยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ผลิตกรด (Acid Former Bacteria) และกรดอินทรีย์ระเหยง่ายจะถูกกลุ่มจุลินทรีย์ผลิตมีเทน (Methane Former Bacteria) เปลี่ยนให้เป็นก๊าซชีวภาพซึ่งประกอบไปด้วย มีเทน และคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นองค์ประกอบหลัก

2) หลักการของการผลิตก๊าซชีวภาพ

จากการที่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพเป็นกระบวนการทางชีวเคมี ดังนั้นประสิทธิภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพ รวมทั้งการสมดุลกันของกลุ่มจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่มีประสิทธิภาพสูงจึงต้องสามารถรักษาสภาวะจุลินทรีย์ (โดยเฉพาะกลุ่มที่ผลิตมีเทน) ให้อยู่ในระบบได้เป็นระยะเวลานาน และควรมีการจัดการให้เกิดการกวนผสมอย่างเหมาะสม ระบบผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับโรงงานผลิตแบริ่งมันสำปะหลังที่มีการใช้งานกันอยู่ มีหลายรูปแบบด้วยกัน อาทิเช่น

2.1) ระบบบ่อคลุม (Covered lagoon)

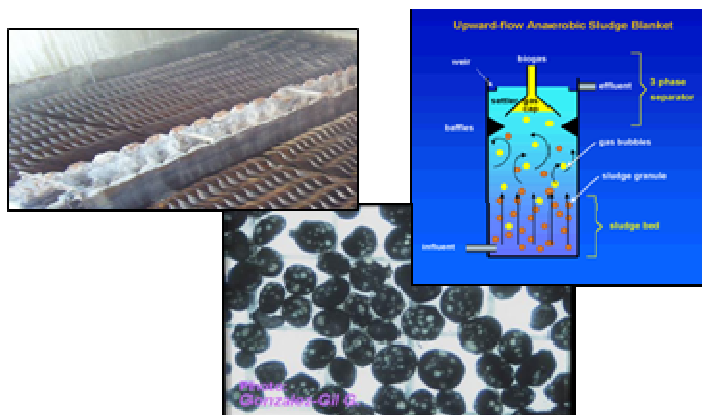
ซึ่งเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่มีปริมาตรน้ำเสียมาก จุลินทรีย์ในระบบอยู่ในลักษณะแขวนลอยในน้ำเสีย เมื่อมีขนาดใหญ่ ทำให้น้ำเสียและจุลินทรีย์อยู่ในระบบได้เป็นเวลานาน ดังนั้นจุลินทรีย์จึงมีจำนวนมากเพียงพอต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 บ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบคลุม (Covered Lagoon)

2.2) ระบบแบบยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

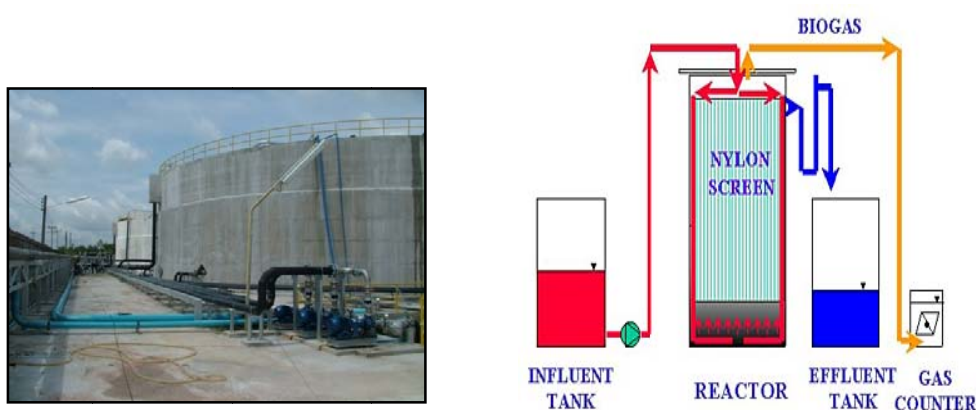
เป็นระบบที่ใช้หลักการรักษาจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้เป็นเวลานาน โดยการทำให้จุลินทรีย์รวมตัวกันเป็นเม็ดตะกอนจุลินทรีย์ (Granule) ดังนั้นตัวถังปฏิกรณ์จัดอยู่ในประเภท ถังปฏิกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Rate Anaerobic Reactor) ซึ่งหมายถึงถังปฏิกรณ์ที่มีความสามารถรับอัตราภาระสารอินทรีย์ต่อปริมาตรถังได้สูง ส่วนใหญ่ระบบแบบยูเอเอสบี จะมีบ่อกรด (Acidification Pond) ก่อน เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ทั้งที่อยู่ในรูปละลายน้ำและในรูปของแข็งแขวนลอยให้เป็นกรดอินทรีย์ก่อนที่จะเข้าถังปฏิกรณ์ผลิตมีเทนแบบยูเอเอสบี ดังแสดงในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 บ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบ ยูเอเอสบี (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

2.3) ระบบแบบมีตัวกลาง (Attached Growth)

ระบบผลิตก๊าซชีวภาพที่ใช้ตัวกลางที่มีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ หรือที่เรียกว่าระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Fixed Film) เป็นระบบที่ใช้หลักการรักษาคูจุลินทรีย์ให้อยู่ในระบบได้เป็นเวลานาน โดยการทำให้จุลินทรีย์เกิดเป็นฟิล์มชีวะ (Biofilm) บนตัวกลางที่ติดตั้งอย่างเป็นระเบียบภายในถังปฏิกรณ์ ดังนั้นตัวถังปฏิกรณ์นี้จึงจัดอยู่ในประเภทถังปฏิกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Rate Anaerobic Reactor) ซึ่งหมายถึงถังปฏิกรณ์ที่มีความสามารถรับอัตราภาระสารอินทรีย์ต่อปริมาตรถังได้สูง ระบบแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์แสดงดังรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 บ่อผลิตก๊าซชีวภาพแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ (Anaerobic Fixed Film)

3) การเก็บข้อมูลประสิทธิภาพของระบบการผลิตก๊าซชีวภาพ

การเก็บข้อมูลน้ำเสียที่เข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพนั้น นอกจากปริมาณน้ำที่เข้าระบบแล้วยังต้องนำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ ตามที่เจ้าของเทคโนโลยีแนะนำ (เพื่อติดตามเสถียรภาพของระบบ) หรือ อย่างน้อยต้องวิเคราะห์ค่าความสกปรกในรูป COD ทั้งน้ำขาเข้าและออกเพื่อทราบภาระสารอินทรีย์ที่ป้อนในแต่ละวัน รวมทั้งประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย นอกจากนี้ยังต้องเก็บข้อมูลปริมาณก๊าซที่นำไปใช้งาน และปริมาณก๊าซที่เผาทิ้ง เพื่อทราบปริมาณก๊าซที่ผลิตขึ้น (ในกรณีที่มาตรวัดปริมาณก๊าซที่ผลิตออกจากถังด้วยก็ยังสามารถนำมาเปรียบเทียบกับผลรวมของทั้งข้อมูลปริมาณก๊าซที่นำไปใช้งาน และปริมาณก๊าซที่เผาทิ้ง ก็จะสามารถวิเคราะห์ว่า มีก๊าซรั่วไหลออกที่จุดหรือไม่ ได้อีกด้วย) ซึ่งข้อมูลที่ได้นี้จะทำให้ผู้ควบคุมระบบสามารถที่จะวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพและเสถียรภาพของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เพื่อตัดสินใจในการเพิ่มหรือลดภาระสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ หรือปรับแก้ไขระบบ Pre-treatment ก่อนที่จะป้อนเข้าระบบผลิตมีเทน

4) การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ

โรงงานสามารถติดตามประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากดัชนีประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (KPI 3) ซึ่งอยู่ในหน่วยของ “ลบ.ม. ก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้น ต่อ ก.ก. ซีโอดีที่ถูกกำจัด” โดยการวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากระบบผลิตก๊าซ ทั้งนี้โรงงานต้องติดตั้งมาตรวัดอัตราการไหลและปริมาตรของก๊าซที่ออกจากถังผลิตก๊าซชีวภาพ และทำการติดตั้งมาตรวัดน้ำเสียที่ป้อนเข้าระบบผลิตก๊าซชีวภาพ เมื่อทำการตรวจวัดค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เข้าและออกจากระบบในรูปซีโอดี ทำให้คำนวณปริมาณซีโอดีที่ถูกกำจัดได้

สำหรับน้ำเสียของโรงงานผลิตแอมโมเนียที่ป้อนเข้าระบบจะมีความเข้มข้นในรูปซีโอดี อยู่ที่ 11,000 -29,000 มก./ล ซึ่งระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยทั่วไปจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์มากกว่า 80% ในรูปซีโอดี และประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas yields) จะอยู่ในช่วง 0.5 - 0.8 ลบ.ม. ก๊าซชีวภาพ (ที่ 30 °C, 1 atm) / ก.ก. ซีโอดีที่ถูกกำจัด ประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าไป โดยทั่วไปในกรณีที่ป้อนภาระสารอินทรีย์เข้าป้อนน้อยกว่าที่ออกแบบ จะทำให้ประสิทธิภาพทั้งการกำจัดสารอินทรีย์ และ Biogas Yields จะสูง เมื่อเพิ่มการป้อนภาระสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบมากขึ้น ระบบผลิตก๊าซจะมีประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และ Biogas Yields ลดลงตาม เนื่องจากในแต่ละครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงการป้อนภาระสารอินทรีย์ จุลินทรีย์ในระบบผลิตก๊าซชีวภาพก็จะมีปรับเปลี่ยนสมดุลในแต่ละกลุ่มชนิดจุลินทรีย์ และถ้ามีการป้อนภาระสารอินทรีย์มากกว่าค่าที่ถูกออกแบบไว้ จะทำให้จุลินทรีย์ภายในระบบไม่สมดุล ผลที่ตามมาคือระบบล้มเหลว (ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ลดลง) และก๊าซชีวภาพที่ได้จะมีปริมาณมีเทนต่ำ ซึ่งในบางครั้งช่วงแรกจะไม่สามารถสังเกตจากค่าประสิทธิภาพการผลิต

ผลิตก๊าซชีวภาพได้ เนื่องจากปริมาณก๊าซยังคงมีอยู่ แต่ในก๊าซชีวภาพจะมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงและมีเทนต่ำ เมื่อมา
 ทารด้วยปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกกำจัดจึงยังคงทำให้ดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (KPI 3) สูงอยู่ และจะ
 ลดลงเมื่อระบบล้มเหลว

ดังนั้นการติดตามการทำงานของระบบ นอกจากติดตามค่าดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ (KPI 3) แล้วควร
 ติดตามประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของระบบด้วย หรือถ้าเป็นไปได้ควรมีการตรวจวัดความเข้มข้นมีเทนในก๊าซ
 ชีวภาพด้วย

5) การควบคุมอัตราการป้อนให้สม่ำเสมอ

ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์และการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับการทำงานของจุลินทรีย์ ดังนั้นในการป้อน
 สารอินทรีย์เข้าสู่ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ จึงควรควบคุมให้มีการป้อนทั้งในส่วนของการไหลของน้ำเสียที่ป้อนเข้า
 และความเข้มข้นของ COD ในน้ำเสียให้สม่ำเสมอ ตามที่ระบบถูกออกแบบไว้ จะทำให้ระบบสามารถผลิตก๊าซชีวภาพ
 ได้เพียงพอต่อความต้องการ

6) การควบคุมและติดตามการทำงานของระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

- หมั่นตรวจสอบน้ำเสียที่ออกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ โดยพารามิเตอร์ที่ควรทำการตรวจวิเคราะห์
 สำหรับระบบ โดยทั่วไป คือ
 - ◇ การวัด pH ในถัง หรือ ขาออก
 - ◇ การวัด Total Alkalinity, Volatile Fatty Acid
 - ◇ การวัด COD ของน้ำเข้าและออก เพื่อดูประสิทธิภาพการกำจัด COD
- พารามิเตอร์ที่ควรทำการตรวจวิเคราะห์สำหรับระบบ UASB
 - ◇ การติดตาม VFA/CODT (COD ทั้งหมด) ก่อนเข้าถังผลิตมีเทน ควรมีค่า > 0.3
 - ◇ การติดตาม SS ก่อนเข้าถังผลิตมีเทน ไม่ควรเกิน 1,500 มก./ลิตร
 - ◇ การควบคุมปริมาณตะกอนภายในถังปฏิกรณ์ และออกจากถังปฏิกรณ์
 - ◇ การตรวจวัดค่ากิจกรรมเชื้อมีเทนของตะกอน (SMA, Specific Methanogenic Activity) ของ
 ตะกอนในถังผลิตมีเทน (เพื่อดูว่า ตะกอนภายในถังปฏิกรณ์เป็นเชื้อจุลินทรีย์ มากน้อยเท่าไร และ
 เป็น Inert มากน้อยขนาดใด)

- ◇ ในกรณีที่พบว่าในถังปฏิกรณ์หรือบ่อมีปริมาณตะกอนที่มีกิจกรรมเชื้อมีเทนต่ำ(ไม่ควรต่ำกว่า 0.1 g COD / gVSS day) และในบ่อมีปริมาณของแข็งแขวนลอย (ไม่เกิน 30-40% ของปริมาตรถัง) แสดงว่าในถังมีตะกอนที่เป็น inert มาก ควรที่จะดึงตะกอน Inert ออกจากระบบ

5.1.5) การใช้พลังงานความร้อน

1) ภาพรวมของการใช้พลังงานความร้อนในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

ในขั้นตอนอบแห้งแป้งมันสำปะหลัง โดยทั่วไปใช้เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Flash Dryer) ในการลดความชื้นของแป้งหมัก จากความชื้นประมาณ 35-38 % (มาตรฐานเปียก) ให้ได้เป็นแป้งผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นไม่เกิน 13% (มาตรฐานเปียก) ตามมาตรฐานของแป้งผลิตภัณฑ์ชั้นพิเศษ ดังแสดงในตารางที่ 5.2

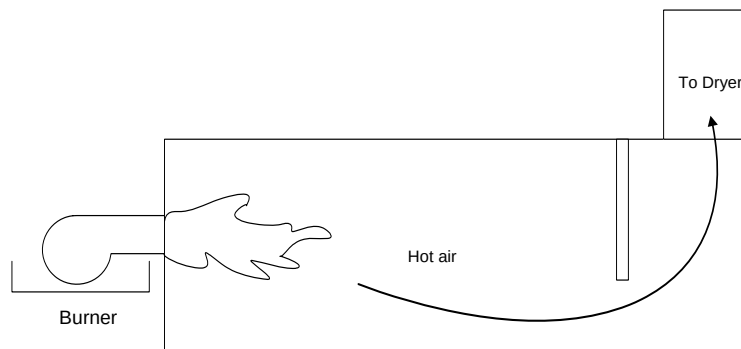
ตารางที่ 5.2 คุณสมบัติแป้งผลิตภัณฑ์ ตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ เรื่อง กำหนดให้แป้งมันสำปะหลังเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าแป้งมันสำปะหลัง (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2547 ลงวันที่ 18 กันยายน พ.ศ. 2547

พารามิเตอร์	ชั้นพิเศษ	ชั้น 1	ชั้น 2
ความชื้น (%)	< 13	< 14	< 14
แป้ง (%) on wet basis	> 85	> 83	> 80
เถ้า (%)	< 0.2	< 0.3	< 0.5
ความละเอียดแป้ง ผ่านตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร	> 95	> 95	> 95

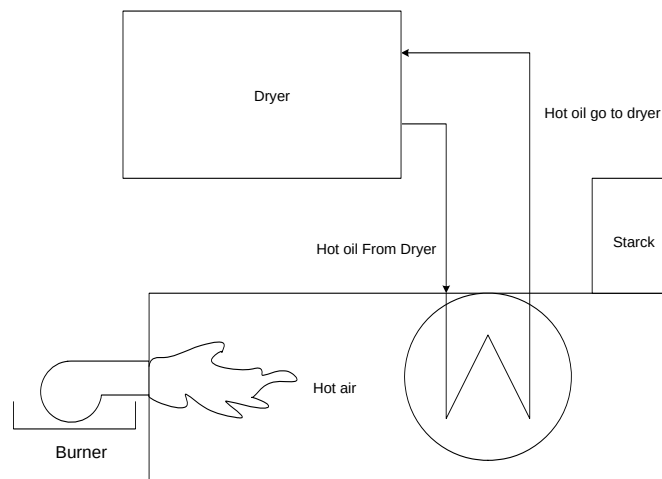
การอบแห้งจะใช้ลมร้อนในการระเหยน้ำและตัวพาอนุภาคแป้งไปยังหน่วยบรรจุ โดยมีวิธีการสร้างลมร้อน 2 วิธี คือ

- การใช้ลมร้อนแบบโดยตรง (รูปที่ 5.12) ได้แก่ การเผาเชื้อเพลิงสร้างลมร้อนและนำไปใช้อบแห้ง
- การแลกเปลี่ยนแบบโดยอ้อม (รูปที่ 5.13) ได้แก่ การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำกับลมร้อน หรือน้ำมันร้อนกับลมร้อน

เชื้อเพลิงที่ใช้ในการเผาไหม้หรือสร้างลมร้อนได้แก่ น้ำมันเตา ฟืน และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น



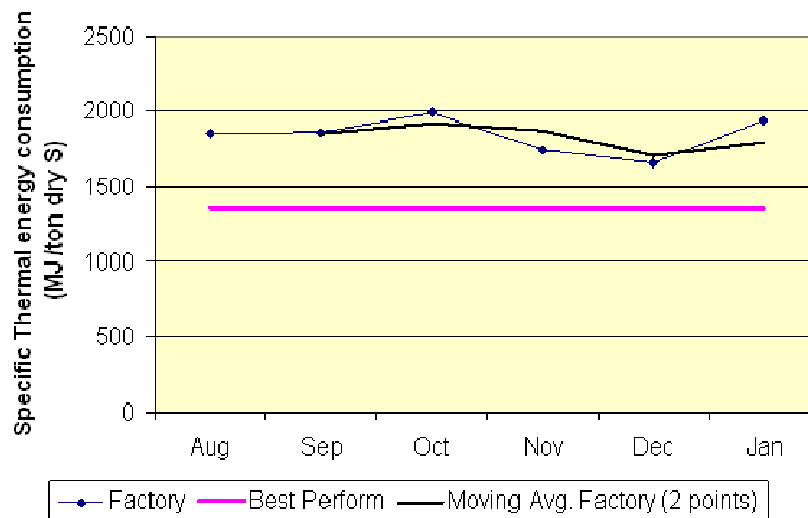
รูปที่ 5.12 การใช้ลมร้อนอบแห้งแบบโดยตรง



รูปที่ 5.13 การใช้ลมร้อนอบแห้งแบบโดยอ้อม (ผ่านตัวกลาง)

2) การเก็บข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานความร้อนในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

การเก็บข้อมูลสถิติการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่ออบแห้งแป้ง สามารถนำไปสู่การวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตความร้อนของเตาเผา ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อน และประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง โดยการที่โรงงานมีจุดบันทึกปริมาณเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าเตาเผา เมื่อนำค่าความร้อน (Heating value) ของเชื้อเพลิงนั้น และปริมาณแป้งแห้งผลิตภัณฑ์ที่ออกจากเครื่องอบ ซึ่งนำไปสู่ดัชนีชี้วัดที่ 6 (KPI 6) สัมประสิทธิ์การใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้งแป้ง ทำให้โรงงานนำมาเปรียบเทียบในแต่ละช่วงเวลาของปีหรือข้อมูลย้อนหลัง นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดนี้กับกลุ่มโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังอื่นๆ เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์เพื่อลดการใช้พลังงานความร้อนในการอบแห้งแป้งต่อไป



รูปที่ 5.14 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานความร้อนของโรงงาน ในช่วงเวลาต่างๆ

นอกจากนี้ถ้าโรงงานมีการเก็บข้อมูล อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ออกจากไอดี จะสามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการเผาไหม้ของเตาเผาได้ หรืออาจจะวิเคราะห์จากปริมาณความร้อนของสารตัวกลาง (น้ำมันร้อน หรือไอน้ำ) ที่ผลิตได้ เทียบกับความร้อนของเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้า ก็จะวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของเตาเผาได้เช่นกัน

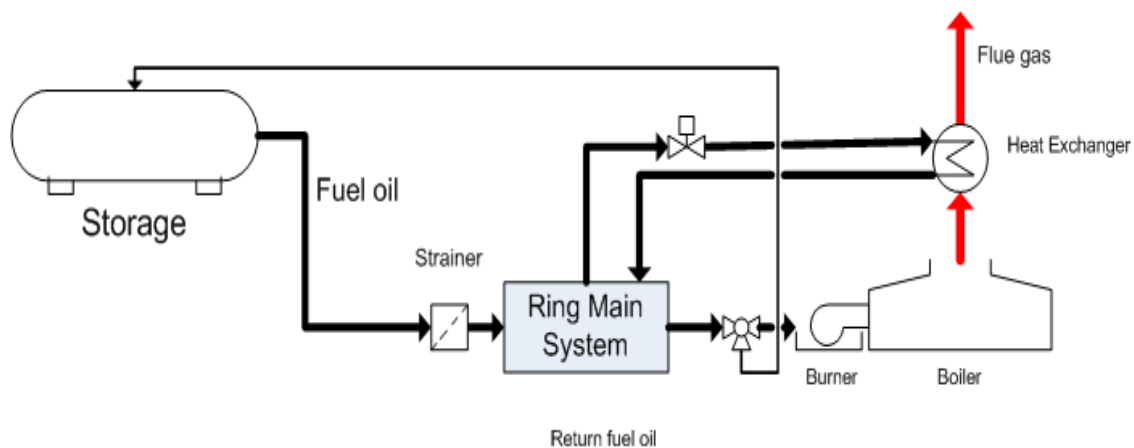
กรณีที่สามารถจดบันทึกอุณหภูมิของอากาศบริเวณหน้าแผงความร้อนและอุณหภูมิอากาศร้อนที่อบแห้งแบ่ง รวมถึงปริมาณอากาศที่เข้าเครื่องอบ (ความเร็วหน้าแผงแลกเปลี่ยนความร้อน คุณกับพื้นที่หน้าตัดช่องลมเข้า) เมื่อมาเปรียบเทียบกับปริมาณความร้อนของสารตัวกลาง (น้ำมันร้อน หรือไอน้ำ) ที่ถ่ายเทให้ ก็จะสามารถวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนและความร้อนที่สูญเสียได้

3) การลดสัมประสิทธิ์การใช้พลังงานความร้อน

3.1) การปรับปรุงประสิทธิภาพหมอดัม - การปรับหัวเผา (Fuel oil system set up)

การทำงานของ Burner และการเผาไหม้จะอยู่ในสภาวะที่ดีและสมบูรณ์ได้นั้นขึ้นอยู่กับการจัดระบบน้ำมันเชื้อเพลิงที่ดี ซึ่งจะครอบคลุมตั้งแต่การออกแบบไปจนถึงการเลือกขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ถูกต้องและเหมาะสม ระบบน้ำมันเชื้อเพลิงประกอบด้วยส่วนสำคัญใหญ่ 2 ส่วน คือ Ring Main System และ Fuel Oil Economizer โดยระบบ Ring Main System ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงจากถังเก็บ ไปยังระบบ Burner ด้วยอัตราการไหลที่สม่ำเสมอ ความดันคงที่ ลดความหนืดและกรองสิ่งสกปรกของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนนำไปเผาไหม้ ดังรูปที่ 5.15 จากการศึกษพบว่า หากสามารถนำความร้อนจากไอดีที่ออกจาก Boiler นำมาใช้อุ่นน้ำมันเตา โดยการออกแบบอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความ

ร้อนระหว่างน้ำมันเตากับไอเสียพร้อมทั้งติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันเตาให้อยู่ในจุดที่เหมาะสม ซึ่งโดยธรรมชาติน้ำมันเตาจะมีความหนืดสูงที่อุณหภูมิต่ำและความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น สำหรับน้ำมันเตาอุณหภูมิที่พอเหมาะสำหรับการหมุนเวียนในระบบ Ring Main ควรจะมีค่าประมาณ 50-60 °C โดยการใช้ Thermostat มาควบคุมการทำงานของมอเตอร์เปิด-ปิด Damper ในที่นี้เรียกอุปกรณ์นี้ว่า "Fuel Oil Economizer" ซึ่งหากระบบมีการทำงานที่ถูกต้องจะทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงคงที่และการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

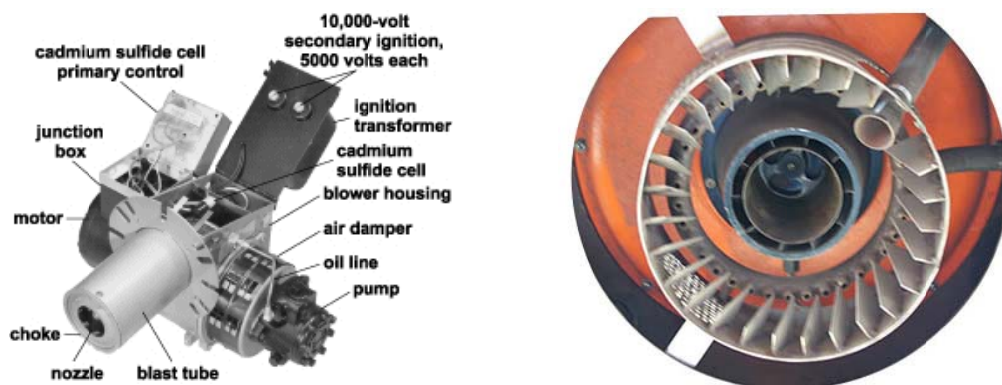


รูปที่ 5.15 ระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำหรือหม้อน้ำมันร้อนและ Fuel Oil Economizer

3.2) การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงและตรวจสอบหัวฉีด Air to Fuel Ratio & Nozzle Checking

การปรับอัตราอากาศเผาไหม้ต่อเชื้อเพลิงซึ่งโดยปกติมีอัตราส่วน 14.7:1 ไม่ว่าจะเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงหรืออากาศส่วนใดส่วนหนึ่งมีอัตราส่วนที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะถ้ามีน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่าอากาศ ก็จะทำให้เกิดควันดำที่มากขึ้นและยังทำให้ลักษณะของเปลวไฟที่เผาไหม้ผิดรูปทรงไปจากมาตรฐาน โดยปกติการเผาไหม้เชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะมีค่าอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะมีการเพิ่มอัตราการป้อนอากาศสำหรับการเผาไหม้เชื้อเพลิงอีก 10-50% ตามลักษณะของเชื้อเพลิงเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์

การสึกหรอของหัวฉีดหรือหัวฉีดอุดตัน จะทำให้การผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ดีพอ โดยเชื้อเพลิงไม่เพียงพอจะก่อให้เกิดเปลวไฟของการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์จึงเป็นผลทำให้เกิดควันดำและการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการตรวจสอบอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงและการตรวจสอบสภาพของหัวฉีดจำเป็นต้องมีตารางเวลาที่ระบุอย่างชัดเจนในการตรวจสอบบำรุง



รูปที่ 5.16 หัวฉีดน้ำมันเตา

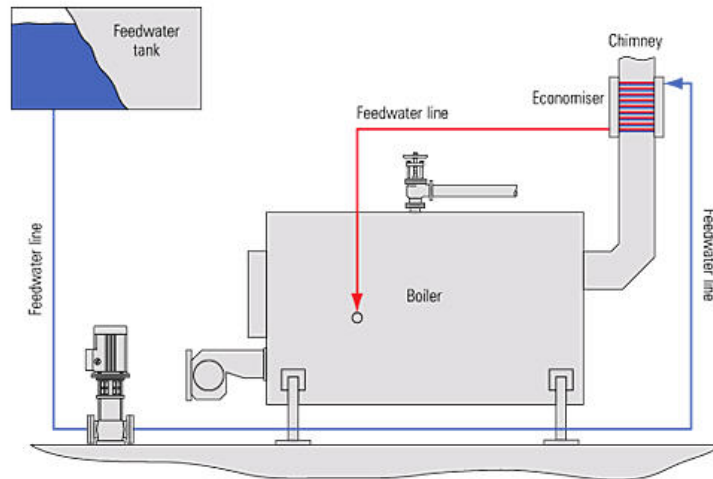
3.3) การตรวจสอบอุณหภูมิปล่องและผนังเตา Stack Temperature and Gas Side Fouling

อุณหภูมิอากาศร้อนทั้งจากหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำ จะต้องมีการตรวจวัดอยู่อย่างสม่ำเสมอ ด้วยเหตุผลที่ว่าหากอุณหภูมิอากาศร้อนทั้งมีค่าสูงขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพลดลงนั่นเอง โดยทั่วไปอุณหภูมิของอากาศร้อนทั้งจากหม้อไอน้ำควรมี 180-220 °C ด้วยเหตุผลที่ว่าหากอุณหภูมิของอากาศร้อนทั้งต่ำกว่า 180 °C จะส่งผลให้เกิดการกลั่นตัวของไอน้ำเมื่อไอน้ำดังกล่าวรวมตัวกับไอของ SO₂ จะเกิดเป็นละอองกรด ซึ่งจะทำให้ความเสียหายกับท่อไอเสียของหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำ ในทางกลับกันหากอุณหภูมิของไอร้อนทั้งสูงกว่า 220 °C จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำมีประสิทธิภาพลดลง

สาเหตุของการที่ทำให้อุณหภูมิของไอร้อนทั้งสูงกว่าปกติที่พบได้บ่อยคือ เกิดคราบเขม่าเกาะที่ท่อแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง ทำให้ไม่สามารถผลิตน้ำมันร้อน/ไอน้ำได้ตามต้องการของกระบวนการผลิต ซึ่งสาเหตุอาจเกิดมาจากการปรับอากาศและเชื้อเพลิง การสึกหรอของหัวฉีด ระบบจ่ายเชื้อเพลิงเข้าหม้อน้ำมันร้อน/หม้อไอน้ำมีปัญหา ซึ่งจากสาเหตุข้างต้น โรงงานจะต้องมีการตรวจสอบ บันทึกลง และดูแลซ่อมบำรุงอย่างเป็นประจำและต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้ระบบความร้อนของโรงงานมีประสิทธิภาพสูงสุด

ในกรณีของหม้อน้ำมันร้อนที่จะต้องต้มน้ำมันให้มีอุณหภูมิสูงประมาณ 230-250 °C ก่อนส่งไปใช้งานในกระบวนการอบแห้งแป้ง จะส่งผลให้อุณหภูมิของไอร้อนทั้งจากปล่องจะมีค่าค่อนข้างสูงโดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิประมาณ 280-320 °C ดังนั้นการนำความร้อนทั้งกลับมาใช้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจะเป็นการประหยัดพลังงานในการผลิตจากแนวคิดของการปล่อยไอร้อนทั้งอุณหภูมิควรมีค่าระหว่าง 180-220 °C ดังนั้นการติดตั้ง Economizer เพื่อเป็นการ

นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้สำหรับการอุ่นอากาศเผาไหม้ หรือการผลิตน้ำร้อนเพื่อการใช้งานในกระบวนการผลิต จึงเป็นแนวคิดที่สามารถดำเนินการได้ในโรงงาน



รูปที่ 5.17 Schematic Diagram ของระบบ Economizer

การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ

- หมั่นตรวจสอบและทำความสะอาดหัวฉีด
- หมั่นตรวจสอบอุณหภูมิไอเสีย อย่าให้สูงผิดปกติ
- หมั่นตรวจสอบพัดลมป้อนอากาศเข้าเตาเผา ไม่ให้มีการอุดตัน เนื่องจากทำให้ A/F เปลี่ยนไป

ตัวอย่างเช่น โรงงานที่มีการติดตั้ง Economizer เพื่อเก็บความร้อนจากปล่องไอเสีย โดยลดอุณหภูมิปล่องจากประมาณ 250 °C เป็นประมาณ 160-180 °C โดยการนำความร้อนนี้ไปอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำให้เป็นน้ำร้อนที่ประมาณ 100 °C ทำให้สามารถพลังงานลงได้ ประมาณ 200 MJ/ ตันแอมโมเนีย

4) การปรับปรุงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน

การปรับปรุงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยทั่วไปโรงงานที่ทำการติดตั้งระบบหม้อน้ำร้อนและอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนจะออกแบบให้อุปกรณ์มีความเหมาะสมสำหรับการอบแห้ง หากแต่เมื่อใช้งานเครื่องอบแห้งเป็นระยะเวลานาน อาจมีคราบฝุ่นละอองและคราบสกปรกเกาะติดกับแผงแลกเปลี่ยนความร้อนส่งผลให้ประสิทธิภาพการ

แลกเปลี่ยนความร้อนต่ำลง ไม่สามารถสร้างอุณหภูมิความร้อนได้ตามต้องการซึ่งจะทำให้แบ่งที่อบแห้งมีความชื้นไม่ได้ตามมาตรฐาน และอาจต้องนำแบ่งแห้งกลับมาอบแห้งอีกครั้ง ดังนั้นการจัดตารางเวลาในการทำความสะดวกแห้งกันฝุ่นละออง กับเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจึงมีความจำเป็นที่ต้องดูแลอย่างเป็นประจำ

หนึ่ง กรณีที่โรงงานต้องการเพิ่มพื้นที่แผงแลกเปลี่ยนความร้อนเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มศักยภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ดังนี้ ในกรณีที่เพิ่มพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องอบแห้งโดยที่อุณหภูมิอากาศอบแห้งยังคงที่ จะสามารถลดอุณหภูมิของน้ำมันร้อนเข้าแผงแลกเปลี่ยนความร้อน ตามสมการ

$$Q = UA T_{lm}$$

Q คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง, kW

U คือ สัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน, kW/m² C

T_{lm} คือ ผลต่างอุณหภูมิของน้ำมันร้อนและอากาศร้อน เข้า-ออกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบล็อกมีน, C

ความหมาย คือเมื่อมีการเพิ่มพื้นที่การแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้ผลต่างอุณหภูมิน้ำมันร้อนกับอากาศลดลง ส่งผลให้หม้อน้ำร้อนไม่ต้องทำอุณหภูมิน้ำมันร้อนสูงมาก ทำให้ในการต้มน้ำมันร้อนสามารถลดอุณหภูมิไอร้อนทั้งลงได้จึงทำให้ประสิทธิภาพหม้อน้ำมันร้อนดีขึ้น และประหยัดพลังงานมากขึ้น

การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ

- การตรวจสอบการใช้พลังงานความร้อน ต่อ ต้นแบ่งแห้ง เพื่อเป็นดัชนีในการใช้พลังงาน
- ตรวจสอบการอุณหภูมิของตัวกลางความร้อน (น้ำมันร้อน หรือ ไอน้ำ) ที่ใช้
- ตรวจสอบและทำความสะอาดด้านหน้าแผงแลกเปลี่ยนความร้อน

ตัวอย่างเช่น การหุ้มฉนวนที่บริเวณด้านบนของแผงแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งไม่อยู่ในระดับสายตา โดยแผงแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิผิวประมาณ 230 °C แม้ว่ามีพื้นที่ผิว ประมาณ 1 ตารางเมตร การหุ้มฉนวนสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณ 40 MJ /ต้นแบ่งแห้ง



รูปที่ 5.18 การหุ้มฉนวนที่บริเวณด้านบนของแผงแลกเปลี่ยนความร้อน

5) การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องอบแห้ง

ในขั้นตอนการอบแห้งโดยปกติจะใช้เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (Pneumatic Conveying Dryer) เป็นอุปกรณ์หลัก อุณหภูมิของอากาศอบแห้งโดยทั่วไปจะมีค่าระหว่าง 150-210 °C ในขณะที่อากาศร้อนทั้งหมดจะมีค่าระหว่าง 55-60 °C ในการควบคุมการป้อนแป้งหมาด ทางโรงงานควรจะนำค่าอุณหภูมิอากาศร้อนทั้งหมดมาใช้ในการตั้งค่าอัตราการป้อน ในกรณีที่อุณหภูมิของอากาศร้อนทั้งหมดสูงกว่าค่าที่ตั้งอัตราการป้อนจะมากขึ้น

การตรวจสอบประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้งแป้งมันสำปะหลัง กระทำได้โดยการประเมินพลังงานที่ใช้ ในระเหยนํ้าต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง โดยทั่วไปประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งควรจะมียุทธศาสตร์ประมาณ 60-64 % หรือคิดเป็นค่าพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งประมาณ 1500 -1600 MW/ตันแป้งแห้ง หากมีการใช้พลังงานมากกว่าค่าดังกล่าว น่าจะมีสาเหตุได้ดังต่อไปนี้ การป้อนแป้งหมาดขาดตรง หรือการตั้งค่าอุณหภูมิอากาศร้อนทั้งหมดไม่เหมาะสม เป็นต้น อีกกรณีหนึ่งหากโรงงานใช้อุณหภูมิในการอบแห้งสูง หากต้องการประหยัดพลังงานสามารถทำได้โดยการทดลองปรับลดอุณหภูมิอบแห้งลงแต่ต้องไม่กระทบกับความชื้นผลิตภัณฑ์และกำลังการผลิต

การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ

- ควบคุมความชื้นแป้งหมาดให้สม่ำเสมอ
- ควบคุมความชื้นแป้งแห้งให้ใกล้เคียงกับมาตรฐานแป้งผลิตภัณฑ์ที่สุด (12.5%)
- สอบเทียบเครื่องวัดอุณหภูมิ ทุกจุดอย่างสม่ำเสมอ
- กำหนดมาตรการป้องกันการป้อนแป้งเข้าเครื่องอบแห้งขาดตรง

ตัวอย่างเช่น

การป้องกันแป้งขาดราง

กำหนดให้โรงงานบันทึกข้อมูลการผลิตแป้งประจำชั่วโมงและตรวจสอบให้ใกล้เคียงกับกำลังการผลิตเฉลี่ยของเครื่องอบแห้งนั้น เช่น กำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องอบแห้งแบ่งเท่ากับ 250 ตันแป้ง/วัน หากเฉลี่ยกำลังผลิตพบว่าจะมีกำลังการผลิตเฉลี่ย 10.41 ตัน/ชม ดังนั้นหากมีการบันทึกปริมาณอบแห้งแป้งประจำชั่วโมงก็จะสามารถควบคุมให้ประสิทธิภาพการอบแห้งสูงสุด ดังตัวอย่างการบันทึกในตารางที่ 5.3 ขณะเดียวกันก็ให้พนักงานจดบันทึกอัตราการปล่อยแป้งและตรวจสอบรางป้อนแป้งเพื่อให้มีการป้อนแป้งไม่ขาดราง ดังตัวอย่างบันทึกในตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างแสดงการบันทึกปริมาณแป้งที่อบแห้งได้ประจำชั่วโมง

	บันทึกการปฏิบัติการของหน่วยบรรจุแป้ง									วันที่ .../...../..... กะ.....	
ขนาดถุงบรรจุ	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	รวม	หมายเหตุ
25 ก.ก.											
50 ก.ก.											
500 ก.ก.											
รวม											
รวมน้ำหนักที่บรรจุได้..... รวมเวลาที่ปฏิบัติงาน ชั่วโมง หักหน้ากะ											

ตารางที่ 5.4 ตัวอย่างตารางบันทึกการปฏิบัติงาน

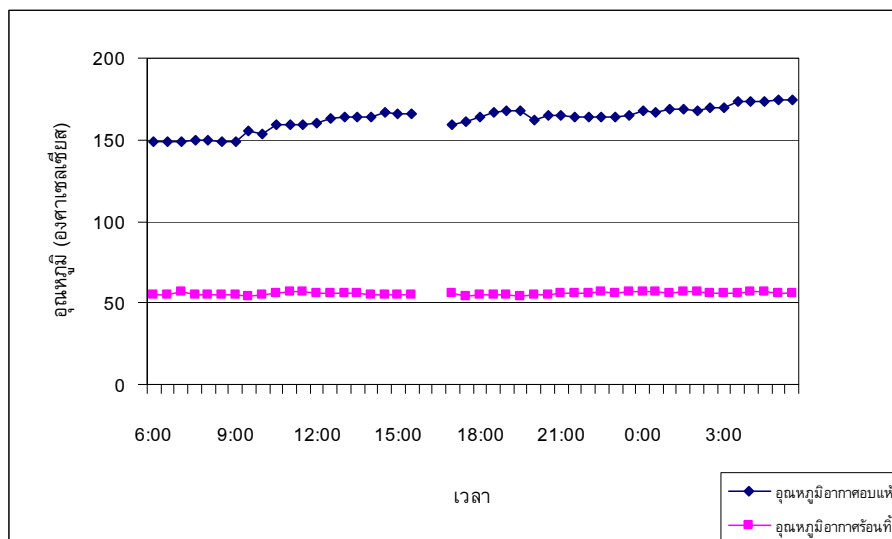
บันทึกการปฏิบัติงานชุดปล่อยแป้ง

วันที่16.....เดือน.....มีนาคม.....พ.ศ.....2551.....

เวลา	อุณหภูมิห้องอบ	ชุดควบคุมอุณหภูมิห้องอบ		ชุดควบคุมปล่อยแป้ง		ความเร็วรอบ สกรูปล่อยแป้ง	ความชื้น	งชื่อผู้ปฏิบัติงาน
		ค่าที่ Set	ค่าที่ได้	ค่าที่ Set	ค่าที่ได้			
06.00 น.	135	160	149	55.0	55.1	71.5	12.4	กะเช้า ลงชื่อ
06.30 น.	135	160	149	55.0	55.2	72.0	12.5	
07.00 น.	135	160	149	56.0	56.4	54.2	12.6	
07.30 น.	135	160	150	54.8	54.9	71.9	12.8	
08.00 น.	135	160	150	55.1	54.8	73.0	12.7	
08.30 น.	135	160	149	55.0	54.9	73.2	12.5	(ผู้ปฏิบัติงาน) ลงชื่อ
09.00 น.	135	160	149	55.0	54.9	76.9	12.7	
09.30 น.	140	160	155	54.8	54.5	74.6	13.0	
10.00 น.	140	160	154	55.2	55.2	74.4	12.7	
10.30 น.	140	160	159	55.5	55.5	79.1	12.7	
11.00 น.	140	160	159	56.7	56.8	60.1	12.6	(หัวหน้ากะ) กะบ่าย ลงชื่อ
11.30 น.	140	160	159	56.7	56.7	59.4	12.4	
12.00 น.	140	160	160	69.6	55.7	55.1	12.8	
12.30 น.	140	165	163	80.7	55.3	55.4	12.4	
13.00 น.	140	165	164	80.4	55.7	55.7	12.6	
13.30 น.	150	165	164	55.7	55.9	82.0	12.4	กะบ่าย ลงชื่อ
14.00 น.	150	165	164	55.0	55.1	86.1	12.4	
14.30 น.	151	170	167	55.5	55.3	85.0	12.6	
15.00 น.	150	170	166	55.0	54.8	79.1	12.1	
15.30 น.	150	170	166	55.0	54.7	79.2	12.4	
16.00 น.	ไฟฟ้าดับ	ไฟฟ้าดับ						(ผู้ปฏิบัติงาน) ลงชื่อ
16.30 น.								
17.00 น.	145	160	159	55.5	56.2	55.4		
17.30 น.	148	170	161	55.2	54.5	58.3	12.5	
18.00 น.	150	170	164	55.2	54.6	76.8	12.5	
18.30 น.	150	170	167	55.2	55.3	79.9	12	(หัวหน้ากะ) กะดึก ลงชื่อ
19.00 น.	152	170	168	55.2	54.7	62.8	12.2	
19.30 น.	153	170	168	55.2	54.2	62.9	13.1	
20.00 น.	150	170	162	55.2	54.9	50.5	12.8	
20.30 น.	150	170	165	55.5	55.0	64.9	13.3	
21.00 น.	150	170	165	55.5	55.5	64.6	12.9	กะดึก ลงชื่อ
21.30 น.	149	170	164	55.5	55.7	61.9	13.2	
22.00 น.	150	170	164	55.5	55.6	51.6	13.5	
22.30 น.	150	170	164	57.0	56.4	53.5	13.1	
23.00 น.	150	170	164	55.6	55.8	81.8	12.4	
23.30 น.	150	170	165	56.6	56.6	59.7	13.7	(ผู้ปฏิบัติงาน) ลงชื่อ
24.00 น.	150	170	168	56.6	56.6	77.4	12.6	
24.30 น.	150	170	167	56.6	56.5	70.6	12.3	
01.00 น.	153	170	169	56.6	56.8	77.9	12.8	
01.30 น.	153	170	169	56.6	55.9	81.2	12.5	
02.00 น.	152	170	168	56.6	56.7	74.1	12.6	(หัวหน้ากะ) กะเช้า
02.30 น.	155	170	170	56.6	56.4	75.4	12.5	
03.00 น.	155	175	170	56.6	56.2	76.4	12.7	
03.30 น.	155	175	172	56.6	56.2	76.5	12.9	
04.00 น.	155	175	173	56.3	56.0	76.1	12.6	
04.30 น.	155	175	173	56.3	56.5	77.2	13.2	(หัวหน้ากะ)
05.00 น.	155	180	174	56.6	56.5	72.7	12.8	
05.30 น.	155	180	174	56.6	56.3	74.7	12.6	

6) การควบคุมอุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิอากาศร้อนทิ้ง (Control Temp Air Outlet)

โรงงานควรทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอบแห้งและอุณหภูมิอากาศร้อนทิ้งทุกครั้งชั่วโมงดังตัวอย่างตารางที่ 5.4 พร้อมทั้งบันทึกน้ำหนักแป้งที่อบแห้ง และนำผลที่ได้มาประเมินประสิทธิภาพการอบแห้ง โดยใช้โปรแกรมการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้ง โดยการนำค่าแบ่งที่ผลิตได้ประจำวัน อุณหภูมิอากาศอบแห้งเฉลี่ย อุณหภูมิอากาศร้อนทิ้งเฉลี่ย ความชื้นแป้งหมาด ความชื้นแป้งแห้ง อัตราการไหลของอากาศอบแห้ง มาคิดคำนวณ ซึ่งผลของอุณหภูมิอากาศอบแห้งและอากาศร้อนทิ้งแสดงดังรูปที่ 5.16 และผลการคำนวณของข้อมูลในวันที่ 16/3/51 แสดงได้ดังตารางที่ 5.5



รูปที่ 5.19 อุณหภูมิอากาศอบแห้งและอุณหภูมิอากาศร้อนทิ้งของเครื่องอบแห้ง

ตารางที่ 5.5 การคำนวณประสิทธิภาพการอบแห้ง

ชั่วโมงการทำงาน		23	ชั่วโมง
ความชื้นแฉะเข้าเครื่องอบแห้ง		35	ฐานเปียก
ความชื้นแฉะออกเครื่องอบแห้ง		12	ฐานเปียก
น้ำหนักแห้งที่ผลิตได้		227	ตัน
อัตราการผลิตแห้งเฉลี่ย		9.9	ตัน/ชั่วโมง
อุณหภูมิบรรยากาศ		35	เซลเซียส

แป้งชื้นเข้าเครื่องอบแห้ง	307.3	ตัน
น้ำหนักน้ำระเหยจากเครื่องอบแห้ง	80.3	ตัน

ค่าความร้อนของการกลายเป็นไอของน้ำ 2400 กิโลจูล/กิโลกรัม

ความร้อนในการระเหยน้ำ 2328.2 กิโลวัตต์

อัตราการไหลของพัดลมเครื่องอบแห้ง	120,000.0	ลบ.ม./ชั่วโมง
ความหนาแน่นของอากาศออกจากเครื่อง	1.05	กก./ลบ.ม.
ความร้อนเข้าเครื่องอบแห้ง	4385.87	กิโลวัตต์

ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องอบแห้ง 53.08%

ความร้อนสูญเสียของอากาศออกจากเครื่องอบแห้ง	878.93	กิโลวัตต์
ความร้อนสูญเสียที่ผนังเครื่องอบแห้ง	1178.73	กิโลวัตต์

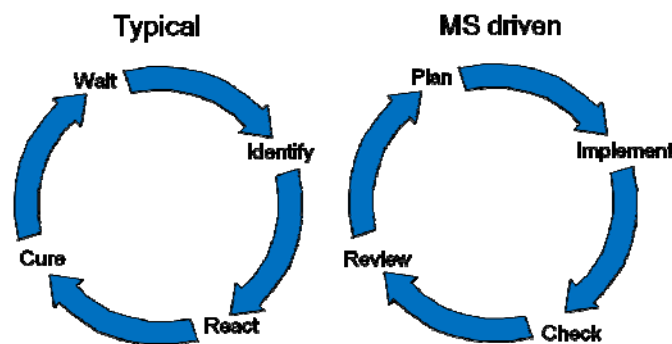
ค่าพลังงานความร้อนต่อตันแป้ง	1599.8	เมกะจูล/ตันแป้ง
ค่าพลังงานความร้อนที่ใช้ในการอบแห้งทั้งสิ้น	1999.7	เมกะจูล/ตันแป้ง

5.2 การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศสำหรับการบริหารจัดการการผลิต

5.2.1 เทคนิคการบริหารจัดการ

5.2.1.1 รูปแบบของการบริหารจัดการแบบดั้งเดิมกับการบริหารจัดการที่มีระบบรองรับ แสดงไว้ในรูปที่ 5-1 มีรายละเอียดดังนี้

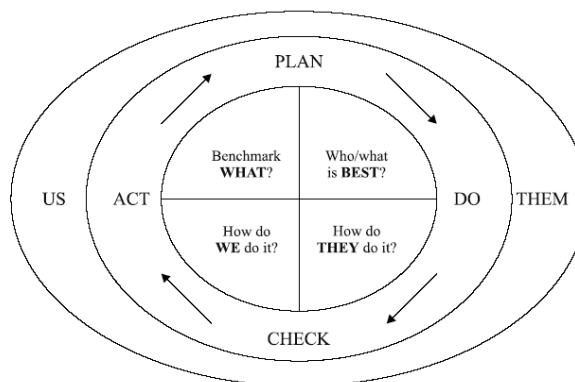
- การบริหารจัดการแบบดั้งเดิม (Typical Management) มีลักษณะของการรอให้มีปัญหาเกิดขึ้นก่อน ซึ่งมีการสูญเสียเกิดขึ้นแล้ว จากนั้นจึงค่อยหาทางแก้ไขปัญห บ่อยครั้งที่มักจะเป็นปัญหาเดิมๆ ที่เคยเกิดขึ้น การบริหารจัดการลักษณะนี้ไม่มีการปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากจะเป็นการแก้ไขปัญหไปวันๆ เท่านั้น
- การบริหารจัดการแบบมีระบบรองรับ (Management System Driven) มีลักษณะของ Plan-Do-Check-Act (PDCA) ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2.1.2 โดยไม่รอให้มีปัญหาเกิดขึ้นก่อนจึงค่อยดำเนินการ เป็นการเน้นการป้องกันปัญหา ดังนั้นจึงแทบไม่มีการสูญเสียเกิดขึ้น และถึงแม้จะมีปัญหาเกิดขึ้น ก็สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุ และแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการลักษณะนี้ก่อให้เกิดการปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 5-1 รูปแบบของการบริหารจัดการแบบดั้งเดิมกับการบริหารจัดการที่มีระบบรองรับ

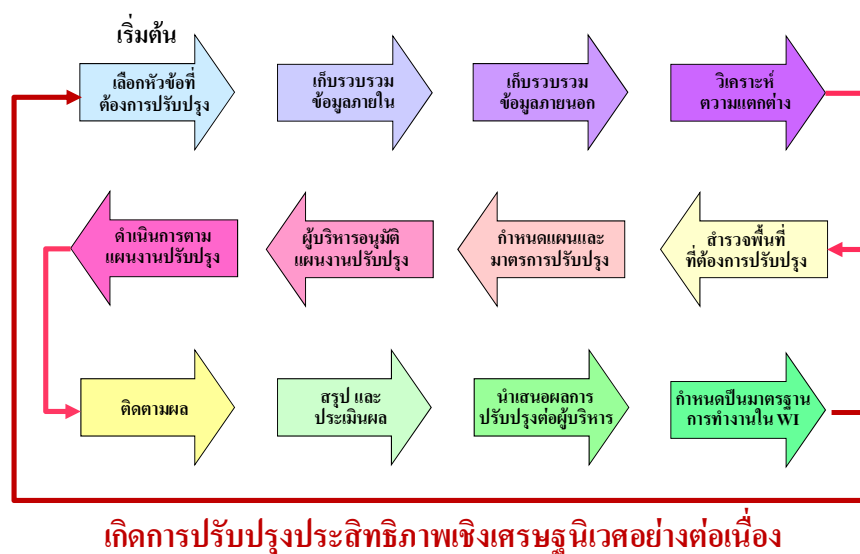
5.2.1.2 รูปแบบการบริหารจัดการเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ที่ได้รับการยอมรับทั่วโลกว่าดีที่สุด คือ วงจร Deming : Plan-Do-Check-Act (PDCA) โดยเริ่มจากการกำหนดหัวข้อหรือค่าดัชนีชี้วัด (KPI) ที่ต้องการเปรียบเทียบหรือปรับปรุง แล้วจัดเก็บข้อมูลของโรงงานตัวเอง และโรงงานอื่นๆ เพื่อบ่งชี้โรงงานที่ทำผลงานได้ดีที่สุด จากนั้นควรทำการวิเคราะห์สาเหตุของความ

แตกต่าง (Gap-Analysis) โดยการหาคำตอบของคำถามที่ว่า โรงงานที่ทำผลงานได้ดีที่สุดเขาทำอย่างไร และโรงงานของเราจะทำอย่างนั้นได้อย่างไร ซึ่งจะหาคำตอบได้จากการประมวลผลข้อมูล และการสำรวจกระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้อง นำไปสู่ การกำหนด การดำเนินการ และการติดตาม **ผลสำเร็จ** ตามมาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) เพื่อลดความแตกต่างของผลงาน ก่อให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ลดการสูญเสียแบ่งในกากมันและน้ำเสีย ลดการใช้ทรัพยากรและพลังงาน การลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขัน ดังรูปที่ 5-2

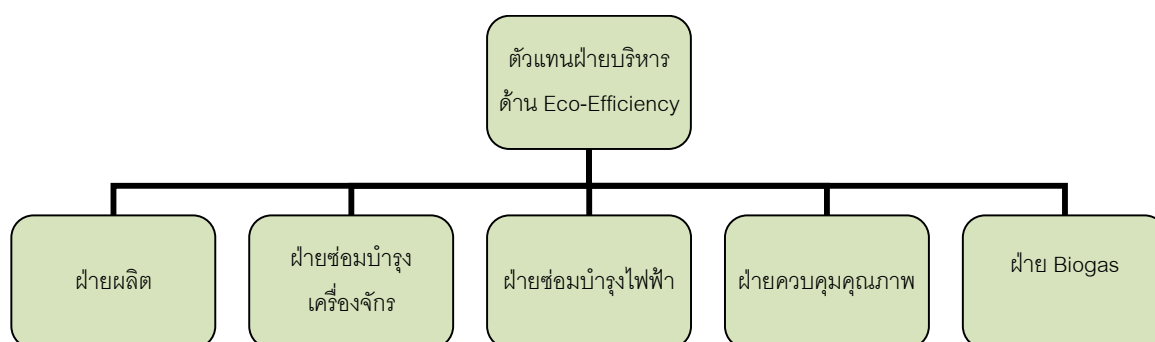


รูปที่ 5-2 วงจร P-D-C-A กับการวิเคราะห์ของความแตกต่าง (Gap-Analysis) และการบริหารจัดการ
ประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Management)

- 5.2.1.3 รูปแบบการบริหารจัดการ P-D-C-A เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ เป็นกระบวนการที่ควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ดังรูปที่ 5.3 ทั้งนี้สำหรับองค์กรที่มีทีมงานหลายคน อาจพิจารณาแต่งตั้งทีม Eco-Efficiency (Eco-Efficiency Team) ที่ประกอบด้วยตัวแทนจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องจักร ฝ่ายซ่อมบำรุงไฟฟ้า ฝ่ายควบคุมคุณภาพ ฝ่าย Biogas เป็นต้น โดยมีการแต่งตั้งตัวแทนฝ่ายบริหารด้าน Eco-Efficiency (Eco-Efficiency Management Representative) ทำหน้าที่ กำกับดูแล บริหารจัดการ และเป็นผู้นำทีม Eco-Efficiency ซึ่งจะต้องมีการประสานงานและสื่อสารเพื่อให้เกิดการปรับปรุงผลงาน ทั้งนี้ควรมีการนำเสนอข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงผลงานรวมถึงทรัพยากรที่จำเป็นต่อผู้บริหารสูงสุดด้วย ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-3 วงจรการบริหารจัดการเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 5-4 โครงสร้าง Eco-Efficiency Team

5.2.1.4 การกำหนดและการดำเนินการ ตามมาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) โรงงาน อาจกำหนดมาตรการปรับปรุงลงในแบบบันทึก “แผนงานเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ” ดังรูปที่ 5-5 โดยจะช่วยผู้บริหารโรงงานสามารถติดตามและประเมินผลการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

รูปที่ 5-5 แผนงานเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement Plan)



gtz

แผนงานเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ EEIP No. :										ผู้รับผิดชอบแผนงาน :										
ชื่อแผนงาน :										ระยะเวลาคุ้มทุน :										
ผู้อนุมัติแผนงาน :					งบประมาณที่ได้ :					วันที่อนุมัติแผนงาน :					กำหนดเสร็จสิ้นแผนงาน :					
วัตถุประสงค์ :										ตัวชี้วัด :										
เป้าหมาย :																				
ลำดับที่	ขั้นตอนการดำเนินงาน	ผู้รับผิดชอบ	ดัชนีบ่งชี้ผล	เดือนที่ 1				เดือนที่ 2				เดือนที่ 3				เดือนที่ 4				กำหนดเสร็จ
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				

หมายเหตุ $\longleftrightarrow$ ตามแผน $\longleftrightarrow$ ปฏิบัติจริง

5.2.1.5 ลักษณะที่เกิดขึ้นจากการผลิตต่อไปนี้อาจนำมาใช้แจ้งเตือนว่า รูปแบบของการบริหารจัดการในปัจจุบันยังไม่ได้เพียงพอ และโรงงานควรจะต้องปรับปรุงการบริหารจัดการให้เป็นรูปแบบการบริหารจัดการที่มีระบบรองรับ เพื่อให้บรรลุผลสำเร็จในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ

- โรงงานประสบปัญหาการผลิต และส่งผลให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตบ่อย
 - ปัญหาที่เกิดขึ้น มีไม่กี่ปัญหาที่เกิดขึ้นๆ แต่มีผลกระทบสูงต่อประสิทธิภาพการผลิต
 - พนักงานหน้างานมีความรู้ความสามารถ รู้สาเหตุ และให้ข้อเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดี แต่ยังไม่มีโอกาสในการมีส่วนร่วม
 - พนักงานหน้างานเก่งในการลงมือปฏิบัติ แต่ไม่ถนัดเขียน
 - พนักงานหน้างานแต่ละกะทำงานต่างกัน ไม่สัมพันธ์กัน หลายๆ ปัญหาเกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนกะได้ไม่นาน
 - พนักงานที่ทำงานในพื้นที่ต่อเนื่องกัน ไม่รู้ปัญหาอุปสรรคหรืองานที่ทำ ซึ่งกันและกัน
 - หัวหน้างานในแต่ละกะสื่อสารกัน แต่ยังไม่ถึงพนักงานหน้างานอย่างครบถ้วน ทัวถึงและทันเหตุการณ์
- เป็นต้น

5.2.1.6 การรวบรวมและการรายงานข้อมูลการผลิตของแต่ละกะ ข้อมูลและรายงานการผลิตได้รับการเก็บรวบรวมและจัดทำอย่างต่อเนื่อง (ข้อมูลและรายงานการผลิตต่างๆ ได้รับการจัดทำขึ้นตามกำหนดเวลา) ข้อมูลและรายงานเหล่านี้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบภายใน (Internal Benchmark) และใช้การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตรวมทั้งการรักษาเสถียรภาพของกระบวนการผลิตได้เช่นเดียวกัน

5.2.1.7 พนักงานควรมีการต่อกะก่อนเวลาทำงานอย่างน้อย 10 - 15 นาที โดยมีการแจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นในกะ ให้กะที่เข้ามาทำงานทราบ ทำให้พนักงานทั้ง 2 กะได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกันระหว่างกะ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงาน of พนักงานทุกคนเพิ่มสูงขึ้น เกิดการเรียนรู้การทำงานซึ่งกันและกัน มีการทำงานของแต่ละกะที่สัมพันธ์กันมากขึ้น

- 5.2.1.8 ในกรณีที่เป็น เช่น แต่ละกะมีการทำงานหรือมีประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันมาก โรงงานควรจัดให้พนักงานที่เกี่ยวข้องมีโอกาสควบกะกัน (ทำงานในกะเดียวกันอย่างน้อย 1 ครั้ง) ซึ่งจะช่วยให้พนักงานเข้าใจวิธีการเดินและควบคุมเครื่องจักรมากยิ่งขึ้น เรียนรู้ถึงการทำงานของกะอื่นๆ เรียนรู้สิ่งที่ดีหรือการควบคุมที่ดีของอีกกะ ทำให้พนักงานแต่ละกะสามารถควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ได้ดีที่สุดและมีความสอดคล้องกัน
- 5.2.1.9 โรงงานควรสนับสนุนให้พนักงานควบคุมเครื่องที่อยู่ต่อเนื่องกันของแต่ละกะ ได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกันด้วย เช่น พนักงานลูกไม่คุยกับพนักงานที่ชุดสัดแป้ง เป็นต้น จะทำให้พนักงานแต่ละคนทราบลักษณะงานซึ่งกันและกัน เข้าใจถึงปัญหาที่สามารถส่งผลถึงกันได้ เพื่อช่วยกันปรับปรุง แก้ไข และป้องกันปัญหา
- 5.2.1.10 โรงงานควรจัดให้มีการลงบันทึกและรายงาน ปัญหา สมรรถนะและสถานะของเครื่องจักร รวมทั้งประเด็นที่ต้องเฝ้าระวัง โดยสนับสนุนให้พนักงานในกะที่ทำงานลงบันทึก ส่วนพนักงานในกะถัดไปอ่านทำความเข้าใจและลงลายมือรับทราบ
- 5.2.1.11 ควรบันทึกปัญหาในกระบวนการผลิตลงในระบบ MIS / DMS (Management Information System / Data Management System) ในกรณีที่มีการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ ดังรูปที่ 5-6

The screenshot shows a software application window titled 'ข้อมูลการผลิต' (Production Information). The window has a menu bar with 'แสดงรายการ' (Show List) and 'แสดงรายละเอียด' (Show Details). Below the menu bar is a header section with 'รายละเอียดข้อมูลการผลิต' (Production Information Details) and fields for 'ID', 'วันที่ผลิต' (Production Date), and 'แก้ไขล่าสุดโดย' (Last Modified By). The main area contains a table with columns: 'ปัญหา' (Problem), 'ผู้รับผิดชอบ' (Responsible Person), 'รายละเอียดของปัญหา' (Problem Description), 'สาเหตุ' (Cause), and 'M'. Below the table are input fields for 'ปัญหา' (Problem), 'ผู้รับผิดชอบ' (Responsible Person), 'รายละเอียดของปัญหา' (Problem Description), 'สาเหตุ' (Cause), 'มาตรการแก้ไขและป้องกันปัญหา' (Measures to solve and prevent the problem), and 'ผลของการแก้ไขปัญหา' (Result of problem solving). At the bottom right are buttons for 'เพิ่ม' (Add), 'แก้ไข' (Edit), and 'ลบ' (Delete). At the bottom left are navigation buttons: '<< ข้อมูลการผลิตก่อนหน้า' (Previous Production Information), 'ข้อมูลการผลิตถัดไป >>' (Next Production Information), 'พิมพ์รายงานปัญหา' (Print Problem Report), 'สร้างใหม่' (Create New), 'แก้ไข' (Edit), 'บันทึก' (Save), and 'ยกเลิก' (Cancel).

รูปที่ 5-6 การบันทึกปัญหาในกระบวนการผลิตลงในระบบ MIS / DMS

- 5.2.1.12 ผู้บริหารและหัวหน้างานควรตระหนักว่า คนที่รู้รายละเอียดงาน ปัญหาอุปสรรค ตลอดจนแนวทางปรับปรุงแก้ไข ดีที่สุดคือ พนักงานควบคุมเครื่อง โรงงานควรสนับสนุนและสร้างบรรยากาศให้พนักงานเหล่านี้มีส่วนร่วมในการปรับปรุงแก้ไขหรือควบคุมการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

5.2.2 การกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงาน

- 5.2.2.1 โรงงานควรพิจารณารวบรวม ข้อมูล/สารสนเทศ/รายงาน อย่างต่อเนื่อง เกี่ยวกับปัญหาการผลิตที่เกิดขึ้นบ่อย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ และวิเคราะห์หาสาเหตุ กำหนดมาตรการปรับปรุงแก้ไข รวมทั้งมาตรการป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต ร่วมกับพนักงานหน้าที่เกี่ยวข้อง และจัดทำเป็นเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อใช้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานของโรงงานต่อไป ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารโรงงานสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเชิงเศรษฐกิจได้อย่างต่อเนื่อง เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน รวมทั้งจะช่วยรักษากระบวนการผลิตให้มีเสถียรภาพด้วย
- 5.2.2.2 โรงงานควรจัดทำเอกสารรองรับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Maintenance Instruction) สำหรับเครื่องจักรที่ไม่มีเครื่องจักรอื่นทดแทนเมื่อเสีย โดยทบทวนประวัติการซ่อมบำรุงรักษาที่ผ่านมา ศึกษาอายุการใช้งานของชิ้นส่วนที่ชำรุด รวมทั้งวัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ โดยเลือกที่จะบำรุงรักษาเชิงป้องกันในช่วงที่ไม่ได้เดินเครื่องจักรก่อนที่ชิ้นส่วนและวัสดุสิ้นเปลืองจะหมดอายุการใช้งาน เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียที่มากกว่าในระหว่างการผลิต
- 5.2.2.3 สำหรับโรงงานที่มีระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001 โรงงานควรบูรณาการให้มีมาตรการรองรับการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement Measures) โดยการทบทวน / เพิ่มมาตรการในส่วนของการลดปริมาณการปล่อยสูญเสียในกากและน้ำเสีย รวมทั้งการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด (Yield) ในเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ที่ใช้ควบคุมการผลิตสำหรับเครื่องจักรหรือพื้นที่นั้นๆ
- 5.2.2.4 ข้อเสนอแนะในการเขียนเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) และเอกสารรองรับการซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Maintenance Instruction) :
- เขียนอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่
 - ◇ เนื้อหาควรมีความชัดเจน ง่ายต่อการเข้าใจ และตรงประเด็นตามที่ต้องการกล่าวถึง

- ◇ ผู้จัดทำเอกสารควรคำนึงถึงผู้อ่าน กลางคือ เขียนให้ผู้อื่นอ่าน ไม่ใช่เพื่อตนเอง
- การใช้วรรคตอนที่เหมาะสม
 - ◇ ประโยคที่ใช้ควรกระชับ และไม่สร้างความสับสน
 - ◇ ควรจำกัดให้หนึ่งกิจกรรม / ข้อกำหนดต่อหนึ่งประโยค และหนึ่งเรื่องในหนึ่งย่อหน้า
- การใช้คำที่เหมาะสม
 - ◇ ควรใช้คำที่ให้ความหมายเฉพาะ
 - ◇ หลีกเลี่ยงคำที่มีความหมายกำกวม เช่น อาจ... (ไม่ทราบว่าต้องทำ หรือไม่ต้องทำ)
- การใช้อักษรตัวต้น ชื่อย่อ และคำย่อ
 - ◇ ควรให้คำนิยาม เพื่อป้องกันความสับสน

5.2.2.5 รูปแบบมาตรฐานของเอกสารรองรับการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้ จะสามารถช่วยให้โรงงานง่ายต่อการจำแนกและจัดทำเอกสารให้เสร็จสมบูรณ์ มีเนื้อหาครบถ้วนได้อย่างสม่ำเสมอ โดยการใช้หัวเรื่องที่เหมาะสม ดังต่อไปนี้

1.0 วัตถุประสงค์ :

เพื่อระบุ วัตถุประสงค์ หรือ ความต้องการของเอกสารรองรับการปฏิบัติงาน

2.0 ขอบเขต :

เพื่อระบุ กิจกรรม / พื้นที่ใด ที่เอกสารครอบคลุมถึง

3.0 เอกสารอ้างอิง :

เพื่อระบุ เอกสารอื่นควรกล่าวถึง ซึ่งอาจจะต้องอ่านเพื่อประกอบความเข้าใจในขั้นตอนการปฏิบัติงาน

4.0 คำนิยาม :

เพื่ออธิบายความหมายของคำ / ข้อความซึ่งอาจทำให้สับสน

5.0 ขั้นตอน / วิธีการดำเนินงาน :

เพื่อระบุรายละเอียดต่อไปนี้

ใครเป็นผู้รับผิดชอบในการปฏิบัติหรือควบคุมดูแล

อะไรคือสิ่งที่ต้องได้รับการปฏิบัติหรือควบคุมและต้องดำเนินการอย่างไร โดยครอบคลุมถึง:

- ข้อมูลจากกระบวนการ
- วิธีการดำเนินการ และอุปกรณ์ที่ใช้
- บันทึกที่จะต้องจัดทำให้เสร็จสมบูรณ์

ที่ไหน - สถานที่

เมื่อไร - เวลา ความถี่

6.0 เอกสารที่เกี่ยวข้อง : (ถ้ามี)

เพื่อระบุ รายการของเอกสารซึ่งกล่าวถึงถึง / ต้องใช้งาน เช่น แบบฟอร์มที่ใช้บันทึกข้อมูล ผังกระบวนการ (Flow Chart)

[illegible]

รูปที่ 5-7 ตัวอย่างรูปแบบเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) หรือ เอกสารวิธีการปฏิบัติงานซ่อมบำรุง (Maintenance Instruction)

บทที่ 6 ผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการปรับปรุงผลงานเชิงเศรษฐนิเวศ ในอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนีย

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์จากการปรับปรุงผลงานเชิงเศรษฐนิเวศ โดยการประยุกต์ใช้การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) ในอุตสาหกรรมผลิตแอมโมเนีย ผลงานการปรับปรุงเชิงเศรษฐนิเวศที่ได้กล่าวถึงในบทนี้ ได้รับการวิเคราะห์และประเมินผลจากดำเนินการตามมาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) เพื่อลดความแตกต่างของผลงานจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับการคัดเลือกเข้าร่วมโครงการจำนวน 4 โรงงาน

หลักการสำคัญของการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap-Analysis) คือ การพิจารณาหาสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างในผลงานระหว่างโรงงานตัวเองกับโรงงานที่สามารถทำผลงานได้ดีที่สุด / เป็นเลิศ ตามหัวข้อหรือค่าดัชนีชี้วัด (KPI) ที่โรงงานต้องการปรับปรุง โดยพิจารณาจากข้อมูลต่างๆ ที่ได้รับการเก็บรวบรวม รวมทั้งจากการสำรวจสภาพเครื่องจักรและการควบคุมในปัจจุบัน จากนั้นโรงงานพิจารณากำหนดและดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงที่มีความเหมาะสม รวมทั้งโรงงานควรดำเนินการติดตามและประเมินผลอย่างใกล้ชิด เพื่อให้เกิดการปรับปรุงตามที่ต้องการ

ทั้งนี้มาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) ส่วนใหญ่ที่ได้รับการกำหนดและดำเนินการ ใช้งบประมาณน้อยหรือเป็นการปรับเปลี่ยนวิธีการทำงาน เพิ่มมาตรการควบคุม รวมทั้งการนำเทคนิคการบริหารจัดการ (Management Techniques) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ระยะเวลาคุ้มทุน (Return of Investment) สั้น หรือไม่มี

6.1 ผลการปรับปรุงและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

ในการดำเนินโครงการ การเปรียบเทียบวัด (Benchmarking) ได้มีการนำการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) และการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap-Analysis) มาประยุกต์ใช้ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐนิเวศ (Eco-Efficiency Improvement) ตามหัวข้อหรือค่าดัชนีชี้วัด (KPI) ดังต่อไปนี้

- KPI 1 ประสิทธิภาพรวมของการผลิตแอมโมเนีย และปริมาณแอมโมเนียสูญเสียน้อยที่สุด
 - KPI 1.1 การสูญเสียแอมโมเนียในกาบมัน
 - KPI 1.2 การสูญเสียแอมโมเนียในน้ำเสีย
- KPI 2 ปริมาณก๊าซชีวภาพที่ใช้
- KPI 3 อัตราการผลิตก๊าซชีวภาพต่อภาระอินทรีย์ที่ถูกกำจัด

- KPI 4 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม
- KPI 5 ปริมาณการใช้น้ำรวม
- KPI 6 ค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง

มาตรการที่เหมาะสม เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement) ได้รับการกำหนดดำเนินการ และประเมินผลการบรรลุผลสำเร็จ รวมทั้งผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่ได้รับ ซึ่งได้รับการรวบรวมและสรุปดังตารางที่ 6-1

หมายเหตุ โรงงานที่เข้าโครงการได้คัดเลือก KPI 1.1, 1.2, 4, 5 และ 6 เพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ ส่วน KPI 2 และ 3 โรงงานไม่ได้คัดเลือก เนื่องจากมีแผนงานปรับปรุงที่ได้เริ่มดำเนินการไปแล้ว และมีค่า KPI เป็นที่น่าพอใจ ตามลำดับ

ตารางที่ 6-1 มาตราการปรับปรุงแก้ไขที่เท่าเทียมสำหรับแต่ละตัวชี้วัด (KPI) ผลจากการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement) และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่ได้รับ

ดัชนีชี้วัด (KPI)	มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement Measures)	ผลงานการปรับปรุงเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Performance Improvement)	ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ (Economic Benefits)	ผลประโยชน์ต่อปี (Annual Saving)	มูลค่าการลงทุน (Investment Cost)	ระยะเวลาดำเนินทุน (Return of Investment)
KPI 1.1 การสูญเสียเงินในภาคนี้	1.1 ติดตั้งอุปกรณ์ทำความสะอาดและกรองน้ำในเครื่องสกัดเบียร์เพื่อรีไซเคิลน้ำ และ ชุดเทอร์โบอัดอากาศ	การสูญเสียเงินในภาคนี้ลดลง 48.6% หรือลดลง 11.8 กก./ลิ้น ภาคเบียร์	1,355,300 บาท/เดือน	16.2 ล้านบาท	ไม่มี (ติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน และค่าใช้จ่ายจากปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้น น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ)	ไม่มี
	1.2 ปรับปรุงการฉีดทำความสะอาดเครื่องจากเดิมฉีดทำความสะอาดเฉพาะตะแกรงชุดหลังอย่างเดียว เป็นการฉีดทำความสะอาดทั้งตะแกรงชุดหน้าและหลัง					
	1.3 ติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียจากโรงกลั่นให้เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย และใช้วิธีบำบัดน้ำเสียจากเครื่องสกัดขั้นที่ 3 และนำน้ำเสียจากเครื่องแยก 0 มาบ่มในโรงกลั่น	การสูญเสียเงินในภาคนี้ลดลง 45.3% หรือได้ผลผลิตเบียร์เพิ่มขึ้น 43.7 ลิ้น/เดือน	525,240 บาท/เดือน	6.3 ล้านบาท	ไม่มี (ติดตั้งอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน และปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ)	ไม่มี
	1.4 ทำสแตนเลสและแก้วใหม่ทดแทนสแตนเลสเดิม					
	1.4.1 บัญชีรายการต้นทุนการดำเนินงานเพิ่มขึ้นโดยเร็วรวมของต้นทุนการดำเนินงานจากเครื่องสกัดขั้นที่ 3 และน้ำเสียจากเครื่องแยก 0 มาบ่มในโรงกลั่นลดลง					
	1.4.2 บัญชีรายการต้นทุนการดำเนินงานลดลงโดยประมาณการใช้ Biogas ระหว่าง Biogas แก๊ว และที่เกิดใหม่ (% มีเทนต่ำ)โดยทั่วไป Biogas ที่เกิดใหม่ในระดับต่ำสุด ใช้เป็นน้ำยาทำความสะอาดโซลีนอยด์สำหรับล้างเครื่อง เพื่อเปลี่ยนกับชุดโซลีนอยด์ที่ค้างจากนั้นจึงทำความสะอาดชุดโซลีนอยด์ที่ค้าง เพื่อใช้เป็นน้ำสำหรับล้างต่อไป					
	1.4.3 แก้ไขปัญหาที่ส่งผลให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตบ่อยครั้ง โดยใช้การบริหารจัดการ (Management technique) เช่น การประชุมก่อนกะเวลาทำงาน การลงบันทึกปัญหา สถานะของเครื่องจักรและประเด็นที่ต้องเฝ้าระวัง การสนับสนุนให้พนักงานควบคุมเครื่องที่อยู่ติดกัน ได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ทำให้พนักงานเข้าใจถึงปัญหาที่สามารถส่งผลกระทบต่อ พนักงานแต่ละกะทำงานปกติและสนับสนุนซึ่งกันและกันมากขึ้น กลายเป็นทีมงานเดียวกันที่แข็งแกร่ง					

ตารางที่ 6-1 มาตราการปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมสำหรับแต่ละดัชนีชี้วัด (KPI) แผนงานการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement) และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจที่ได้รับ (ต่อ)

ดัชนีชี้วัด (KPI)	มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement Measures)	ผลงานการปรับปรุงเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Performance Improvement)	ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ (Economic Benefits)	ผลประโยชน์ต่อปี (Annual Saving)	มูลค่าการลงทุน (Investment Cost)	ระยะเวลาคืนทุน (Return of Investment)
KPI 1.1 การสูญเสียแบ่งในกากมัน (ต่อ)	1.5 ลดความเร็วรอบของ Screw Press ทำให้สามารถอัดให้กากแห้งขึ้น ส่งผลให้ลดการสูญเสียแบ่งในกาก 1.6 ทดลองหาเงื่อนไขของความเร็วและระยะเวลาการอัดนำความดันสูงที่สุดของสกรูเพรส 1 และ 2 1.7 จัดทำและดำเนินการตามวิธีการปฏิบัติงาน (WI) ความดันลูกสูบ เทอร์โบ 1.2 และเทอร์โบในรวมทั้งกำหนดมาตรการปรับปรุงแก้ไข ร่องรับในกรณีเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น ความชื้นหรือปริมาณแบ่งสูญเสียในกากสูงผิดปกติ เป็นต้น 1.8 บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่อง Hydrocyclone ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งตรวจสอบและเปลี่ยนหัว Cyclonet ของ Hydrocyclone ตามอายุการใช้งาน หรือเมื่อเกิดการสึกหรอ	ผลผลิตแบ่ง (Yield) เพิ่มขึ้น 8.8% หรือ ได้ผลผลิตแบ่งเพิ่มขึ้น 127.2 ตัน/เดือน	1,527,000 บาท/เดือน	18.3 ล้านบาท	600,000 บาท (ซื้อเครื่องอัดกากเพิ่ม 1 เครื่อง ให้ทันกับการผลิต)	10 วัน
KPI 1.2 การสูญเสียแบ่งในน้ำเสีย	1.9 ปรับปรุงและบำรุงรักษาเครื่องสกัด餅ขั้นที่ 2 (Turbo stage 2) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ จัดให้เครื่องสกัด餅เครื่องมีภาระ (Load) เท่ากัน และในปริมาณมากเกินไป (overload) 1.10 หากความสามารถของกระบวนการผลิต (Process capability) ในด้านปริมาณแบ่งในน้ำแบ่งและปริมาณของแข็งทั้งหมดในชุดสกัด餅 และสมดุลค่าอย่างง่ายและค่าจากเครื่องขึ้นที่ในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง 1.11 1.2 เพิ่มประสิทธิภาพการกรองที่เครื่อง Bar Screen (DSM) โดยการปรับเพิ่มแรงดันน้ำแบ่ง	การสูญเสียแบ่งในกากมันลดลง 14.5% หรือ ได้ผลผลิตแบ่งเพิ่มขึ้น 135.3 ตัน/เดือน	1,623,600 บาท/เดือน	19.4 ล้านบาท	ไม่มี	ไม่มี
KPI 1.2 การสูญเสียแบ่งในน้ำเสีย	2.1 หากความสะอาดเครื่องแยกแบ่งทุกเครื่องอย่างน้อย สัปดาห์ละ 1 ครั้ง 2.2 ตรวจสอบปริมาณแบ่งในน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ น้ำเสียที่ใช้ระบบ Biogas, น้ำเสียจาก Separator, Hydrocyclone, Decanter และ บ่อรวมบนน้ำเสีย ทด 2 ซึ่งใน 2.3 ในกรณีเกินค่าควบคุม หากสาเหตุ กากหนืดและดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงแก้ไข 2.4 จัดทำ Work Instruction (WI) ร่องรับการควบคุมในให้แบ่งที่ในน้ำเสียผิดปกติ ดังกล่าวข้างต้น เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน 2.5 ตรวจสอบและเปลี่ยนไซโครนเทย์ที่มีการสึกหรอมากในเครื่อง Hydrocyclone	การสูญเสียแบ่งในน้ำเสียลดลง 1.4% หรือ ได้ผลผลิตแบ่งเพิ่มขึ้น 28.5 ตัน/เดือน	370,282 บาท/เดือน	4.4 ล้านบาท	ไม่มี (มูลค่าการรั่วซึมของ centrifuge และปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ)	ไม่มี

ตารางที่ 6-1 มาตรการปรับปรุงแก้ไขที่เหมาะสมสำหรับแต่ละดัชนีชี้วัด (KPI) ผลลงมือการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement) และผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจได้รับ (ต่อ)

ดัชนีชี้วัด (KPI)	มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement Measures)	ผลงานการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Performance Improvement)	ผลประโยชน์ด้านเศรษฐกิจ (Economic Benefits)	ผลประโยชน์ต่อปี (Annual Saving)	มูลค่าการลงทุน (Investment Cost)	ระยะเวลาคืนทุน (Return of Investment)
KPI 4 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม	4.1 ติดตั้งอุปกรณ์แรงดันเครื่องสูบน้ำแรงดัน (Pump) (ใบเรลล์) รวมทั้งได้จัดทำแผนการตาม WI ของบริษัทเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยของน้ำแข็ง ทำให้องค์กรมีความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำแรงดัน 4.2 ติดตั้งเครื่อง (แสดงแสง) เข้ากับลานท่อส่งน้ำแข็ง และการปล่อยตรง ป้องกันการเกิดฟองและน้ำแข็ง 4.3 จัดทำและดำเนินการตาม WI เพื่อควบคุมปริมาณการปล่อยน้ำแข็งให้เหมาะสม เพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำแข็งให้คงที่ ทำให้สามารถเดินเครื่องจักรได้อย่างต่อเนื่องและลดเบี่ยงเบนน้ำแข็งได้	ลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลง 4% หรือ 7.86 kw-hr/ตันแป้ง	35,880 บาท/เดือน	430,600 บาท	5,000 บาท	4 วัน
KPI 5 ปริมาณน้ำที่ใช้รวมสำหรับการผลิต	5.1 ใช้น้ำเสียจากเครื่องสกัดแป้งและเครื่องแยกแป้งจากน้ำเสีย มาฉีดรดในท้องกอกแทนการใช้น้ำดี 5.2 ปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่อง (เปลี่ยนจากใช้ผ้าขัดทำความสะอาดเป็นการใช้แปรงล้างร่วมด้วย) รวมทั้งเปลี่ยนหัวร่อนเป็นแบบมีลายขลิบเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ พร้อมกับติดตั้งตัวเปิด-ปิดที่ปลายท่อเพื่อให้น้ำใช้ให้น้อยลง 5.3 วางแผนการผลิตให้มีความต่อเนื่อง เพื่อลดความถี่ การล้างเครื่องและพื้นที่การผลิต โดยไม่ทิ้งผลกระทบต่อคุณภาพ	ลดปริมาณการใช้น้ำลง 7.5% หรือ 3.487 ลบ.ม./เดือน	12,200 บาท/เดือน	146,400 บาท	ไม่มี (เป็นเพียงการย้ายท่อ)	ไม่มี
KPI 6 ค่าพลังงานที่ใช้ในระบบการอบแห้ง	6.1 ปรับปรุงระบบการเผาไหม้ของ Hot Oil โดยการปรับเตา ปรับรักษา และทำความสะอาด ห้องเผาไหม้ 6.2 ปรับปรุงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของ Line 2 โดยการซ่อมแซมและเปลี่ยนความร้อน 2 ชิ้น 6.3 ปรับปรุงรางบ่อนแบ่งขนาดและเผื่อรั่วให้สามารถบ่อนแบ่งขนาดเข้าท่ออบได้อย่างสม่ำเสมอ	ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 50% หรือ 540 ตัน/เดือน	540,000 บาท/เดือน	6.5 ล้านบาท	5,500 บาท	1 เดือน

6.2 รายละเอียดของผลการปรับปรุง

6.2.1 การสูญเสียแบ่งในกากมัน

กรณีที่ 1

โรงงานสามารถลดการสูญเสียแบ่งในกากมันลง 48.6% จากปริมาณการสูญเสียแบ่งในกากมัน 24.3 กก./ตันกากเปียก เหลือ 12.5 กก./ตันกากเปียก หรือ สามารถนำแบ่งกลับมาได้ 11.8 กก./ตันกากเปียก โดยการติดตั้งอุปกรณ์ทำความสะอาดตะแกรงอัตโนมัติในเครื่องสกัดแบ่งที่เทอร์โบ ชุดที่ 1 และ ชุดเทอร์โบอัดกาก รวมทั้งปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดตะแกรง จากเดิมทำความสะอาดเฉพาะตะแกรงชุดหลังอย่างเดียว เป็นการทำความสะอาดทั้งตะแกรงชุดหน้าและหลัง ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 1,355,300 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 16.2 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานไม่ได้มีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน เนื่องจากเป็นการดัดแปลงอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน และค่าใช้จ่ายจากปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ



รูปที่ 6-1 การติดตั้งอุปกรณ์ทำความสะอาดตะแกรงอัตโนมัติ

กรณีที่ 2

โรงงานสามารถลดการสูญเสียแบ่งในกากมันลง 45.3% ปริมาณการสูญเสียแบ่งในกากมัน 4.21% เหลือ 2.30% ทำให้โรงงานได้ผลผลิตแบ่งเพิ่มขึ้นจากการนำแบ่งกลับจากกาก 43.7 ตัน/เดือน โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 525,240 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 6.3 ล้านบาทต่อปี โดยการติดตั้งตัวกระจายกากให้เต็มหน้าสายพานอัดกาก และใช้หัวฉีดน้ำแรงดันสูงทำความสะอาดสายพานอัดกากของเครื่องอัดกาก และตะแกรงเครื่องสกัดแบ่งขั้นที่ 3 ทุกชั่วโมง รวมทั้งได้หาสาเหตุและแก้ไขปัญหาซึ่งมีผลให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตบ่อย ดังนี้

ปัญหาจากเต็มห้องกาก แก้ไขโดยเพิ่มความเร็วยรอบของบ่มกาก นำน้ำเสียจากเครื่องสกัดชั้นที่ 3 และน้ำเสียจากเครื่องแยก 0 มาป้อนในห้องกากตลอดเวลา

ปัญหา Hot oil ดับ (Biogas) แก้ไขโดยปรับสัดส่วนการใช้ Biogas ระหว่าง Biogasเก่า และที่เกิดขึ้นใหม่ (% มีเทนต่ำ) โดยให้ใช้ Biogas ที่เกิดขึ้นใหม่ในระดับต่ำสุด ใช้น้ำมันเตาช่วย และจัดหาชุดโซลินอยด์สำรอง เพื่อสับเปลี่ยนกับชุดโซลินอยด์ที่ค้างจากนั้นจึงทำความสะอาดชุดโซลินอยด์ที่ค้าง เพื่อใช้เป็นตัวสำรองต่อไป

แก้ปัญหาที่ส่งผลให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตบ่อยครั้ง โดยใช้การบริหารจัดการ (Management technique) เช่น การประชุมต่อกะก่อนเวลาทำงาน การลงบันทึกปัญหา สถานะของเครื่องจักรและประเด็นที่ต้องเฝ้าระวัง การสนับสนุนให้พนักงานควบคุมเครื่องที่อยู่ต่อเนืองกัน ได้แลกเปลี่ยนข้อมูลกัน ทำให้พนักงานเข้าใจถึงปัญหาที่สามารถส่งผลถึงกัน พนักงานแต่ละกะทำงานใกล้ชิดและสนับสนุนซึ่งกันและกันมากขึ้น กลายเป็นทีมงานเดียวกันที่แข็งแกร่ง ทั้งนี้โรงงานไม่ได้มีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน เนื่องจากการดัดแปลงอุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน และปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ



รูปที่ 6-2 การติดตั้งตัวกระจายกาก และใช้หัวฉีดน้ำแรงดันล้างทำความสะอาดสายพานอัดกาก

กรณีที่ 3

โรงงานสามารถเพิ่มผลผลิตแป้ง (Yield) ขึ้น 8.8% จากประสิทธิภาพการผลิต 82.9% เป็น 90.2% หรือ ได้ผลผลิตแป้งเพิ่มขึ้น 127.2 ตัน/เดือน โดยการลดความเร็วรอบของ Screw Press ทำให้สามารถอัดกากได้แห้งขึ้น ส่งผลให้ลดการสูญเสียแป้งในกาก ทดลองหาเงื่อนไขของความเร็วและระยะเวลาการฉีดน้ำความดันสูงทำความสะอาดชุดเทอร์โบ 1 และ 2 ที่ให้ผลผลิตดีที่สุด จัดทำและดำเนินการตามวิธีการปฏิบัติงาน (WI) ควบคุมลูกไม้ เทอร์โบ 1, 2 และเทอร์โบกาก รวมทั้งกำหนดมาตรการปรับปรุงแก้ไข รองรับในกรณีเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ เช่น ความชื้นหรือปริมาณแป้งสูญเสียในกากสูงผิดปกติ เป็นต้น บำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่อง Hydrocyclone ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ ตรวจสอบและเปลี่ยนหัว Cyclonet ของ Hydrocyclone ตามอายุการใช้งาน หรือเมื่อเกิดการสึกหรอ ทำให้

โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 1,527,000 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 18.3 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน 600,000 บาท ในการจัดซื้อเครื่องอัดอากาศเพิ่ม 1 เครื่อง ให้ทันกับกำลังการผลิต และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 10 วัน

กรณีที่ 4

โรงงานสามารถลดการสูญเสียแอมโมเนียในกากมันลง 14.5% ปริมาณการสูญเสียแอมโมเนียในกากมัน 4.0113% เหลือ 3.4285% ทำให้โรงงานได้ผลผลิตแอมโมเนียเพิ่มขึ้นจากการนำแอมโมเนียกลับจากกาก 135.3 ตัน/เดือน โดยการปรับปรุงและบำรุงรักษาเครื่องสกัดแอมโมเนียที่ 2 (Turbo stage 2) ให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ จัดให้เครื่องสกัดแต่ละเครื่องมีภาระ (Load) เท่ากัน และไม่รับภาระมากเกินไป (overload) โรงงานได้หาค่าความสามารถของกระบวนการผลิต (Process capability) ในด้านปริมาณแอมโมเนียในน้ำแอมโมเนียและปริมาณของแข็งทั้งหมดในชุดสกัดแอมโมเนีย และสุ่มตรวจตัวอย่างน้ำแอมโมเนียและกากจากแต่ละพื้นที่ในกระบวนการผลิตอย่างสม่ำเสมอ เพื่อการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งได้เพิ่มประสิทธิภาพการกรองที่เครื่อง Bar Screen (DSM) โดยการปรับเพิ่มแรงดันน้ำแอมโมเนีย ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 1,623,600 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 19.4 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานไม่ได้มีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน เนื่องจากเป็นปรับปรุงวิธีการทำงาน ปรับแต่งเครื่องจักร ใช้ทรัพยากรและห้องปฏิบัติการที่มีอยู่เดิม



รูปที่ 6-3 การปรับปรุงการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาเครื่องสกัดแอมโมเนีย

6.2.2 การสูญเสียแอมโมเนียในน้ำเสีย

โรงงานสามารถลดการสูญเสียแอมโมเนียในน้ำเสียลง 1.4% หรือได้ผลผลิตแอมโมเนียเพิ่มขึ้น 28.5 ตัน/เดือน โดยการทำความสะอาดเครื่องแยกแอมโมเนียทุกเครื่องอย่างน้อยสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตรวจวัดปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียอย่างต่อเนื่อง ได้แก่ น้ำเสียที่เข้าระบบ Biogas , น้ำเสียจาก Separator, Hydrocyclone, Decanter และบ่อรวบรวมน้ำเสีย ซึ่งในกรณีปริมาณแอมโมเนียในน้ำเสียเกินค่าควบคุม ผู้เกี่ยวข้องหาสาเหตุ กำหนดและดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงแก้ไข จัดทำ Work

Instruction (WI) รองรับการควบคุมไม่ให้แอมโมเนียในน้ำเสียมากผิดปกติ เพื่อให้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน รวมทั้งเปลี่ยนไซโครเนทที่มีการสึกหรอมากในเครื่อง Hydrocyclone ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 370,282 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 4.4 ล้านบาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุนน้อยมาก เนื่องจากมูลค่าการจัดซื้อหลอด centrifuge และปริมาณน้ำที่ใช้เพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ

6.2.3 ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม

โรงงานสามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลง 4% จากปริมาณการใช้ไฟฟ้า 212.63 kw-hr/ตันแอมโมเนีย เหลือ 204.77 kw-hr/ตันแอมโมเนีย โดยการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนการล้นของน้ำแอมโมเนีย (ไฟไซเรนสีส้ม) รวมทั้งได้จัดทำและดำเนินการตาม WI รองรับการสนับสนุนเตือนการล้นของน้ำแอมโมเนีย ทำให้พนักงานที่เครื่องแยกแอมโมเนียมีเวลามากพอในการควบคุมน้ำแอมโมเนียไม่ให้ล้นออกจากถัง ติดตั้งข้ออ (แอสตันเลส) เข้ากับปลายท่อส่งน้ำแอมโมเนีย แทนการปล่อยตรง ป้องกันการเกิดฟองและน้ำแอมโมเนียล้นถัง จัดทำและดำเนินการตาม WI เพื่อควบคุมปริมาณการป้อนหัวมันให้เหมาะสม เพื่อรักษาความเข้มข้นของน้ำแอมโมเนียให้คงที่ ทำให้โรงงานสามารถเดินเครื่องจักรได้อย่างต่อเนื่อง ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 35,880 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 430,600 บาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน 5,000 บาท จากการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนการล้นของน้ำแอมโมเนีย และการติดตั้งข้ออ โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4 วัน

หมายเหตุ: ปัญหาแอมโมเนียล้นถังทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากต้อง Re-process น้ำแอมโมเนียที่ตกพื้น



รูปที่ 6-4 การติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนการล้นของน้ำแอมโมเนีย (ไฟไซเรนสีส้ม)

6.2.4 ปริมาณน้ำที่ใช้รวมสำหรับกระบวนการผลิต

กรณีที่ 1

โรงงานสามารถลดปริมาณการใช้น้ำลง 7.5% จากปริมาณการใช้น้ำ 19.24 ลบ.ม./ตันแป้ง เหลือ 17.8 ลบ.ม./ตันแป้ง หรือลดปริมาณการใช้น้ำลง 3,487 ลบ.ม./เดือน โดยการใช้น้ำเสียจากเครื่องสกัดแป้งและเครื่องแยกแป้งจากน้ำเสีย มาฉีดพ่นในหึ่งกากแทนการใช้น้ำดี ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 12,200 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 146,400 บาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน 5,000 บาท จากการติดตั้งอุปกรณ์แจ้งเตือนการล้นของน้ำแป้ง และการติดตั้งข้อบกพร่อง โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 4 วัน ทั้งนี้โรงงานไม่ได้มีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน เนื่องจากเป็นเพียงการย้ายท่อ

กรณีที่ 2

โรงงานสามารถลดปริมาณการใช้น้ำลง 7.5% หรือลดปริมาณการใช้น้ำลง 1,600 ลบ.ม./เดือน โดยการปรับปรุงวิธีการทำความสะอาดเครื่อง (เปลี่ยนจากใช้หัวฉีดน้ำความดันเป็นการใช้แปรงล้างร่วมด้วย) รวมทั้งเปลี่ยนหัวจ่ายน้ำเป็นแบบปลายบีบเพื่อเพิ่มแรงดันน้ำ พร้อมกับติดตั้งวาล์วเปิด-ปิดที่ปลายท่อเพื่อให้ใช้น้ำน้อยลง วางแผนการผลิตให้มีความต่อเนื่อง เพื่อลดความถี่การล้างเครื่องและพื้นที่การผลิต โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพ ทำให้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 5,600 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 67,200 บาทต่อปี ทั้งนี้โรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน 5,500 บาท จากการจัดซื้ออุปกรณ์ทำความสะอาด โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน



รูปที่ 6-5 การใช้หัวฉีดน้ำความดันร่วมกับการใช้แปรงล้าง

6.2.5 ค่าพลังงานที่ใช้ในกระบวนการอบแห้ง

โรงงานสามารถปรับปรุงระบบการเผาไหม้ของ Hot Oil โดยการปรับแต่ง บำรุงรักษา และทำความสะอาดห้องเผาไหม้ ปรับปรุงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยการซ้อนแผงแลกเปลี่ยนความร้อน 2 ชั้น ปรับปรุงรางป้อนแป้ง หมดและเฝ้าระวัง ให้สามารถป้อนแป้งหมดเข้าท่ออบได้อย่างสม่ำเสมอ ทำให้ลดปริมาณการใช้ฟืนลง 50% หรือ 540 ตัน/เดือน ทั้งนี้โรงงานได้รับผลประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์ 540,000 บาท/เดือน หรือคิดเป็นรายได้ที่เพิ่มขึ้น 6.5 ล้านบาทต่อปี ซึ่งโรงงานมีค่าใช้จ่ายด้านการลงทุน 520,000 บาท จากการปรับปรุงแผงแลกเปลี่ยนความร้อน โดยมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 เดือน



รูปที่ 6-6 การปรับปรุงประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนและรางป้อนแป้งหมด

6.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และการกำหนดเกณฑ์ในการตัดสินใจดำเนินการ มาตรการปรับปรุง

ทฤษฎีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้คือ การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Return on Investment, ROI) โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ROI)} = \frac{\text{มูลค่าการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ต่อเดือน (หรือปี)}}$$

สำหรับเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกดำเนินการมาตรการปรับปรุง เพื่อใช้ในการจัดลำดับก่อนหลัง พิจารณาได้จากปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาการคืนทุน

ระยะเวลาการคืนทุน	การตัดสินใจลงทุน
ไม่มี หรือ ต่ำกว่า 1 เดือน	ควรพิจารณาดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงทันที
2 – 12 เดือน	ควรพิจารณาลงทุนโดยเร็ว
13 – 24 เดือน	ควรพิจารณาวางแผนการลงทุน
25 – 48 เดือน	ควรพิจารณาลงทุนเมื่อพร้อม
มากกว่า 48 เดือน	ไม่พิจารณาหรือพักการลงทุน

- มูลค่าของผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์
- ความพร้อมของเทคโนโลยีที่รองรับ
- ความซับซ้อนของมาตรการปรับปรุง
- ความพร้อมของงบประมาณที่ต้องใช้
- โอกาสของการบรรลุผลสำเร็จของมาตรการปรับปรุง

บทที่ 7 ข้อสังเกตและข้อเสนอแนะสำหรับการดำเนินการปรับปรุงผลงาน สู่ความเป็นเลิศและการเปรียบเทียบวัดเชิงเศรษฐกิจต่อไป

อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังมีความสำคัญด้านเศรษฐกิจสูง เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ที่ผลิตผลิตภัณฑ์เริ่มต้น ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง (Native Starch) แป้งหยาบ (Wet Cake) และน้ำแป้ง (Slurry) ให้แก่ภาคอุตสาหกรรมอื่นๆ เพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องสำอาง อุตสาหกรรมผลิตผงชูรส อุตสาหกรรมผลิตวุ้นเส้น / สาหร่าย / ขนม อุตสาหกรรมผลิตกรดอะซิติก เป็นต้น ซึ่งทำรายได้มหาศาล ทั้งตลาดภายในประเทศและภาคการส่งออก จึงเป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตว่า อุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลังล้นเกินจากอุตสาหกรรมภาคครัวเรือน ดังนั้นการเพิ่มความสามารถทางการแข่งขัน ได้แก่ การใช้ทรัพยากรและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การเพิ่มผลผลิต (Yield) การลดการสูญเสียแป้ง ด้วยการเปรียบเทียบวัดเชิงเศรษฐกิจ (Benchmarking) การประยุกต์ใช้การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) โดยการเปรียบเทียบผลงานของโรงงานกับโรงงานที่ทำผลงานได้ดีที่สุด และการวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) นำไปสู่การกำหนดและดำเนินการตามมาตรการปรับปรุงแก้ไข (Improvement Measures) จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จข้างต้น ก่อให้เกิดการพัฒนาและบูรณาการอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

คู่มือการปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศเล่มนี้ สามารถใช้เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับโรงงานที่ต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ (Eco-Efficiency Improvement) เนื่องจากได้รวบรวมองค์ความรู้ต่างๆ ไว้อย่างครบถ้วน ทั้งนี้องค์ประกอบสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จด้านการเปรียบเทียบวัดเชิงเศรษฐกิจ (Benchmarking) และการปรับปรุงผลงานอย่างต่อเนื่อง สู่การปฏิบัติที่ดี/เป็นเลิศ (Best Practice) สำหรับอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง ได้แก่

1. การเลือกดัชนีชี้วัดผลงาน (KPI) ที่เหมาะสม ที่สอดคล้องกับพื้นที่การทำงานหรือผลงานที่ต้องการปรับปรุง
2. การกำหนดแนวทางในการวิเคราะห์สาเหตุ (Root Cause) กำหนดและดำเนินการตามมาตรการปรับปรุง (Improvement Measures) ที่เหมาะสม เพื่อลดช่องว่าง (Gap) ของผลงานเปรียบเทียบกับผู้ที่ทำผลงานได้ดีที่สุด (Best Practice)
3. การใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System, MIS) รวมทั้งการประยุกต์ใช้เครื่องมือ (Tools) อื่นๆ ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางสถิติ และการวิเคราะห์ปัญหา เช่น SPSS, 7-Tools, Cause-Effect Diagram หรือ โปรแกรมพื้นฐาน M-Excel เป็นต้น

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2 ว่า การปรับปรุงผลงานจากการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ ควรดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เป็นไปตามหลักการบริหารจัดการที่ได้รับการยอมรับ คือ วงจร Deming : Plan-Do-Check-Act (PDCA) โดยควรนำไปควบรวม (Integration) กับระบบการบริหารจัดการที่มีอยู่เดิม เพื่อไม่ให้มองเป็นภาระ แต่ควรมองเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการเพื่อความอยู่รอดขององค์กรอย่างยั่งยืน เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานที่ขาดไม่ได้

หน้าที่ของสมาคมผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ไม่ควรเป็นเพียงการสนับสนุนการประยุกต์ใช้มาตรการต่างๆ เท่านั้น แต่ควรติดตามผลการประยุกต์ใช้ของโรงงานต่างๆ ที่เป็นสมาชิกด้วย โดยโรงงานใดที่ไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ หรือมีการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจที่ล่าช้ากว่าคู่แข่ง โรงงานเหล่านั้นจะสูญเสียศักยภาพทางการแข่งขัน และอาจจะต้องถึงขั้นการสูญเสียธุรกิจในที่สุด

โรงงานควรจะต้องนำเทคนิคการบริหารจัดการ (Management Technique) มาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ เทคนิคการบริหารจัดการเน้นการบริหารทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์หรือมีประสิทธิภาพสูงสุดตามต้องการ โดยอาจไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายหรือการลงทุนใดๆ สัญญาณที่สามารถนำมาใช้แจ้งเตือนว่าโรงงานควรนำเทคนิคการบริหารจัดการมาประยุกต์ใช้ ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2 ได้แก่

- โรงงานประสบปัญหาการผลิต และส่งผลให้ต้องหยุดกระบวนการผลิตบ่อย
- ปัญหาที่เกิดขึ้น มีไม่ก็ปัญหาที่เกิดขึ้นซ้ำๆ แต่มีผลกระทบสูงต่อประสิทธิภาพการผลิต
- พนักงานทำงานแต่ละกะทำงานต่างกัน ไม่สัมพันธ์กัน หลายๆ ปัญหาเกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนกะได้ไม่นาน
- พนักงานที่ทำงานในพื้นที่ต่อเนื่องกัน ไม่รู้ปัญหาอุปสรรค หรืองานที่ทำซ้ำกันและกัน
- หัวหน้างานในแต่ละกะสื่อสารกัน แต่ลงมือไม่ถึงพนักงานทำงานอย่างครบถ้วน ทัวถึงและทันเหตุการณ์

นอกจากนี้ ผู้บริหารและหัวหน้างานควรตระหนักว่า คนที่มีประสบการณ์ รู้รายละเอียดงาน ปัญหาอุปสรรค ตลอดจนแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่ดีที่สุด คือ พนักงานควบคุมเครื่อง โรงงานควรสนับสนุนและสร้างบรรยากาศให้พนักงานเหล่านี้มีส่วนร่วมในการปรับปรุงแก้ไขหรือควบคุมการผลิตให้ดียิ่งขึ้น

สำหรับการรวบรวมและการรายงานข้อมูลการผลิตของแต่ละกะ ข้อมูลและรายงานการผลิตได้รับการเก็บรวบรวมและจัดทำอย่างต่อเนื่อง (ข้อมูลและรายงานการผลิตต่างๆ ได้รับการจัดทำขึ้นตามกำหนดเวลา) ข้อมูลและรายงานเหล่านี้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบภายใน (Internal Benchmark) และใช้การวิเคราะห์ความแตกต่าง (Gap Analysis) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตรวมทั้งการรักษาเสถียรภาพของกระบวนการผลิตได้เช่นเดียวกัน

ในกรณีที่เป็น เช่น แต่ละกะมีการทำงานหรือมีประสิทธิภาพการทำงานที่แตกต่างกันมาก โรงงานควรจัดให้พนักงานที่เกี่ยวข้องมีโอกาสควบกะกัน (ทำงานในกะเดียวกันอย่างน้อย 1 ครั้ง) ซึ่งจะทำให้พนักงานเข้าใจวิธีการเดินและควบคุมเครื่องจักรมากยิ่งขึ้น เรียนรู้ถึงการทำงานของกะอื่นๆ เรียนรู้สิ่งที่ดีหรือการควบคุมที่ดีของอีกกะ ทำให้พนักงานแต่ละกะสามารถควบคุมกระบวนการผลิตต่างๆ ได้ดีที่สุดและมีความสอดคล้องกัน

โรงงานควรจัดให้มีการลงบันทึกและรายงาน ปัญหา สมรรถนะและสถานะของเครื่องจักร รวมทั้งประเด็นที่ต้องเฝ้าระวัง โดยสนับสนุนให้พนักงานในกะที่ทำงานลงบันทึก ส่วนพนักงานในกะถัดไปอ่านทำความเข้าใจและลงลายมือรับทราบ

ในกรณีที่มีการใช้ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information System / Data Management System, MIS/DMS) โรงงานควรบันทึกปัญหาในกระบวนการผลิตลงในระบบโดยตรง

โรงงานควรพิจารณารวบรวม ข้อมูล/สารสนเทศ/รายงาน อย่างต่อเนื่อง เกี่ยวกับปัญหาการผลิตที่เกิดขึ้นบ่อย ที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ และวิเคราะห์หาสาเหตุ กำหนดมาตรการปรับปรุงแก้ไข รวมทั้งมาตรการป้องกันการเกิดปัญหาในอนาคต ร่วมกับพนักงานหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และจัดทำเป็นเอกสารวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) เพื่อใช้เป็นมาตรฐานการปฏิบัติงานของโรงงานต่อไป ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริหารโรงงานสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเชิงเศรษฐกิจได้อย่างต่อเนื่อง เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน

กลุ่มโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่มีความสัมพันธ์กัน และมีจุดมุ่งหมายเดียวกัน ที่ต้องการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจ อาจรวมตัวกันเป็นพันธมิตร เพื่อการเปรียบเทียบวัดเชิงเศรษฐกิจ (Benchmarking) สำหรับค่าดัชนีชี้วัด KPI) ที่ต้องการปรับปรุง ทั้งนี้ความร่วมมือเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจให้ดียิ่งขึ้นนี้ ควรได้รับการสนับสนุนและประสานงานโดยสมาคมผู้ผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตัวอย่างของการดำเนินการของสมาคมในประเทศไทย ในลักษณะนี้ ที่สามารถสนับสนุนการปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจจนบรรลุผลสำเร็จเป็นอย่างดี ได้แก่ สมาคมผู้ผลิตน้ำมันปาล์ม