



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หลักปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ)

ฉบับผู้บริหาร



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ
สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
โทรศัพท์ 0 2202 4154 โทรสาร 0 2202 4170
E-mail : ctu@diw.go.th
website : <http://www2.diw.go.th/ctu>
ISBN 974-7783-09-6

อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

มิถุนายน 2549

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์และมีลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้

สารบัญ

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

	หน้า
1. บทนำ	1
1.1 เหตุผล	1
1.2 ขอบเขต	2
1.3 นิยาม	2
1.4 คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว	3
2. ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต	4
3. วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	6
3.1 การพักลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง	14
3.2 การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ	16
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สี	18
3.4 การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง	20
3.5 การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเดินเครื่องจักร	22
3.6 การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU	24
3.7 การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ	26
3.8 การปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบ	28
3.9 การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ	30
3.10 การใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพการผลิต	32
3.11 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมแกลบรวมกับการใช้น้ำดับจับลอย	34
4. บทสรุป	36

หลักปฏิบัติ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

1. บทนำ

1.1 เหตุผล

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าวฉบับนี้ กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จัดทำขึ้น โดยได้รับความร่วมมือจากนักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญด้านโรงสีข้าวร่วมดำเนินการศึกษา และผ่านความเห็นชอบจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขา (Industrial Sector Committee) ซึ่งประกอบด้วย ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยตรง ทั้งภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา โดยหลักปฏิบัติฯ ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ให้ผู้ประกอบการโรงสีข้าว ซึ่งแต่เดิมมุ่งเน้นการดำเนินการเฉพาะในส่วนการค้าข้าว หรือการตลาด ให้หันมาเน้นความสำคัญทั้งการดำเนินการในส่วนของการผลิตและการตลาดควบคู่กัน เพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดในการลงทุน พร้อมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้ว โดยเฉพาะในด้านความคุ้มค่าของการดำเนินการที่สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการค้าได้ และจากการที่ปัจจุบันทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตมากขึ้น ทั้งทางด้านคุณภาพความปลอดภัยของอาหารและปัญหาสิ่งแวดล้อม หลายประเทศได้กำหนดกฎหมายและมาตรฐานต่างๆ เพื่อกำกับดูแลให้อาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น อาทิ มาตรฐานความปลอดภัยด้านสินค้าเกษตรและอาหาร มาตรฐานการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี (GMP) ระบบประกันคุณภาพโดยใช้หลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร (HACCP) และสินค้าฉลากเขียว เป็นต้น การควบคุมดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นเท่านั้น แต่มีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยช่วยในการส่งออกและลดปัญหาการกีดกันทางการค้ากับนานาประเทศได้อีกด้วย

การวางกลยุทธ์ในการผลิตและการตลาดให้สอดคล้องกับปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจด้านสิ่งแวดล้อม ด้านกฎหมายและมาตรฐานต่างๆ เพื่อสร้างความเข้มแข็ง และเพิ่มศักยภาพ ให้สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงเศรษฐกิจของโลกได้ จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับโรงสีข้าวในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าวฉบับนี้ จึงเป็นจุดเริ่มต้นให้ผู้บริหารโรงสีข้าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เห็นผลประโยชน์ทั้งในรูปที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน และเพื่อให้โรงสีข้าวทุกแห่งทั่วประเทศมีผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่มีค่าใช้จ่ายลดลง มีความ

สามารถที่จะดูแลตัวเองในการป้องกันมลพิษและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ประชาชนและผู้บริโภคมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ลดภาระและงบประมาณของภาครัฐในการติดตามตรวจสอบ และลดต้นทุนทางเศรษฐกิจในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของประเทศลงได้

1.2 ขอบเขต

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าวฉบับนี้ จัดทำขึ้นภายใต้ขอบเขตโรงงานลำดับที่ 9 (1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการสี ฝัด หรือขัดข้าว ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

1.3 นิยาม

1.3.1 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมกัน

1.3.2 หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง แนวทางการปฏิบัติตามหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับโรงงานในรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด ประกอบด้วย (1) ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และ (2) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

- **ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor)** หมายถึง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร หรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น/ระบายออก โดยเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- **วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option)** หมายถึง แนวทางหรือวิธีการปรับปรุงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

1.4 คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

ประธานกรรมการ

นายโกศล ไกรงษ์

รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

รองประธานกรรมการ

นายชัยสิทธิ์ พงศ์มรกต

ผู้อำนวยการสำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

กรรมการ

นางบุษรา จันท์แก้วมณี

กรมวิชาการเกษตร

นายณภดล สฤทธิสุข

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

นางสาวจิระภาพร ไหลมา

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน

นายวัฒนา รัตนวงศ์

สมาคมโรงสีข้าวไทย

ผศ.ดร.สุวรรณ หอมหวล

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

นายพิเชษฐ โตนิติวงศ์

โรงสีศิริกัญญา

นายสรายุทธ มณีอินทร์

โรงสีโชคอนันต์ธัญญา

นายไพโรจน์ จำปาเงิน

บริษัท ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน)

นายวันชัย อนุพัฒน์วิน

สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

กรรมการและเลขานุการ

นางสุกัญญา บรรณเกสัช

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวเบญจพร ศิริพรหมโชติ

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

คณะทำงาน

นายสมชาติ สติยสุขเสนาะ

รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

นายวันชัย อนุพัฒน์วิน

สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

นางสุกัญญา บรรณเกสัช

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

นายณรงค์ บัวบาน

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

นายมนตรี โทมัส

สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

นายสมพล จรัสรัตน์

สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

นายวีรพงษ์ เอี่ยมเจริญชัย

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

นางสาวแคทลียา คงสุภาพศิริ

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

นางสาวเบญจพร ศิริพรหมโชติ

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

2. ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

**“ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต เป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยในการประเมินโอกาส
การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต
เพื่อลดต้นทุน และลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดของโรงสีข้าว”**

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว ประกอบด้วย 5 ปัจจัย ดังนี้

- 2.1) เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน
- 2.2) ปริมาณการใช้พลังงาน
- 2.3) ปริมาณการใช้น้ำ
- 2.4) ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)
- 2.5) ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตที่นำเสนอ* มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นให้ผู้บริหารโรงสีข้าวเห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมของแต่ละโรงงาน มิได้มีเจตนาให้นำข้อมูลของโรงสีข้าวแต่ละแห่งมาเปรียบเทียบกัน เนื่องจากโรงสีข้าวแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันในด้านเทคโนโลยีการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ คุณภาพวัตถุดิบที่นำมาสีข้าว คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ลักษณะการใช้พลังงาน และอัตราการผลิต

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตอุตสาหกรรมโรงสีข้าวแบ่งย่อยตามความแตกต่างของกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกเป็น 4 กลุ่มคือ ข้าวเหนียว ข้าวหอมมะลิ ข้าวขาว และข้าวหนึ่ง แสดงดังตารางที่ บ-1 โดยค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต ด้านเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน พบว่า ปริมาณข้าวรวมที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันแต่ปริมาณข้าวตันแตกต่างกัน เนื่องจาก การจัดการกระบวนการผลิต อาทิ โรงสีข้าวที่แยกเครื่องกะเทาะข้าวกลับจะมีปริมาณข้าวตันสูงกว่า นอกจากนี้การปรับตั้งและการดูแลรักษาเครื่องจักรมีผลต่อปริมาณข้าวตันเช่นเดียวกัน อาทิ การปรับให้มีความแรงดันในห้องกะเทาะข้าวเปลือกสูง ความเร็วรอบของเครื่องขัดขาวที่ไม่เหมาะสมกับชนิดของข้าว และขาดความสม่ำเสมอของวัตถุดิบที่เข้าเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการ เป็นต้น ในส่วนของการใช้ไฟฟ้า พบว่า การใช้พลังงานรวมจะมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงชนิดเดียว สาเหตุหลักเกิดจากอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานจากเชื้อเพลิงกลบเป็นพลังงานกลมีประสิทธิภาพต่ำ พลังงานกลที่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์น้อยกว่าความสามารถจริง และเชื้อเพลิงกลบมีราคาเพิ่มสูงตามความต้องการของตลาด

ด้านปริมาณการใช้น้ำ พบว่า โรงสีข้าวหนึ่งมีปริมาณการใช้น้ำที่แตกต่างกัน สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากอัตราส่วนน้ำที่ใช้แช่ข้าวไม่เหมาะสมกับปริมาณข้าวเปลือก ตลอดจนขาดการดูแลรักษา และตรวจสอบการรั่วซึมของถังแช่และอุปกรณ์ต่างๆ ส่วนด้านภาระความสกปรกของน้ำเสีย พบว่า โรงสีข้าวหนึ่งที่มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนการแช่ข้าวต่ำ จะมีค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย

หมายเหตุ : * ได้จากการสำรวจโรงสีข้าวนำร่อง 11 โรงงาน

สูงกว่า และสำหรับด้านปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ พบว่า โรงสีข้าวบางแห่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากกระบวนการรวมเถ้าลอยจากก๊าซเสีย และการเผาไหม้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ ยังมีประสิทธิภาพต่ำ อนึ่ง จากการพิจารณาค่าปัจจัยหลักๆ ดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงโอกาสที่โรงสีข้าวจะปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น โดยอาจนำแนวทางเลือกหรือวิธีการ ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 3 ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับโรงงานของตนต่อไป

ตารางที่ บ-1 ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

ปัจจัยหลักที่ บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต	หน่วยวัด	โรงสีข้าว				
		ข้าวเหนียว	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวขาว	ข้าวหนึ่ง	
1) เเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน						
- ข้าวรวม	เปอร์เซ็นต์	64.5 – 64.6	64.1 – 67.7	65.0 – 65.7	68.2 – 69.9	
- ข้าวตัน	เปอร์เซ็นต์	44.2 – 51.8	37.6 – 52.6	46.3 – 56.9	59.0 – 62.2	
2) ปริมาณการใช้พลังงาน						
2.1) กระบวนการสีข้าว						
	2.1.1) พลังงานไฟฟ้า					
	- พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวรวม	47.4 – 58.7	32.3 – 52.5	38.5	40.1
		กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าว*	30.6 – 37.9	21.9 – 39.0	25.2	27.4
	ค่าใช้จ่าย	บาท/ตันข้าวรวม	137 – 165	91 – 161	95	104
		บาท/ตันข้าว*	88 – 107	62 – 109	62	71
	2.1.2) พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ					
	- พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวรวม		20.22	11.92 – 20.64	16.91
		กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าว*		12.95	7.77 – 13.57	11.85
- เชื้อเพลิงแกลบ	ตันแกลบ/ตันข้าวรวม		0.22	0.25 – 0.28	0.17	
	ตันแกลบ/ตันข้าว*		0.14	0.17 – 0.19	0.12	
ค่าใช้จ่ายรวม	บาท/ตันข้าวรวม		202	183 – 229	167	
	บาท/ตันข้าว*		130	119 – 151	117	
2.2) กระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก						
	2.2.1) พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ					
	- พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าว**				2.85 – 10.1
	- เชื้อเพลิงแกลบ	ตันแกลบ/ตันข้าว**				0.072 – 0.09
	ค่าใช้จ่ายรวม	บาท/ตันข้าว**				64 – 69
3) ปริมาณการใช้น้ำ		ลบ.ม./ตันข้าว**				0.70 – 1.08
4) ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)		กก.บีโอดี/ตันข้าว**				0.43 – 0.52
5) ฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ						
- ปริมาณฝุ่น	กก.ฝุ่น/ตันแกลบ			4.97		19.82
- ความทึบแสง	เปอร์เซ็นต์			8.69		32.99

หมายเหตุ: - ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าอ้างอิงจากราคาไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าแต่ละโรงสีข้าว
- ค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงแกลบอ้างอิงจากราคา 600 บาทต่อตันแกลบ
- ได้จากการสำรวจโรงสีข้าวนำร่อง 11 โรงงาน
- หน่วย * หน่วยต่อตันข้าวเปลือก ** หน่วยต่อตันข้าวเปลือกนึ่ง

3. วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

แนวทางหรือวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว มีหลากหลายวิธี อาทิ การปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการผลิต การปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีที่ใช้ เป็นต้น หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอวิธีการต่างๆ ให้โรงสีข้าวพิจารณาและนำไปปฏิบัติ เพื่อให้สามารถพัฒนาปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่ดีขึ้น

ประเด็นวิธีการที่นำเสนอแบ่งได้เป็น วิธีการปรับปรุงการทำงานโดยไม่มีการลงทุนและวิธีที่ต้องใช้เงินลงทุน โรงสีข้าวแต่ละแห่งย่อมมีความพร้อมและความเหมาะสมในแต่ละวิธีที่ต่างกัน ดังนั้นโรงสีข้าวควรพิจารณาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนโดยละเอียดก่อนการนำไปปฏิบัติใช้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ บ-2

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%แคะแรม	การใช้พลังงาน	การใช้น้ำ*	BOD Loading*	ฝุ่นระคายเคือง*
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	1.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก										
	1.1.1 จัดให้มีการทำความสะอาดตะแกรงเป็นประจำ	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.2 ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.3 ปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.4 ควบคุมความเร็วลมหน้ากรจะจอกให้มีค่าระหว่าง 1.5-2.5 เมตร/วินาที	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.5 จัดให้มีแม่เหล็กดูดเศษตะปู/เศษเหล็กบริเวณเครื่องจักรต่าง ๆ		●			✓	✓				
	1.2 การกะเทาะข้าวเปลือก										
	1.2.1 ควบคุมอัตราการกะเทาะข้าวเปลือกที่ 80-90%	●				✓		✓			
	1.2.2 พักลูกยางกะเทาะเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง	●				✓		✓			
	1.2.3 สับเปลี่ยนลูกยางหมุนเร็วและหมุนช้า	●				✓		✓			
	1.2.4 ควบคุมการไหลของข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะให้คงที่	●				✓		✓			
	1.2.5 จัดให้มีการบันทึกการใช้ลูกยางกะเทาะ	●				✓					
	1.2.6 แยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ		●			✓		✓			
	1.2.7 ปรับความเร็วรอบลูกยางกะเทาะให้เหมาะสม		●			✓		✓			
	1.2.8 เลือกใช้ลูกยางที่มีความแข็งประมาณ 90-95 ชอร์ ¹		●			✓		✓			
	1.2.9 คัดแยกขนาดข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะ				●	✓		✓			

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้ไฟฟ้า*	BOD Loading*	ผู้เฝ้าระวัง*
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	1.3 การแยกแกลบ										
	1.3.1 ปรับความเร็วลมหน้าตู่สีฟัดให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓			
	1.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู่สีฟัด		●			✓	✓				
	1.3.3 จัดให้มีแผ่นชะลอการไหลของข้าวผ่านหน้าตู่สีฟัด		●			✓	✓				
	1.3.4 ใช้เครื่องแยกแกลบบระบบปิดแทนการใช้ตู่สีฟัด				●	✓	✓	✓			
	1.4 การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้าง										
	1.4.1 ปรับตั้งเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้างให้เหมาะสม	●				✓					
	1.4.2 เพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้างเป็น 2 ครั้ง			●		✓					
	1.5 การขัดขาว										
	1.5.1 วางแผนการขัดขาวให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓			
	1.5.2 จัดให้มีการตรวจสอบร้อยละเป็นประจำ	●				✓	✓				
	1.5.3 รักษาอุณหภูมิของข้าวให้อยู่ในระดับปลอดภัย		●			✓	✓				
	1.5.4 ควบคุมการไหลของข้าวให้สม่ำเสมอและไม่ขาดช่วง		●			✓	✓	✓			
	1.5.5 ปรับความเร็วผิวลูกหินขัดให้มีความเหมาะสมโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ				●	✓	✓	✓			
	1.5.6 คัดแยกปลายข้าวก่อนการขัด				●	✓	✓				

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ขาดทุน	%ขาดรวม	การใช้พลังงาน	การใช้น้ำ*	BOD Loading*	ผู้ระบายมลพิษ*
2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ							✓			
	2.1.1 จัดทำรายงานแสดงเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า	●						✓			
	2.1.2 หลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด	●						✓			
	2.1.3 จัดลำดับและช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร	●						✓			
	2.1.4 จัดทำบัญชีการใช้ไฟฟ้า	●						✓			
	2.1.5 การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด		●					✓			
	2.1.6 การเริ่มเดินมอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่แบบ สตาร์-เดลตา		●					✓			
	2.1.7 ตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง		●					✓			
	2.1.8 การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU			●				✓			
	2.1.9 การเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง				●			✓			
	2.1.10 การเลือกใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดเหมาะสม				●			✓			
	2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ										
	2.2.1 บำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมอ	●						✓			✓
	2.2.2 ปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม	●						✓			✓
	2.2.3 ปิดช่องอากาศด้านข้าง (หูช้าง) ขณะเชื้อไฟ	●						✓			✓
	2.2.4 เดินเครื่องหม้อไอน้ำอย่างต่อเนื่อง	●						✓			✓
	2.2.5 ควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำให้คงที่	●						✓			✓

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้น้ำ*	BOD Loading*	ผู้ระบายจากปล่อย*
2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ										
	2.2.6 นำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ			●				✓			
	2.2.7 ปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบ				●			✓			✓
	2.2.8 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ				●	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	3.1 การใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก										
	3.1.1 ตรวจรอยรั่วหรือการชำรุดของท่อน้ำและถังแช่และนึ่งอยู่เสมอ	●							✓	✓	
	3.1.2 ใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต	●							✓	✓	
	3.1.3 ฝึกอบรมพนักงานด้านการประหยัดน้ำใช้	●							✓	✓	
	3.1.4 จัดให้มีวาล์วปิด-เปิดน้ำบริเวณปลายสายยาง		●						✓	✓	
	3.1.5 ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำใช้และจดบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ		●						✓	✓	
	3.2 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมแกลบจากเตาเผาหม้อไอน้ำ										
	3.2.1 ใช้น้ำสำหรับรวบรวมแกลบร่วมกับน้ำดับจับเถ้าลอย			●				✓	✓		
4. การจัดการน้ำเสีย	4.1 การจัดการน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว										
	4.1.1 ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนเข้าถังแช่และนึ่งข้าว	●								✓	
	4.1.2 ตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ		●						✓		
	4.1.3 จัดสภาพการระบายน้ำเสียที่เกิดจากการแช่และนึ่งข้าวอย่างเป็นระบบ		●						✓	✓	
	4.2 การจัดการน้ำเสียจากการใช้งานเครื่องจักรไอน้ำ ²		●		●			✓	✓	✓	

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้ไฟฟ้า*	BOD Loading*	ฝุ่นระบายจากปล่อง*
4. การจัดการน้ำเสีย	4.3 การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย ²		●		●					✓	
5. การจัดการฝุ่นละออง	5.1 การจัดการฝุ่นละอองจากกระบวนการสีข้าว										
	5.1.1 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงทำความสะอาด										
	5.1.1.1 เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบความเร็วลมหน้ากระจอก ³	●				✓	✓				
	5.1.1.2 กำหนดแผนการซ่อมบำรุงตามความเหมาะสม ³	●						✓			
	5.1.1.3 เพิ่มความถี่ในการดูแลแผ่นตะแกรงบนและล่าง ³	●				✓	✓				
	5.1.1.4 เลือกใช้ขนาดรูตะแกรงบนและล่างให้เหมาะสม ³	●				✓	✓				
	5.1.1.5 ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา ³	●				✓	✓				
	5.1.1.6 ลดขนาดท่อลมกรณีท่อลมเกิดการอุดตันบ่อย ³		●								
	5.1.1.7 ปรับปรุงตะแกรงเป็นระบบปิด ^{2,3}			●	●	✓	✓				
	5.1.1.8 จัดให้มีอุปกรณ์ดักฝุ่นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม ^{2,3}			●	●						
	5.1.1.9 ทำความสะอาดข้าวเปลือกอย่างน้อย 2 ครั้ง ³				●			✓			
	5.1.2 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณคัดแยกแกลบ										
	5.1.2.1 ตรวจสอบการอุดตันของแผ่นตะแกรงทุกสัปดาห์ ³	●				✓	✓				
	5.1.2.2 ติดแผ่นซิกแซก หรือแผ่นกันลดความเร็วข้าวแกลบก่อนลงตะแกรง ³		●			✓					
	5.1.2.3 ลดระยะห่างระหว่างท่อส่งข้าวแกลบและตะแกรงเหวี่ยง ³		●			✓					
	5.1.2.4 ใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีฝัด ³				●	✓	✓	✓			

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ขาดตัน	%รวม	นางงผล/ใช้ระบบ	%ใช้ระบบ	BOD Loading*	ฝุ่น/เปลี่ยนแปลงระบบ
5. การจัดการฝุ่นละออง	5.1.3 การจัดวางเครื่องจักรเพื่อลดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง										
	5.1.3.1 จัดวางเครื่องจักรแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนผลิตข้าวกล้องและส่วนการขัดขาว ³				●						
	5.2 การจัดการฝุ่นละอองจากลานตาก										
	5.2.1 ลดความเร็วของรถเกลี่ยข้าว ³	●				✓	✓				
	5.2.2 ติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นขนาดเล็กไว้กับรถเกลี่ยและรถกวาดข้าวเปลือก ³			●							
	5.2.3 ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นโอ๊กอินเดีย และต้นสน เป็นต้น ³			●							
	5.3 การจัดการฝุ่นละอองจากกองแกลบ										
	5.3.1 ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นโอ๊กอินเดีย และต้นสน เป็นต้น ³			●							
	5.3.2 อาคารเก็บแกลบต้องปิดมิดชิด โดยเปิดช่องระบายลมออกความเร็วไม่เกิน 0.8 เมตร/วินาที หรือติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีฟัด ³				●						
	5.4 การจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ										
	5.4.1 ปรับปรุงระบบบำบัดหรือระบบรวบรวมแก๊สลอยให้มีประสิทธิภาพ				●						✓
	5.4.2 ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ ²	●		●	●			✓			✓

หมายเหตุ: - เงินลงทุน ต่ำ (ค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 10,000 บาท) ปานกลาง (ค่าใช้จ่ายประมาณ 10,000-100,000 บาท) สูง (ค่าใช้จ่ายมากกว่า 100,000 บาท)

¹ ชอร์ (Shore) เป็นหน่วยวัดค่าความแข็งของยาง มีค่าตั้งแต่ 0-100 วัสดุที่มีความแข็งมาก จะมีค่าชอร์สูง

² เงินลงทุนที่ใช้ ขึ้นกับวิธีการปรับปรุงที่โรงสีข้าวเลือกใช้

³ เป็นการลดปริมาณฝุ่นละอองฟุ้งกระจายภายในบริเวณโรงสีข้าวและบริเวณใกล้เคียง

จากผลการศึกษาโรงสีข้าวนาร่อง สามารถแสดงตัวอย่างแนวทางการแก้ปัญหาและการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ได้ดังตารางที่ บ-3 ตัวอย่างที่นำเสนอเป็นเพียงตัวอย่างบางส่วนที่สามารถดำเนินการได้ทันที หรือมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 2 ปี การพิจารณานำแต่ละวิธีไปปฏิบัติใช้ แต่ละโรงงานย่อมมีความเหมาะสมและความพร้อมในแต่ละวิธีที่ต่างกัน ดังนั้น ผลลัพธ์ในรูปของค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ และระยะเวลาคืนทุนจึงอาจแตกต่างกัน

ตารางที่ บ-3 ตัวอย่างเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายที่ ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)
1. การพักลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก ^(1.2.2)	ไม่มี	242,845	ทันทีที่ปฏิบัติ
2. การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ ^(1.2.6)	8,000	19,200	5 เดือน
3. การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สี ^(1.3.2)	10,000	60,000	2 เดือน
4. การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง ^(1.4.2)	150,000	135,600	1.1
5. การจัดลำดับและช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร ^(2.1.3)	ไม่มี	97,281	ทันทีที่ปฏิบัติ
6. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตราตามช่วงเวลา การใช้งาน TOU ^(2.1.8)	20,000	85,068	3 เดือน
7. การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ^(2.2.6)	80,000	86,400	0.93
8. การปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบ ^(2.2.7)	200,000	128,520	1.6
9. การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ ^(2.2.8)	615,000	490,174	1.25
10. การใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อ ประสิทธิภาพการผลิต ^(3.1.2)	ไม่มี	27,077	ทันทีที่ปฏิบัติ
11. การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมแกลบรวมกับการใช้น้ำดับจับแกลล่อย ^(3.2.1)	10,000	466,800	0.26 เดือน

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บอ้างอิงจากตารางที่ บ-2

ซึ่งวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้ แต่ละวิธีจะประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐาน ข้อเสนอแนะ ตัวอย่างการคำนวณและประโยชน์ที่ได้รับ

3.1 การพักลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง

ข้อมูลพื้นฐาน

ปัจจุบันโรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมเดินเครื่องกะเทาะเปลือกแบบต่อเนื่อง การหยุดเดินเครื่องจะเกิดขึ้นเฉพาะเมื่อต้องการเปลี่ยนลูกยาง ปัญหาที่พบ คือ ลูกยางกะเทาะมีอุณหภูมิที่ผิวสูง ทำให้เกิดการอ่อนตัวจากความร้อนที่สะสมภายในห้องกะเทาะและทำให้อัตราการกะเทาะลดลง ผู้ดูแลจึงนิยมปรับลดระยะห่างลูกยาง เพื่อเพิ่มแรงดันระหว่างลูกยางให้สูงขึ้นและให้อัตราการกะเทาะเท่าเดิม ส่งผลให้อัตราการสึกหรอลูกยางเร็วขึ้น และข้าวเกิดการแตกร้าวเนื่องจากความเครียดและความเค้นบริเวณผิวเมล็ดจากการสัมผัสกับความร้อนของผิวลูกยาง

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการปฏิบัติสำหรับปัญหาดังกล่าวมีหลายวิธี อาทิ ติดตั้งระบบระบายความร้อน ติดตั้งระบบทำความเย็น และการพักลูกยางกะเทาะ เป็นต้น การพักลูกยางกะเทาะหรือการพักหน้ายาง เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน มีวิธีการทำงาน คือ หยุดป้อนข้าวเข้าเครื่องและแยกลูกยางให้ห่างจากกัน โดยไม่ต้องหยุดเดินเครื่อง ใช้เวลาในการพักลูกยางประมาณ 5-10 นาที สำหรับการทำงานอย่างต่อเนื่องทุก 2-4 ชั่วโมง เพื่อระบายความร้อนผิวยางกะเทาะจนมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส และสลับลูกยางกะเทาะเมื่อพบว่าลูกยางกะเทาะ “ลูกเร็ว” มีความหนาของหน้ายางน้อยกว่าลูกยางกะเทาะ “ลูกช้า” ผลการปรับปรุงสามารถทำให้ข้าวหักลดลงและช่วยประหยัดลูกยางให้มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นรวมทั้งสามารถลดการใช้ไฟฟ้าจากการลดแรงดันในห้องกะเทาะได้ด้วย

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการพักลูกยางกะเทาะ สามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ

- 1) แบบไม่ใช้เงินลงทุน เป็นการพักลูกยางกะเทาะโดยใช้ผู้ควบคุมในการหยุดพัก
- 2) แบบใช้เงินลงทุน มีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงาน เช่น ติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลาทำงาน หรือติดตั้งอุปกรณ์วัดคุม ค่าใช้จ่ายจะขึ้นกับความซับซ้อนของระบบ และแบบที่มีการติดตั้งอุปกรณ์วัดคุม วิธีนี้เหมาะสำหรับโรงสีข้าวที่เริ่มกิจการใหม่และคิดรวมอยู่ในมูลค่าของโครงการแล้วจะให้ผลคืนทุนที่เร็ว

ตัวอย่างกรณีศึกษาที่จะแสดงได้จากโรงสีข้าวনার่องที่ใช้วิธีการพักลูกยางกะเทาะแบบไม่ใช้เงินลงทุน

ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการพักลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่เพิ่มขึ้นและการใช้ลูกยางกะเทาะที่ลดลง ซึ่งแสดงตัวอย่างได้ ดังนี้

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกใช้งาน จำนวน 8 เครื่อง

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี
- อัตราการป้อนข้าวเปลือก 2,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อเครื่อง
- ราคาต่างของข้าวต้น-ข้าวหัก 4 บาทต่อกิโลกรัม
- ราคาลูกลูกยางกะเทาะ 550 บาทต่อลูก
- อายุการใช้งานลูกลูกยางเฉลี่ย 100 ตันต่อลูก
- ข้าวหักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.05 %ของกำลังการผลิต
(เมื่อลูกลูกยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส)
- ราคาพลังงานไฟฟ้า 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- กำลังไฟฟ้าที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า 1.12 กิโลวัตต์/เครื่อง
(ระยะเวลาที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า 5.3 ชั่วโมง/วัน พักลูกยาง 5 นาที ทุกๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 8 เครื่อง)
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า 4,155 บาท/ปี

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ไม่มี

≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

- จำนวนลูกลูกยางที่ใช้ 4 ลูกต่อวัน
- ปริมาณข้าวหักลดลงหลังการปรับปรุง 0.05 %ของกำลังการผลิต
- อายุการใช้งานลูกลูกยางเพิ่มขึ้น 10 %

มูลค่าที่ประหยัดได้

มูลค่าของราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก 192,000 บาทต่อปี
(กำลังการผลิตรวม x %ข้าวหักลดลง x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี x ราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก)

มูลค่าลูกลูกยางที่ประหยัดได้ 55,000 บาทต่อปี
(จำนวนลูกลูกยางที่ใช้ x %อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น x 250 วันต่อปี x ราคาลูกลูกยาง)

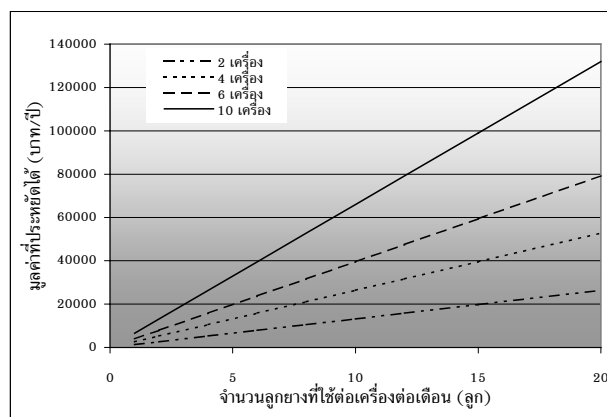
คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้รวม 242,845 บาทต่อปี

(มูลค่าของราคาต่างข้าวต้นและข้าวหัก + มูลค่าลูกลูกยางที่ประหยัดได้ - ค่าใช้จ่ายจากการเดินเครื่องเปล่า)

≡ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)

ทันทีที่ปฏิบัติ

สำหรับโรงสีข้าวอื่นที่มีจำนวนเครื่องกะเทาะและจำนวนลูกลูกยางที่ใช้แตกต่างจากตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น สามารถประมาณมูลค่าที่ประหยัดได้ (คำนวณราคาลูกลูกยาง 550 บาทต่อลูก) ดังรูปที่ บ-1



รูปที่ บ-1 ผลการประหยัดเทียบกับจำนวนลูกลูกยางที่ใช้งานต่อเดือน

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดของเสียที่เกิดจากลูกลูกยางกะเทาะ

3.2 การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ

ข้อมูลพื้นฐาน

การทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก โดยทั่วไปโรงสีข้าวจะควบคุมอัตราการกะเทาะเปลือกออกอยู่ในช่วง 80-90% ข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะเปลือกหรือถูกกะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ในครั้งที่ 1 (ข้าวเปลือกขนาดผอมกว่าข้าวเปลือกส่วนใหญ่) จะถูกนำกลับมากะเทาะซ้ำ เรียกว่า ข้าวกลับ การนำข้าวกลับมาทำการกะเทาะซ้ำโดยรวมเข้ากับข้าวเปลือก มักก่อให้เกิดปัญหาต่อการปรับแต่งเครื่อง ผู้ดูแลเครื่องนิยมแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการปรับลดระยะห่างของลูกยางกะเทาะ ส่งผลให้ข้าวเปลือกถูกบีบและเกิดการแตกหัก

ข้อเสนอแนะ

การคัดขนาดข้าวเปลือกก่อนทำการกะเทาะ นับเป็นหลักการหนึ่งที่สามารถลดการแตกหักของข้าวจากการกะเทาะเปลือกได้ดีที่สุด แต่โรงสีข้าวส่วนใหญ่ไม่นิยมนำมาปฏิบัติใช้ เนื่องจากมีความยุ่งยากและต้องปรับปรุงเครื่องจักรบางส่วน ดังนั้น การคัดแยกขนาดข้าวก่อนการกะเทาะที่นิยมปฏิบัติ สามารถดำเนินการได้โดยง่ายและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ คือการแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับออกจากกัน การแยกเครื่องกะเทาะข้าวกลับที่มีขนาดผอมกว่าข้าวเปลือก จะช่วยให้ผู้ดูแลเครื่องสามารถปรับลดระยะห่างของลูกยางกะเทาะได้โดยไม่ส่งผลต่อข้าวเปลือกที่มีขนาดอ้วนกว่า ช่วยลดการแตกหักของข้าว รวมทั้งส่งผลดีในทางอ้อมต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะข้าวกลับ เนื่องจากแรงดันระหว่างลูกยางที่ใช้จะลดลงมากกว่าการกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับร่วมกัน (ในกรณีที่ผู้ควบคุมต้องการให้มีอัตราการกะเทาะสูงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์)

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ โรงสีข้าวแต่ละแห่งมีความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแตกต่างกัน แบ่งได้ 2 ส่วน คือ

- ความเพียงพอของเครื่องกะเทาะ
- ถังพักแยกข้าวเปลือกและข้าวกลับ
- ระบบลำเลียงข้าว

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนสำหรับโรงสีข้าวนาร่อง ได้พิจารณาจากระบบและขั้นตอนที่มีอยู่เดิม โดยใช้เฉพาะเครื่องกะเทาะสำรองหรือเครื่องที่เดินไม่เต็มพิกัดให้ทำหน้าที่กะเทาะข้าวกลับ ระบบลำเลียงที่มีอยู่เดิมมีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อย จึงไม่คิดเป็นค่าใช้จ่าย ดังนั้น จึงมีค่าใช้จ่ายจากการปรับปรุงเฉพาะถังพักข้าวเปลือกเป็นสำคัญ

ประโยชน์ด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่เพิ่มขึ้นภายหลังการปรับปรุง ซึ่งแสดงตัวอย่างได้ดังนี้

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกใช้งานจำนวน 2 เครื่อง และสำรอง 1 เครื่อง ข้าวเปลือกและข้าวกลับจะถูกป้อนเข้าถึงพักใบเดียวกันก่อนการกะเทาะ

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

■ ระยะเวลาการเดินเครื่อง	24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
■ อัตราการป้อนข้าวเปลือก	4,000	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
■ อัตราการกะเทาะ	80	เปอร์เซ็นต์
■ ราคาข้าว	ข้าวตัน 14 บาทต่อกิโลกรัม	
	ข้าวหัก 10 บาทต่อกิโลกรัม	

กรณีโรงสีข้าวทำการแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับออกจากกัน โดยการแยกเครื่องกะเทาะจำนวน 1 เครื่อง ทำหน้าที่กะเทาะเฉพาะข้าวกลับ และปรับปรุงถึงพักข้าวโดยทำผนังกันภายใน จะได้ว่า

≤ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	8,000	บาท
≤ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
■ ปริมาณข้าวกลับ	800	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
(อัตราการป้อนข้าวเปลือก x (1-อัตราการกะเทาะ))		
■ ปริมาณข้าวหักลดลง	0.1	เปอร์เซ็นต์ของข้าวกลับ
คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้	19,200	บาทต่อปี
(ปริมาณข้าวกลับ x เปอร์เซ็นต์ข้าวหักลดลง x ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก)		
≤ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	5	เดือน

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ♦ ลดของเสียที่เกิดจากลูกยาง เนื่องจากการลดแรงดันในห้องกะเทาะข้าว ทำให้ยืดอายุการใช้งานลูกยางและลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ♦ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

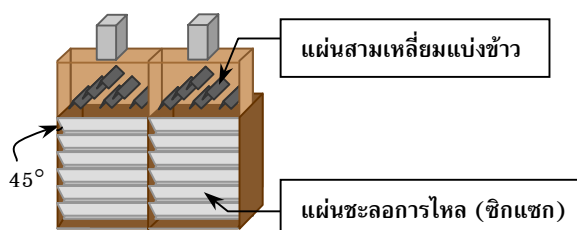
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีผัด

ข้อมูลพื้นฐาน

ตู้สีผัดเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญในกระบวนการสีข้าว ทำหน้าที่ในการแยกแกลบออกจากข้าวโดยอาศัยกระแสลม โรงสีข้าวโดยทั่วไป ให้ความสำคัญกับตู้สีผัดน้อยกว่าอุปกรณ์อื่นๆ ปัญหาที่พบคือ มีการสูญเสียข้าวไปกับแกลบ และข้าวเปลือก-ข้าวกล้องที่ผ่านตู้สีผัดยังพบว่ามีแกลบปน เนื่องจากข้าวไหลไม่เต็มพื้นที่หน้าตู้สีผัด ประกอบกับข้าวไหลผ่านหน้าตู้สีผัดเร็วเกินไป ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ซึ่งเป็นเครื่องจักรในลำดับต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพตู้สีผัดสามารถดำเนินการได้โดยวิธีการจัดการและวิธีการปรับปรุงเครื่องจักร วิธีการจัดการที่ดีจะต้องมีผู้ควบคุมที่คอยปรับแต่งการทำงานของเครื่องให้เหมาะสมอยู่เสมอ ส่วนวิธีการปรับปรุงเครื่องจักรเป็นการปรับปรุงขนาดและปริมาณลมดูดให้เหมาะสมและปรับการควบคุมการไหลของข้าวให้เต็มหน้าตู้สีผัด การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีผัด เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปปฏิบัติใช้ได้ง่ายและใช้เงินลงทุนต่ำ อุปกรณ์ที่ติดตั้งมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมวางคว่ำและเหลื่อมซ้อนกันในแต่ละแถว ภายในท่อทางไหลของแกลบก่อนเข้าหน้าตู้สีผัด มีจำนวนของสามเหลี่ยมในแต่ละแถวขึ้นกับปริมาณข้าวและพื้นที่ที่เหลื่อมสำหรับติดตั้ง ผลการปรับปรุงจะช่วยให้ควบคุมเครื่องจักรได้ง่ายขึ้นและส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการแยกแกลบ ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมเพิ่มขึ้นจากการดำเนินงาน



การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวหรือกระจายข้าวให้ไหลผ่านเต็มพื้นที่หน้าตัดตู้สีผัด คำนวณได้จากค่าอุปกรณ์หลักจากที่มีความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ติดตั้งเป็นแถว แต่ละแถวมีจำนวนสามเหลี่ยมเพิ่มแถวละ 1 เส้น โครงสร้างได้จากไม้เนื้อแข็งหรือเหล็กแผ่นทึบทั้งสี่ด้าน ยกเว้นด้านบนและด้านล่างที่ให้ข้าวไหลผ่าน โครงมีขนาดความกว้างเท่ากับความกว้างของหน้าตัดตู้สีผัด ความลึกของโครงประมาณ 6 นิ้ว และมีความสูงของโครงขึ้นกับจำนวนแถวของสามเหลี่ยมที่ต้องการติดตั้ง สำหรับกรณีนี้จะมีความสูงประมาณ 3 ฟุต สามารถคำนวณประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้ดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีผัดและทำให้ข้าวไหลเต็มพื้นที่หน้าตัดของตู้สีผัด พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมที่เพิ่มขึ้นภายหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างได้ ดังนี้

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีตู้สีฝัดจำนวน 2 เครื่อง จากการตรวจประเมิน พบว่า มีข้าวปนไปร้อยละ 0.1 ของปริมาณแกลบที่เกิดขึ้น สภาพการทำงานโดยทั่วไปของตู้สีฝัด พบว่า ข้าวไหลไม่เต็มพื้นที่หน้าตัดของตู้สีฝัด ค.2 ขาดสูญหายบางส่วน ความเร็วลมหน้าตู้สีฝัดบางจุดสูงกว่า 4.0 เมตรต่อวินาที และแผ่นซิกแซกติดตั้งไม่ครบหรือน้อยเกินไป

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี
- อัตราการป้อนข้าวเปลือก 4,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง
- ปริมาณแกลบในข้าวเปลือก 25 เปอร์เซ็นต์
- ราคาข้าวรวมเฉลี่ย 10 บาทต่อกิโลกรัม

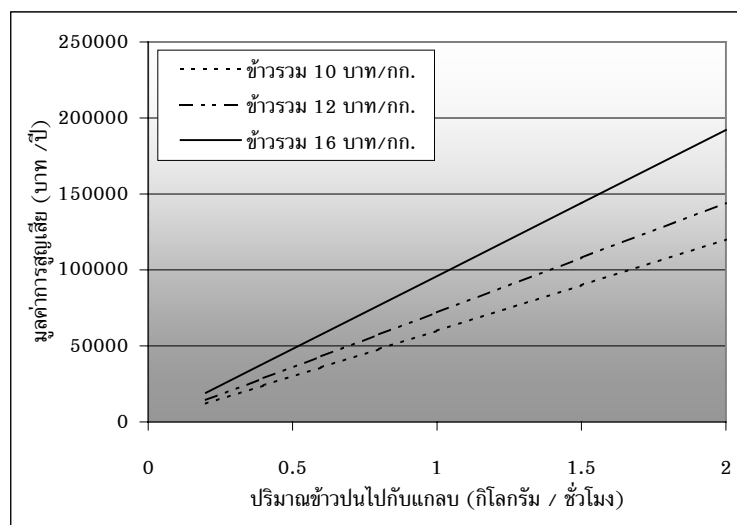
กรณีโรงสีข้าวปรับปรุงตู้สีฝัดโดยการติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีฝัดให้เต็มหน้าตู้สีฝัดและมีความหนาของข้าวสม่ำเสมอ จะได้ว่า

≈ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ) 10,000 บาท
(อุปกรณ์แบ่งข้าว)

≈ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 60,000 บาทต่อปี
(กำลังการผลิต x % แกลบ x % ข้าวที่ปนไปกับแกลบ x มูลค่าของข้าว)

≈ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ) 2 เดือน
(เงินลงทุน ÷ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้)

เนื่องจากราคาและปริมาณข้าวที่ปนไปกับแกลบเป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินมูลค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้น ดังนั้น กรณีตัวแปรดังกล่าวเปลี่ยนไป สามารถสรุปมูลค่าการสูญเสียได้ดังรูปที่ บ-2



รูปที่ บ-2 มูลค่าการสูญเสียข้าวรวมที่ปนไปกับแกลบ

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นแกลบที่เกิดจากการใช้ปริมาณลมสูงกว่าปกติ
- ◆ ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นแกลบบริเวณร้านสี

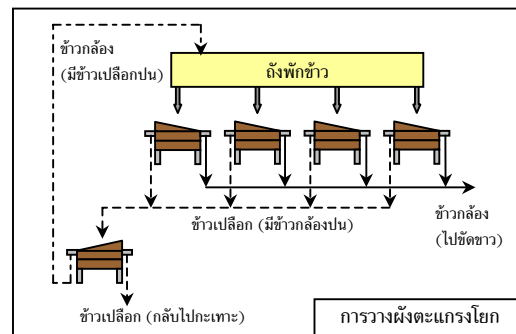
3.4 การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง

ข้อมูลพื้นฐาน

ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวของตะแกรงโยก โดยทั่วไปขึ้นกับการปรับตั้งการทำงานของเครื่อง อาทิ การปรับมุมเอียงตะแกรงโยก การปรับความถี่ในการโยก เป็นต้น การปรับตั้งค่าต่างๆ ดังกล่าว ผู้ดูแลเครื่องจะควบคุมและปรับตั้งเครื่องตามชนิดพันธุ์ข้าวและอัตราการป้อนข้าวเข้าเครื่อง ทั้งนี้จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวนำร่องพบว่า ผู้ดูแลเครื่องจะควบคุมให้ได้ข้าวกล้องบริสุทธิ์ (ไม่มีข้าวเปลือกปน) ส่วนช่องออกข้าวเปลือก จะมีข้าวกล้องปนไปกะเทาะ และมีโอกาสแตกหักจากการกะเทาะซ้ำได้

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการคัดแยก 100% นอกเหนือจากการดูแลและปรับตั้งการทำงานของเครื่องแล้ว โรงสีข้าวปรับใช้ตะแกรงโยกคัดแยกเป็น 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องให้ได้ข้าวกล้องส่งไปขัดขาว ส่วนข้าวเปลือก (ที่มีข้าวกล้องปน) จะผ่านการคัดแยกครั้งที่ 2 ให้ได้ข้าวเปลือก 100% กลับไปกะเทาะ ส่วนที่เหลือจากช่องทางออกข้าวกล้องของตะแกรงโยกครั้งที่ 2 จะนำไปรวมกับการโยกในครั้งที่ 1 ดังรูป



การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับเปลี่ยนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องโดยใช้ตะแกรงโยกจำนวน 2 ชุดทำงานต่อเนื่องกัน จะต้องพิจารณาถึงความเพียงพอของตะแกรงโยก มอเตอร์ที่ใช้ และระบบลำเลียง กรณีโรงสีข้าวมีตะแกรงโยกเพียงพอสำหรับการดำเนินการ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะพิจารณาเฉพาะในส่วนระบบลำเลียงเป็นสำคัญ ส่วนโรงสีข้าวที่มีการติดตั้งตะแกรงโยกเพิ่มเติมจะใช้เงินลงทุนสูงและจำเป็นต้องคำนึงถึงสถานที่ตั้งเครื่องจักรเพิ่มเติม ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับโรงสีข้าวที่นำเสนอ เป็นการติดตั้งระบบลำเลียงเพิ่มเติม 1 ชุด ประกอบด้วย ระบบกะพ้อลำเลียง ความสูงประมาณ 10 เมตร และมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ค่าใช้จ่ายที่ปรากฏเป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และไม่คิดค่าแรงงานในการติดตั้ง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการปรับเปลี่ยนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง โดยใช้ตะแกรงโยกจำนวน 2 ชุดทำงานแบบต่อเนื่อง พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่เพิ่มขึ้น และค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นภายหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างได้ ดังนี้

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีตะแกรงโยกจำนวน 5 เครื่อง ทำการแยกข้าวกล้างออกจากข้าวเปลือกจำนวน 1 ครั้ง จากการตรวจประเมิน พบว่า มีข้าวกล้างปนไปกับข้าวเปลือก ประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งจะผ่านไปยังเครื่องกะเทาะอีกครั้ง และเมื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวเทียบกับกรณีการกะเทาะข้าวเปลือกล้วนที่สภาวะเดียวกันแล้ว พบว่า กรณีที่มีข้าวกล้างปนไปกะเทาะจะเกิดข้าวหักเพิ่มขึ้นอีก 0.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวกล้างที่กลับไปกะเทาะ

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

■ ระยะเวลาการเดินเครื่อง	24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
■ ปริมาณข้าวกล้างกลับไปกะเทาะซ้ำ	1,200	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
■ ราคาข้าว ข้าวตัน	14	บาทต่อกิโลกรัม
■ ข้าวหัก	10	บาทต่อกิโลกรัม
■ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อน	0.5	กิโลวัตต์
■ ราคาไฟฟ้าเฉลี่ย	2.8	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง
■ การแตกหักของข้าวจากการกะเทาะซ้ำ	0.5	เปอร์เซ็นต์

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้าง โดยใช้ตะแกรงโยกจำนวน 2 ชุดทำงานแบบต่อเนื่อง จะได้ว่า ข้าวตันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

≈ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	150,000	บาท
(เฉพาะการปรับระบบกะเทาะซ้ำ)		
≈ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
มูลค่าข้าวที่ได้กลับคืน	144,000	บาทต่อปี
(ปริมาณข้าวกล้างกลับไปกะเทาะซ้ำ x %โอกาสข้าวหัก x ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก)		
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น	8,400	บาทต่อปี
(กำลังไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า x ระยะเวลาทำงาน 24 ชม./วัน, 250 วัน/ปี)		
มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิ	135,600	บาทต่อปี
(มูลค่าข้าวที่ได้กลับคืน - ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น)		
≈ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	1.1	ปี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะข้าวกล้างซ้ำ
- ◆ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตะแกรงโยก เนื่องจากภาระการทำงานของตะแกรงโยกลดลง
- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

3.5 การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเดินเครื่องจักร

ข้อมูลพื้นฐาน

กำลังไฟฟ้าสูงสุดนับเป็นปัจจัยที่สำคัญของโรงสีข้าว การลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดย่อมส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าโดยรวม สามารถขยายหรือติดตั้งอุปกรณ์โดยอาจไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมหรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้มีความสามารถสูงขึ้น ทำให้โรงสีข้าวมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิตลดลง การจัดการการลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ การหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลา 15 นาที จัดการย้ายช่วงเวลาการเดินเครื่องจักรที่ไม่ต้องการงานเร่งด่วนไปอยู่นอกช่วงเวลาที่มีการผลิตสูงสุด หรืออาศัยอุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์เพื่อช่วยปรับลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักรเป็นแนวทางที่โรงสีข้าวสามารถปฏิบัติได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการปรับปรุงเครื่องจักร ทำให้โรงสีข้าวสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบภาระให้สูงขึ้นเทียบเท่าค่าที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นกับระยะเวลาการทำงานต่อวัน ดังนี้

ระยะเวลาการทำงาน (ชั่วโมง/วัน)	ตัวประกอบภาระที่เหมาะสม (%)*
24 ชั่วโมง	80
16 ชั่วโมง	53.33
10 ชั่วโมง	33.33
8 ชั่วโมง	26.67

$$* \text{ตัวประกอบภาระที่เหมาะสม} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน}}{(\text{ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด} \times \text{จำนวนชั่วโมงทำงานต่อวัน})}$$

โรงสีข้าวควรจัดทำบัญชีเครื่องจักรและแบ่งกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มกะป้อ กลุ่มเครื่องกะเทาะ กลุ่มเครื่องขัดขาว กลุ่มตะแกรง และกลุ่มพัดลม จากนั้นพิจารณาลำดับความสำคัญของการเริ่มเดินเครื่องจักร โดยพิจารณาควบคู่ระหว่างลำดับการสีข้าวและพิกัดติดตั้งรวม ในกลุ่มย่อยนั้นๆ เช่น กลุ่มกะป้อ ควรเริ่มเดินเครื่องจักรก่อนเพื่อป้อนข้าวเข้าร้านสี และเดินเครื่องจักรที่มีพิกัดติดตั้งรวมสูงสุดเป็นกลุ่มสุดท้าย ทั้งนี้เว้นช่วงเวลาให้เริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างกลุ่มห่างกันอย่างน้อย 15 นาที ส่วนเครื่องจักรภายในกลุ่มเดียวกันให้หน่วงเวลาประมาณ 15 วินาที

การคำนวณค่าใช้จ่าย

แนวทางการจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักรเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นแนวทางที่สามารถดำเนินการได้โดยผู้ควบคุมเครื่องจักรทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่อง โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมภาระการทำงานตอนเริ่มเดินเครื่อง (มีราคาขึ้นกับจำนวนวงจรที่ต้องการควบคุมและขนาดพิกัดรวมของวงจรไฟฟ้า) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจะได้อาจจากการเดินมอเตอร์เครื่องเปล่าเพื่อหน่วงเวลาให้ห่างกันกลุ่มละ 15 นาที มีรายละเอียด ได้ดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการสีข้าวเปลือก 200 ตันต่อวัน จดทะเบียนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 3.1.2 อัตราปกติ จากการตรวจสอบด้านไฟฟ้า พบว่า ที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยราย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 214 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 92,448 กิโลวัตต์-ชั่วโมง มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 60% ต้องการปรับปรุงให้ค่าสูงขึ้นถึง 80%

สมมติ	ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย		
	■ ระยะเวลาการเดินเครื่อง	24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
	■ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเดินเครื่องจักร	609.375	หน่วยต่อเดือน
	■ ราคาพลังงานไฟฟ้า	2.8	บาทต่อหน่วย
	■ ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	196.26	บาทต่อกิโลวัตต์

กรณีโรงสีข้าวปรับปรุงการจัดลำดับและช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักรเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ดังนี้

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ไม่มี		
≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้			
	คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	20,475	บาทต่อปี
	(พลังงานไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า)		
	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถลดได้	50	กิโลวัตต์ต่อเดือน
	(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด x (1-[ตัวประกอบภาระก่อน÷ตัวประกอบภาระหลังปรับปรุง]))		
	ค่าใช้จ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง	117,756	บาทต่อปี
	(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง x ราคากำลังไฟฟ้าสูงสุด)		
	มูลค่าประหยัดได้สุทธิ	97,281	บาทต่อปี
≡ ระยะเวลาคืนทุน	ทันทีที่ปฏิบัติ		

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

3.6 การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (TOU)

ข้อมูลพื้นฐาน

การปรับเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเหมาะสำหรับโรงสีข้าวที่มีระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน หรือสามารถย้ายช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรบางเครื่องไว้นอกช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูง และสามารถเดินเครื่องจักรในช่วงเวลากลางคืน นอกจากนั้นการให้บริการไฟฟ้าต้องมั่นคงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 นั่นคือ ระบบจะต้องมีไฟฟ้ากระพริบ ไฟฟาดก หรือไฟฟ้าดับต่อเดือนน้อยมาก เพราะการเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่จะมีผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายด้านกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยโรงงานที่ใช้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use) จะหลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างช่วงเวลา 9:00-22:00 น. ของแต่ละวัน กรณีที่มีปัญหาด้านไฟฟ้าที่ไม่มั่นคงดังกล่าวข้างต้นสามารถแก้ไขได้โดยติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานเมื่อไฟฟ้ากระพริบหรือไฟฟาดกไว้ที่แผงวงจรหลักก่อนจ่ายไปยังแผงควบคุมย่อยต่างๆ จะแก้ไขปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรเริ่มเดินเครื่องอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวที่ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวันมีความเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเป็นอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use หรือ TOU) ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้เนื่องจากช่วงเวลา Off-peak (ช่วงเวลา 22:00-9:00 น. และวันหยุด) มีช่วงเวลาคิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาทั้งหมดในหนึ่งเดือน และมีค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำกว่าช่วงเวลา On-Peak (ช่วงเวลา 9:00-22:00 น. ของวันจันทร์ถึงศุกร์) รวมถึงค่าใช้จ่ายสำหรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่ำกว่าอัตราปกติ

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าจะต้องศึกษาความเป็นไปได้ของผลการประหยัด จะต้องมีการควบคุมการใช้งานเครื่องจักรที่ดีพอจึงจะเกิดผล นอกจากนี้ โรงสีข้าวที่ต้องการปรับโครงสร้างค่าไฟฟ้าจะต้องอยู่ในพื้นที่ที่การไฟฟ้าสามารถให้บริการได้ จึงจะสามารถจดทะเบียนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาการใช้งาน โดยมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นสำหรับการติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าแบบ TOU เท่านั้น ส่วนบริการอื่นๆ ไม่เสียค่าใช้จ่าย และไม่ต้องมีค่าปรับปรุงระบบไฟฟ้ารวมของโครงการ (สำหรับกรณีที่โรงสีข้าวได้ติดตั้งระบบตัดวงจรไฟฟ้าอัตโนมัติอยู่แล้ว)

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งจดทะเบียนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางอัตราปกติที่แรงดัน 22 เควี (ประเภท 3.1.2) ติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าด้านแรงดันสูง โดยปกติเดินเครื่องจักร 24 ชั่วโมง จากข้อมูลใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า พบว่า มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.886 บาทต่อหน่วย มีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 196 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 62,157 หน่วย และมีกำลังการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 150 ตันต่อวัน

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ดังนี้

≤ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	20,000	บาท
(ค่าติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าระบบ TOU)		
≤ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ	2,198,808	บาทต่อปี
(ประเภทของผู้ใช้ไฟ 3.1.2)		
อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU	2,113,740	บาทต่อปี
(ประเภทของผู้ใช้ไฟ 3.2.2)		
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	85,068	บาทต่อปี
(อัตราค่าไฟฟ้าปกติ – อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU)		
≤ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	3	เดือน

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ♦ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

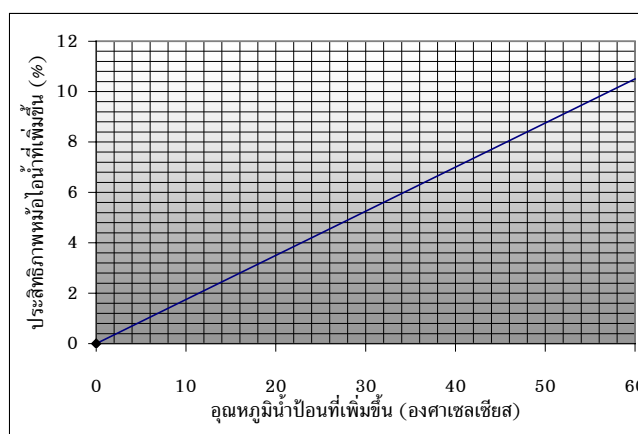
3.7 การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐาน

จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวনার่อง พบว่า หม้อไอน้ำที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า 50% จึงมีการใช้เชื้อเพลิงแก๊สค่อนข้างสูง ส่งผลต่อต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงและปัญหามลพิษทางอากาศด้านฝุ่นละออง

ข้อเสนอแนะ

การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอย่างง่ายหรือที่โรงสีข้าวส่วนใหญ่เรียกว่า “ไส้ไก่” แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำทิ้งจากเครื่องจักรไอน้ำ หรืออาจนำไปติดตั้งบริเวณปล่องท่อระบายไอเสียของหม้อไอน้ำ ซึ่งต้องติดตั้งก่อนถึงจุดที่ใช้น้ำดับแก๊สลอย การปรับปรุงการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ควรพิจารณาอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลของการปรับปรุงจะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่คุณภาพไอน้ำคงเดิม ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มสามารถสรุปได้ดังรูปที่ บ-3



รูปที่ บ-3 ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการอุ่นน้ำป้อน

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน ประกอบด้วย

- ค่าเหล็กแผ่นสำหรับเชื่อมเป็นไส้ไก่อย่างง่าย
- ท่อน้ำป้อนไปและกลับจากจุดที่ติดตั้งไส้ไก่
- ค่าวัสดุสำหรับการซ่อมผนังท่อน้ำอากาศเสียหลังการติดตั้งอุปกรณ์

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 180 ตันต่อวัน ใช้หม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำให้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ อุณหภูมิน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

■ ระยะเวลาการเดินเครื่อง	18 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
■ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบ	915	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
■ ราคาแกลบ	600	บาทต่อตัน
■ อุณหภูมิน้ำป้อนเพิ่มสูงขึ้น	20	องศาเซลเซียส
(เพิ่มจาก 40 องศาเซลเซียส เป็น 60 องศาเซลเซียส)		
■ ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น	3.5	เปอร์เซ็นต์ (จากรูปที่ บ-3)

กรณีโรงสีข้าวปรับปรุงการนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ การใช้เชื้อเพลิงแกลบจะมีปริมาณลดลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ดังนี้

≈ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	80,000	บาท
(ค่าปรับปรุงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน)		
≈ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง	32	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
(ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x %ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น)		
ประหยัดเชื้อเพลิงแกลบได้	86,400	บาทต่อปี
(ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง x ราคาแกลบ)		
≈ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	0.93	ปี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ♦ ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม
เนื่องจากปริมาณการใช้แกลบลดลง

3.8 การปรับปรุงระบบการควบคุมการปนเปื้อน

ข้อมูลพื้นฐาน

ปัญหาจากการใช้งานหม้อไอน้ำชนิดท่อไฟทรงกระบอก ห้องเผาไหม้แบบตะแกรงเอียง และใช้ลมเผาไหม้แบบธรรมชาติภายนอก คือ เกิดการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ เชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้ในห้องเผาไหม้จะปลิวไปพร้อมกับก๊าซเสีย เป็นเถ้าดำปลิวกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม สาเหตุหนึ่งเกิดจากการเร่งไฟขณะเชื้อเพลิงถึงเตาชั้นของเชื้อเพลิงจะถูกรบกวน ทำให้เถ้าและเชื้อเพลิงที่มีน้ำหนักเบาลอยขึ้นและปลิวไปกับก๊าซเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการลดการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิง ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงกลับสูงขึ้น แนวทางหนึ่งที่นำเสนอ คือ การปรับปรุงการปนเปื้อนด้วยระบบอัตโนมัติ สามารถช่วยควบคุมการปนเปื้อนให้สม่ำเสมอ มีปริมาณการใช้ที่เหมาะสม และช่วยลดปริมาณเถ้าปลิวไปกับก๊าซเสีย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศทางปล่องระบายของหม้อไอน้ำได้อีกด้วย

การคำนวณค่าใช้จ่าย

เงินลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ปนเปื้อนอัตโนมัติประกอบด้วย ค่าวัสดุได้แก่เหล็กหล่อทนความร้อนสำหรับเป็นอุปกรณ์เชื่อมเตาหรือโอบวาด ติดตั้งไว้ที่ฐานของตะแกรงของห้องเผาไหม้ มีความยาวเท่ากับความกว้างของเตา ซึ่งจะถูกหมุนด้วยระบบขับเคลื่อนจากมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า เงินลงทุนสำหรับค่าวัสดุปูนและอิฐทนไฟสำหรับซ่อมแซมผนังเตาหลังการติดตั้งอุปกรณ์และอุปกรณ์ควบคุมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบอัตโนมัติ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความดันของหม้อไอน้ำรวมอยู่ในเงินลงทุนเริ่มต้นด้วย

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีหม้อไอน้ำ 1 เครื่อง จากการตรวจสอบสภาพการทำงาน พบว่าพนักงานเชื่อมเตาแลกเปลี่ยนทุกๆ 10-15 นาที มีเถ้าที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ถูกเชื้อออกไปกับเถ้าแลกเปลี่ยนคิดเป็นปริมาณร้อยละ 5 ของอัตราการใช้เชื้อเพลิง

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

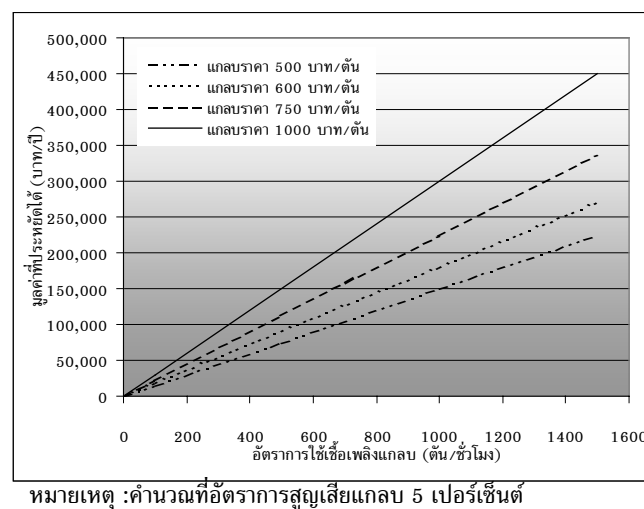
- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี

■ อัตราการใช้เชื้อเพลิงแกลบ	826	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
■ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง	5	เปอร์เซ็นต์
■ ราคาแกลบ	600	บาทต่อตัน
■ กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น	1.2	กิโลวัตต์
■ ราคาไฟฟ้า	2.8	บาทต่อหน่วย

กรณีโรงสีข้าวปรับระบบการป้อนเชื้อเพลิงแกลบและระบบดักฝุ่นเข้ากันเตาอัตโนมัติ จะได้ว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบและปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

≤ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	200,000	บาท
≤ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
มูลค่าแกลบที่ใช้งานลดลง (ปริมาณเชื้อเพลิง x %เชื้อเพลิงที่ลดลง x ราคาแกลบ)	148,680	บาทต่อปี
ค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น (กำลังไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า)	20,160	บาทต่อปี
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ	128,520	บาทต่อปี
≤ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	1.6	ปี

เนื่องจากอัตราการใช้เชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำแต่ละเครื่อง มีปริมาณที่แตกต่างกัน ประกอบกับราคาแกลบที่เปลี่ยนแปลง ในการประเมินมูลค่าที่ประหยัดได้จึงอาจเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงสรุปมูลค่าที่ประหยัดได้ตามตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวไว้ดังรูปที่ บ-4



รูปที่ บ-4 มูลค่าที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนแกลบเทียบกับอัตราการใช้เชื้อเพลิงแกลบ

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม
เนื่องจากปริมาณการใช้แกลบลดลง

3.9 การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ

ข้อมูลพื้นฐาน

ในอดีตโรงสีข้าวนิยมใช้ไอน้ำสำหรับการเดินเครื่องจักร โดยใช้แกลบที่ผลิตได้เองเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ จากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์ ทำให้แกลบเป็นวัสดุหนึ่งที่มีการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างแพร่หลาย ส่งผลให้ราคาแกลบที่ซื้อ-ขายในตลาดมีมูลค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น การปรับปรุงการใช้เชื้อเพลิงแกลบให้มีปริมาณลดลง แต่ประสิทธิภาพคงเดิม จะช่วยลดต้นทุนแกลบที่ใช้และเหลือสำหรับการจำหน่าย นอกจากนี้การลดการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ ยังช่วยลดปริมาณมลพิษที่ระบายสู่บรรยากาศด้วย

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงแกลบ มีหลายแนวทาง เช่น การปรับเปลี่ยนการใช้งานห้องเผาไหม้หรือหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง (เงินลงทุนสูงและต้องใช้ผู้ควบคุมที่มีความรู้ความสามารถในการเดินเครื่อง) และการเปลี่ยนใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงแนวทางการปรับเปลี่ยนมอเตอร์เนื่องจากการปรับเปลี่ยนประเภทของแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นวิธีที่โรงสีข้าวนิยมใช้กันในปัจจุบันและสามารถจัดอยู่ในวิธีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมทั้งในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ด้านประสิทธิภาพการสีข้าว $\Rightarrow$ การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จะให้รอบการเดินเครื่องที่คงที่กว่าการใช้เครื่องจักรไอน้ำและการควบคุมเครื่องจักรทำได้ง่ายขึ้น
- 2) ด้านการใช้พลังงาน $\Rightarrow$ เตาเผาเครื่องจักรไอน้ำของโรงสีข้าวส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพต่ำ ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตไอน้ำ กรณีขายแกลบเพื่อใช้สำหรับโรงไฟฟ้า ซึ่งมีเตาเผาแกลบทันสมัยจะให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงขึ้น (มลพิษลดลง)
- 3) ด้านสิ่งแวดล้อม $\Rightarrow$ ช่วยจัดปัญหาฝุ่นที่ระบายออกทางปล่อง ปัญหาการใช้น้ำ และปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากการสูญเสียไอน้ำได้เตาเผา จากการยกเลิกการใช้เครื่องจักรไอน้ำได้อย่างหมดสิ้น

ทั้งนี้การเปลี่ยนใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โรงสีข้าวจะต้องติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส เพิ่มเพื่อทดแทนเครื่องจักรไอน้ำ และติดตั้งระบบเข้ากับเพลาาราวหลัก

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ ประกอบด้วย ค่ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาด匹กิตเทียบเท่าเครื่องจักรไอน้ำ ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนมูล ค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้ง เช่น ค่าแรง ค่าวัสดุฐานรองรับ และระบบไฟฟ้า เป็นต้น ทั้งนี้ราคาที่ปรากฏเป็นราคารวมที่ได้จากโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 180 ตันต่อวัน ระบบต้นกำลังของโรงสีข้าวได้จากเครื่องจักรไอน้ำขับเคลื่อนเพลาขาวเพื่อเดินเครื่องจักรส่วนใหญ่ในกระบวนการสีข้าว และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าบางส่วนสำหรับเครื่องจักรที่ต้องการควบคุมสภาพการทำงาน เช่น เครื่องขัดขาว และเครื่องกะเทาะ เป็นต้น

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 18 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี
- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบ 4,117.5 ตันต่อปี
- ราคาแกลบ 600 บาทต่อตัน

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

≈ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	615,000	บาท
(ค่าติดตั้งระบบมอเตอร์ไฟฟ้า)		
≈ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
รายรับก่อนปรับปรุง	346,575	บาทต่อปี
(รายได้จากการขายแกลบ-ค่าดำเนินการต่าง ๆ เช่น ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น)		
รายรับหลังปรับปรุง	836,749	บาทต่อปี
(รายได้จากการขายแกลบ-ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น)		
รายรับเพิ่มขึ้นสุทธิ	490,174	บาทต่อปี
≈ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	1.25	ปี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียจากปล่องหม้อไอน้ำที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากยกเลิกการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ
- ◆ ลดปริมาณน้ำเสียจากการชะล้างแกลบออกจากเตาเผา

3.10 การใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต

ข้อมูลพื้นฐาน

กระบวนการแช่ข้าวเปลือกจะเติมน้ำร้อนจนสูงกว่าชั้นข้าวประมาณ 30-40 เซนติเมตร และมีน้ำแช่ส่วนที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์ประมาณ 0.85 ลูกบาศก์เมตรต่อตันข้าวเปลือกแทรกอยู่ระหว่างเมล็ดภายในกองข้าวเปลือก น้ำใช้ทั้งสองส่วนนี้จะกลายเป็นน้ำเสียที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากปริมาณน้ำใช้ ความต้องการไอน้ำ และการบำบัดน้ำเสียของโรงสีข้าว

ข้อเสนอแนะ

ปริมาณน้ำที่ใช้ในการแช่และถูกดูดซับโดยข้าวเปลือกคิดเป็นร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักข้าวเปลือกหรือประมาณ 1.5-2.0 ลูกบาศก์เมตรต่อตันข้าวเปลือก ดังนั้นระดับความสูงของน้ำในถังที่เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแช่ข้าว นั้น ควรสูงกว่าระดับความสูงของข้าวเปลือกในถังแช่เพียงเล็กน้อย จะช่วยลดปริมาณน้ำใช้ของโรงสีข้าว ลดต้นทุนการผลิต และลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียได้

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การจัดการน้ำใช้สำหรับแช่ข้าวไม่ต้องใช้เงินลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องจักร เพียงใช้วิธีการจัดการในการควบคุมจากผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในหน่วยผลิตข้าวนี้ และไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานด้วยเช่นกัน สำหรับค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้คำนวณจากปริมาณน้ำที่ลดลง และค่าการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง ถังแช่ข้าวของโรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตข้าวเปลือกหนึ่ง 160 ตันต่อวัน การแช่ข้าวใช้ถึงความจุประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร สามารถรองรับข้าวเปลือกได้ประมาณ 10 ตัน/ถัง แต่ละถังเติมน้ำร้อนให้ท่วมข้าวเปลือกจนสูงกว่าระดับความสูงของข้าวเปลือกในถังประมาณ 30-40 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าการใช้น้ำเพื่อแช่ข้าวเปลือกประมาณ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อถัง สมมติให้น้ำใช้ในกระบวนการแช่ข้าวเปลือกเป็นน้ำประปา จะคิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 48 บาทต่อถัง น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่จะมีค่าความสกปรกประมาณ 850 มิลลิกรัมต่อลิตร มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ประมาณ 1.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม BOD

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 18 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี
- ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง 0.79 ลูกบาศก์เมตรต่อถัง
(ระดับน้ำลดลง 0.25 เมตร สำหรับถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร)

■ จำนวนถังแช่	16	ถังต่อวัน
■ ค่าความสกปรก (BOD)	850	มิลลิกรัมต่อลิตร
■ ราคาน้ำประปา	5	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
■ ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

กรณีโรงสีข้าวปรับลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการแช่ข้าวเปลือก ปริมาณการใช้น้ำจะมีปริมาณลดลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ดังนี้

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ไม่มี	
≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
■ ค่าใช้น้ำประปาที่ลดลง (ปริมาตรน้ำใช้ที่ลดลง x จำนวนถัง/วัน x ราคาน้ำประปา)	15,800	บาทต่อปี
■ ค่าความสกปรกที่ลดลง (ปริมาตรน้ำเสีย x จำนวนถังแช่ x ค่าความสกปรก)	10.74	กิโลกรัม BODต่อวัน
■ ไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	1.5	kWhต่อกิโลกรัม BOD
■ หน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง (ไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย x ค่าความสกปรกที่ลดลง)	16.11	kWh ต่อวัน
■ ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ราคาค่าไฟฟ้า x หน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง)	11,277	บาทต่อปี
■ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ	27,077	บาทต่อปี
≡ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	ทันทีที่ปฏิบัติ	

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

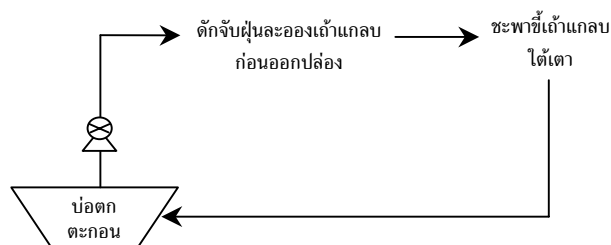
- ◆ ลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ประมาณ 2.7 ตัน BOD/ปี

3.11 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมเถ้าแกลบร่วมกับการใช้น้ำดักจับเถ้าลอย

ข้อมูลพื้นฐาน

การนำเถ้าออกจากเตาเผาแบบตะกรับเอียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันใช้น้ำชะพาออกไปสู่ภายนอก และติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศแบบโปรยน้ำที่บริเวณปลายทางท่อก๊าซเสียของหม้อไอน้ำ ก่อนถึงปล่องระบายก๊าซเสีย น้ำใช้ทั้งสองส่วนนี้จะไหลรวมกันไปยังบ่อตกตะกอนเพื่อบำบัดให้มีความสะอาดขึ้นและวนกลับไปใช้ซ้ำอย่างนี้ตลอดเวลาการเดินหม้อไอน้ำ สำหรับระบบการสูบน้ำไปยังทั้งสองจุดได้จากเครื่องสูบน้ำ ซึ่งโรงสีข้าวบางแห่งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแยกทำงานอิสระจากกัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับส่วนนี้จึงมีค่าค่อนข้างมาก

ข้อเสนอแนะ



น้ำที่ใช้ในการดักฝุ่นละอองของอากาศเสียก่อนปล่อยทิ้งทางปล่องระบายสามารถนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อชะเถ้าแกลบกันเตาได้ สามารถลดการใช้เครื่องสูบน้ำให้เหลือเพียง 1 เครื่อง ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำลดลงได้ประมาณ 1 กิโลวัตต์ หรือ

ประมาณ 16,800 บาทต่อปี โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม และน้ำที่หมุนเวียนในระบบจะมีปริมาณลดลงครั้งหนึ่งมีระยะเวลาเพิ่มขึ้นสำหรับกระบวนการตกตะกอนเถ้าแกลบในบ่อตกตะกอน

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การจัดการน้ำใช้ในส่วนของเตาเผาจะมีค่าปรับปรุงทำระบบรางน้ำใหม่ โดยทำรางระบายน้ำจากทางออกของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งรางระบายน้ำจะวนกลับมาที่กันเตาเพื่อชะพาเถ้าแกลบไปยังบ่อตกตะกอน ค่าแรงในการปรับปรุงจะไม่นำมาคำนวณ เนื่องจากเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงงาน

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ตัวอย่าง โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 250 ตันต่อวัน ภายในโรงสีข้าวมีเตาเผาเชื้อเพลิงแกลบสำหรับหม้อไอน้ำ 1 เตา นำเถ้ากันเตาออกโดยใช้น้ำชะพาออกไปตกตะกอนภายในบ่อตกตะกอนชีเถ้า น้ำหลังผ่านการตกตะกอนจะมีการหมุนเวียนไปใช้ซ้ำ และมีการจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำโดยใช้การโปรยน้ำ น้ำที่หมุนเวียนในระบบใช้เครื่องสูบน้ำจำนวน 2 เครื่องทำงานอิสระจากกัน มีปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2 กิโลวัตต์ มีอัตราการสูบน้ำเครื่องละ 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

สมมติ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

■ ระยะเวลาการเดินเครื่อง	24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
■ ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง	0.25	ลูกบาศก์เมตรต่อนาที่
■ ราคาน้ำประปา	5	บาทต่อลูกบาศก์เมตร
■ กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	1	กิโลวัตต์
■ ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาทต่อหน่วย

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนระบบการใช้น้ำในการสเปรย์ดักจับเถ้าลอยและชะพาชีเถ้าแกลบ ใต้เตาเผา จะได้ว่า ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบและปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ) (ปรับปรุงระบบรางระบายน้ำ)	10,000	บาท
≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
■ ค่าใช้น้ำประปาที่ลดลง (ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง x ราคาน้ำประปา)	450,000	บาทต่อปี
■ ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ราคาไฟฟ้า x หน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง)	16,800	บาทต่อปี
■ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ	466,800	บาทต่อปี
≡ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	0.26	เดือน

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ
- ◆ ลดปริมาณน้ำเสีย
- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4. บทสรุป

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว ฉบับนี้จัดทำขึ้นจากผลการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในโรงสีข้าวจำนวน 11 โรงงาน ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าว เพื่อให้ผู้ประกอบการโรงสีข้าวใช้เป็นประเด็นเป้าหมายในการปรับปรุงได้ทั้งสิ้น 5 ปัจจัยหลัก คือ เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการใช้น้ำ ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading) และปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ โดยมีสาเหตุของการสูญเสียหลักคือ คุณภาพของวัตถุดิบ การปรับตั้งเครื่องจักร และเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้ ทั้งนี้จากการศึกษา พบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่สำคัญและสามารถลดค่าใช้จ่ายอย่างเด่นชัดหลายวิธี เช่น การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง (เงินลงทุน 150,000 บาท ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 135,000 บาท) การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร (ไม่ใช้เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 97,281 บาท) การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ (เงินลงทุน 615,000 บาท ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 490,174 บาท) ทั้งนี้ในส่วนของการละเอียดและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันมลพิษอื่นๆ ของอุตสาหกรรมโรงสีข้าวจะได้นำเสนอไว้ในหลักปฏิบัติฉบับผู้ปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้

- | | |
|---------|--|
| บทที่ 1 | เหตุผล ขอบเขต และนิยามเกี่ยวกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด |
| บทที่ 2 | ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว รวมถึงการวิเคราะห์ค่าปัจจัยหลักๆ ที่ได้โดยละเอียด |
| บทที่ 3 | วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการป้องกันมลพิษ โดยแบ่งตามปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต |
| บทที่ 4 | ตัวอย่างและกรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ โดยนำเสนอปัญหาที่พบ วิธีการแก้ไขปัญหา การคำนวณเงินลงทุนและระยะเวลาดำเนินการ และอธิบายถึงประโยชน์ที่จะได้รับทั้งทางด้านเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อม |
| บทที่ 5 | วิธีการเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่โรงสีข้าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ด้วยตนเอง |

นอกจากนี้ในส่วนภาคผนวกของหลักปฏิบัติฯ ฉบับผู้ปฏิบัติการ ได้นำเสนอรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการโรงสีข้าว ซึ่งมีหัวข้อที่สำคัญดังนี้

- **กระบวนการผลิต** อธิบายถึงกระบวนการสีข้าวและนึ่งข้าวโดยทั่วไป พร้อมรายละเอียดของเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน
- **สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร/อุปกรณ์ เครื่องจักรของโรงงาน**
แสดงข้อมูลพื้นฐานของโรงสีข้าวที่เข้าร่วมโครงการที่อาจมีผลต่อค่าใช้จ่ายหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต
- **รายการคำนวณ** แสดงรายละเอียดการคำนวณทางด้านเศรษฐศาสตร์ ซึ่งแสดงถึงเงินลงทุนที่ใช้และระยะเวลาคืนทุนที่เกี่ยวข้องในบทที่ 4
- **การจัดการน้ำเสีย** เป็นการนำเสนอแนวทางการจัดการน้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว
- **แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม** เป็นการรวบรวมแหล่งค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมและหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ แหล่งข้อมูลด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด, GMP, HACCP, การสนับสนุนด้านการเงิน เป็นต้น
- **กฎและระเบียบต่าง ๆ** เป็นการรวบรวมข้อกำหนดทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว
- **มาตรฐาน GMP และ HACCP**
นำเสนอหลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติ เพื่อให้ได้ตามมาตรฐาน GMP และ HACCP
- **คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง** อธิบายความหมายของคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องที่นำเสนอในหลักปฏิบัติฯ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ทั้งในแง่ธุรกิจและสิ่งแวดล้อมอันจะก่อให้เกิดการพัฒนาในแนวทางที่ยั่งยืนต่อไป



หลักปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) จุดสาหรณรายสาขาโรงสีข้าว

มิถุนายน 2549



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

หลักปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ)

ฉบับปฏิบัติการ



จุดสาหรณรายสาขาโรงสีข้าว

มิถุนายน 2549



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

กลุ่มเทคโนโลยีการป้องกันมลพิษ

สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

โทรศัพท์ 0 2202 4154 โทรสาร 0 2202 4170

E-mail : ctu@diw.go.th

website : <http://www2.diw.go.th/ctu>

ISBN 974-7783-11-8

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นเจ้าของกรรมสิทธิ์และลิขสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้

สารบัญ

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1- 1
1.1 เหตุผล	1- 1
1.2 ขอบเขต	1- 2
1.3 นิยาม	1- 2
บทที่ 2 ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต	2- 1
2.1 เพอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	2- 2
2.2 ปริมาณการใช้พลังงาน	2- 5
2.3 ปริมาณการใช้น้ำ	2-11
2.4 ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)	2-13
2.5 ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ	2-15
บทที่ 3 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการป้องกันมลพิษ	3- 1
3.1 การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	3- 6
3.2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	3-18
3.3 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	3-27
3.4 การจัดการน้ำเสีย	3-29
3.5 การจัดการฝุ่นละออง	3-31
บทที่ 4 ตัวอย่างและกรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการป้องกันมลพิษ	4- 1
4.1 การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	4- 2
4.2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	4-19
4.3 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	4-35
4.4 การจัดการน้ำเสีย	4-40
4.5 การจัดการฝุ่นละออง	4-45
บทที่ 5 การเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	5- 1

สารบัญ (ต่อ)

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

ภาคผนวก

- | | |
|---|---|
| ก | กระบวนการผลิต |
| ข | สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร อุปกรณ์/เครื่องจักรของโรงงาน
ที่ทำการตรวจประเมิน |
| ค | รายละเอียดการคำนวณ |
| ง | การจัดการน้ำเสีย สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว |
| จ | แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และงานวิจัยหรืองาน
บริการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว |
| ฉ | แหล่งสนับสนุนด้านเงินทุน สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว |
| ช | หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติตามมาตรฐาน GMP และ HACCP |
| ซ | กฎและระเบียบสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว |
| ฌ | คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง |
| ญ | รายชื่อคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว |
| ฎ | กิตติกรรมประกาศ |
| ฏ | เอกสารอ้างอิง |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 เหตุผล

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าวฉบับนี้ จัดทำขึ้นโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานในโรงสีข้าวได้ทราบถึงปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าว และวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต โดยได้แสดงตัวอย่างและกรณีศึกษาสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ เช่น การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน และการลดปริมาณฝุ่นละอองฟุ้งกระจายสำหรับโรงสีข้าว เป็นต้น นอกจากนี้ หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในแต่ละขั้นตอน พร้อมแบบฟอร์มการบันทึกข้อมูลที่สามารถนำไปปฏิบัติใช้ได้ อย่างง่ายและสะดวกสำหรับโรงสีข้าวที่สนใจนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้มากยิ่งขึ้น

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตที่แสดงไว้ในเอกสารฉบับนี้ เป็นผลจากการศึกษาและตรวจวัดจริงในโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 11 โรงงาน ซึ่งจะสามารถช่วยให้โรงสีข้าวต่างๆ มองเห็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าวในโรงสีข้าวของตนเอง และสามารถนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำเสนอ มาเป็นทางเลือกเพื่อปรับใช้ให้เหมาะสม คำนวณในการดำเนินการสำหรับแต่ละประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิต ลดต้นทุนการผลิต ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันทางการค้าข้าวได้มากขึ้น

1.2 ขอบเขต

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว ฉบับนี้ จัดทำขึ้นภายใต้ขอบเขตโรงงานลำดับที่ 9 (1) โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการสีฟัดหรือขัดข้าว ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535

1.3 นิยาม

1.3.1 เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง กระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ทั้งนี้ รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมกัน

1.3.2 หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง แนวทางการปฏิบัติ ตามหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับโรงงานในรายสาขาอุตสาหกรรมที่กำหนด ประกอบด้วย (1) ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต และ (2) วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

- **ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (Key Factor)** หมายถึง ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร หรือปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น/ระบายออก โดยเทียบต่อหนึ่งหน่วยวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ของแต่ละอุตสาหกรรมรายสาขา เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพในการผลิตหรือความสูญเสียที่เกิดขึ้น และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- **วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (Cleaner Technology Option)** หมายถึง แนวทางหรือวิธีการปรับปรุงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตให้ดีขึ้น

บทที่ 2

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

“ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต
เป็นเครื่องมือหนึ่งที่จะช่วยในการประเมินโอกาสในการ
ปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต
เพื่อลดต้นทุน และลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดของโรงสีข้าว”

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว ประกอบด้วย 5 ปัจจัย ซึ่งปัจจัยทั้ง 5 เป็นผลสรุปจากทีมงานของโรงสีข้าวสำรวจจำนวน 11 โรงงาน ร่วมกับคณะทำงานดำเนินการศึกษา และได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว (ภาคผนวก ณ.) ดังนี้

- 2.1) เฟอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเฟอร์เซ็นต์ข้าวตัน
- 2.2) ปริมาณการใช้พลังงาน
- 2.3) ปริมาณการใช้น้ำ
- 2.4) ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)
- 2.5) ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตที่น่าเสนอ มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นให้ผู้บริหารโรงสีข้าวเห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดต้นทุน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมของแต่ละโรงงาน มิได้มีเจตนาให้หาข้อมูลของโรงสีข้าวแต่ละแห่งมาเปรียบเทียบกัน เนื่องจากโรงสีข้าวแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านการผลิต เครื่องจักรที่ใช้ คุณภาพวัตถุดิบที่นำมาสีข้าว คุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ และลักษณะการใช้พลังงาน เป็นต้น (รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ข.)

2.1 เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน

“ข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบหลักและเป็นค่าใช้จ่ายมากกว่าร้อยละ 90 ของโรงสีข้าว การจัดการกระบวนการสีข้าวเปลือกให้ได้ปริมาณข้าวรวมและข้าวตันสูงสุด ถือเป็นเป้าหมายที่ผู้ประกอบการโรงสีข้าวทุกรายต้องการ”

ข้อมูลพื้นฐาน

ปัจจุบันโรงสีข้าวโดยทั่วไปอ้างอิง ปริมาณข้าวรวมที่ 64-65% การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณข้าวรวมที่ผลิตได้ ขึ้นกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

- 1) ปริมาณสิ่งเจือปนที่ปนมากับข้าวเปลือก
- 2) การทำความสะอาดหรือการคัดแยกสิ่งเจือปน ลักษณะตะแกรงทำความสะอาด และการดูแลบำรุงรักษามีผลต่อการคัดแยกสิ่งเจือปน เช่น ฟางข้าว และดอกหญ้า เป็นต้น รวมทั้งการสูญเสียข้าวเปลือกปนไปกับสิ่งเจือปน
- 3) การคัดแยกแกลบ ความแรงและความเร็วของลมจากการใช้ลมดูดแยกแกลบที่มากเกินไป อาจทำให้ข้าวหักหรือปลายข้าวถูกดูดไปรวมกับแกลบ
- 4) การขัดข้าว โรงสีข้าวสูญเสียน้ำหนักข้าวรวมจากการขัดเนื้อแป้งออกมากเกินไป ทั้งนี้อาจเกิดจากโรงสีข้าวส่วนใหญ่อาศัยประสบการณ์ในการตรวจวัดความขาวด้วยสายตา แทนการใช้เครื่องมือตรวจวัด

ส่วนปริมาณข้าวตัน โรงสีข้าวแต่ละแห่งมีปริมาณข้าวตันที่สีได้แตกต่างกัน ไม่มีการกำหนดค่าที่แน่นอน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแตกหักของข้าวมีมากมายตั้งแต่ขั้นตอนก่อนเข้าโรงสีข้าวและภายในโรงสีข้าว อาทิ ชนิดข้าวเปลือก พื้นที่ปลูกข้าว) คุณภาพข้าว ช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวข้าว วิธีการลดความชื้นข้าว การลำเลียงข้าว ความชื้นข้าวเปลือกที่ทำการสี การกะเทาะเปลือก และการขัดขาว

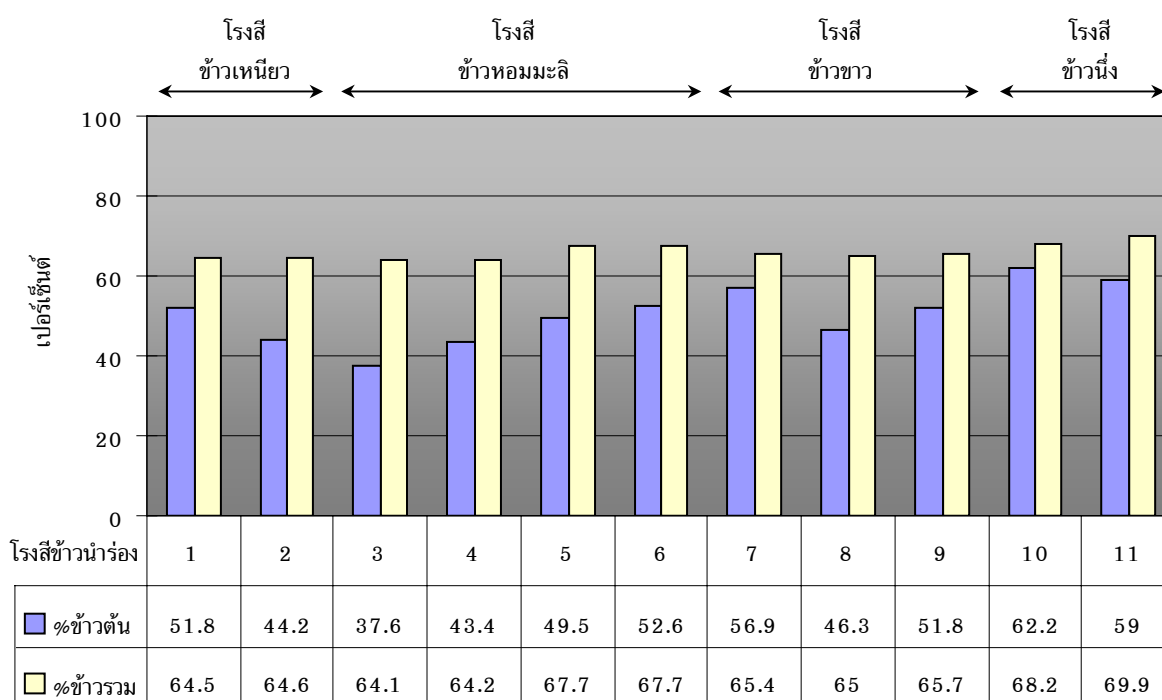
ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

การพิจารณาค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในรูปเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน เนื่องจากข้าวเปลือกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน และคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ตลาดต้องการต่างกัน ดังนั้นปริมาณข้าวรวมและปริมาณข้าวตันจึงแยกพิจารณาตามชนิดของข้าวเปลือกเป็น 4 กลุ่ม คือ โรงสีข้าวเหนียว โรงสีข้าวหอมมะลิ โรงสีข้าวขาว และโรงสีข้าวนึ่ง จากผลการศึกษาโรงสีข้าวนำร่องจำนวนทั้งสิ้น 11 โรงงาน สามารถสรุปค่าดังกล่าวได้ดังตารางที่ 2-1 และรูปที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 แสดงเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่ได้จากโรงสีข้าวนำร่อง

ประเภทโรงสีข้าว	จำนวน โรงงาน	ข้าวตัน (เปอร์เซ็นต์)		ข้าวรวม (เปอร์เซ็นต์)	
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. โรงสีข้าวเหนียว	2	44.2-51.8	48.0	64.5-64.6	64.6
2. โรงสีข้าวหอมมะลิ	4	37.6-52.6	45.8	64.1-67.7	65.9
3. โรงสีข้าวขาว	3	46.3-56.9	51.7	65.0-65.7	65.4
4. โรงสีข้าวนึ่ง	2	59.0-62.2	60.6	68.2-69.9	69.1

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุดที่แสดงในตาราง เป็นเพียงผลการตรวจประเมินจากโรงสีข้าวนำร่อง
มิได้หมายความว่าถึงค่าทางสถิติของอุตสาหกรรมรายสาขานี้



รูปที่ 2-1 เปอร์เซนต์ข้าวรวมและเปอร์เซนต์ข้าวตันของโรงสีข้าวนำร่อง

จากค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในรูปของเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันพบว่า โรงสีข้าวนำร่องทั้ง 11 โรงงาน สามารถควบคุมประสิทธิภาพการผลิตได้ ปริมาณข้าวรวมอยู่ในเกณฑ์อ้างอิง (64-65%) ทั้งหมด โดยการสีข้าวหนึ่งต้องการความขาวต่ำกว่า ข้าวชนิดอื่น จึงขัดข้าวออกน้อย และเป็นกลุ่มที่ได้ปริมาณเนื้อข้าวรวมสูงสุด ส่วนปริมาณข้าวตัน จากการตรวจวัดพบว่า กลุ่มโรงสีข้าวเหนียวและข้าวหอมมะลิ มีโอกาสการสีได้ปริมาณข้าวตันต่ำ เนื่องจากข้าวเหนียวเป็นข้าวที่ตลาดต้องการความขาวสูง จึงมีการขัดเนื้อแป้งออกมาก ส่วน ข้าวหอมมะลิเป็นข้าวที่มีรูปร่างยาว จึงเกิดการแตกหักง่าย ทั้งนี้สามารถสรุปผลแยกตามชนิดของข้าว ที่ทำการสีได้ดังนี้

- **โรงสีข้าวเหนียว** (จำนวน 2 โรงงาน) พบว่าได้ปริมาณข้าวรวมใกล้เคียงกัน แต่โรงสีข้าวที่มีปริมาณข้าวหักมากกว่า เนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกใช้อัตราการกะเทาะ สูง และการขัดขาวมีการขัดเนื้อแป้งออกมากกว่า นอกจากนี้โรงสีข้าวที่คัดเลือกข้าวเปลือกคุณภาพดี ในขั้นตอนการรับซื้อ จึงทำให้มีปริมาณข้าวตันสูง

- **โรงสีข้าวหอมมะลิ** (จำนวน 4 โรงงาน) พบว่า โรงสีข้าวที่ได้เปอร์เซ็นต์ ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันต่ำ เนื่องจากคุณภาพของข้าวเปลือกต่ำและมีสิ่งเจือปนสูงกว่า จึงเกิด การแตกหักระหว่างขั้นตอนการกะเทาะและขั้นตอนการขัดขาวสูง สำหรับโรงสีข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ ข้าวรวมสูง เนื่องจากเนื้อแป้งถูกขัดออกในขั้นตอนการขัดขาวน้อยกว่า และโรงสีข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ ข้าวตันสูงสุด เนื่องจากมีการแยกเครื่องกะเทาะข้าวกลับและมีปริมาณข้าวกลิ้งกลับไปกะเทาะซ้ำ น้อยที่สุด จึงมีโอกาสดังกล่าวของการแตกหักของข้าวกลิ้งจากการกะเทาะซ้ำน้อยกว่า

- **โรงสีข้าวขาว** (จำนวน 3 โรงงาน) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมใกล้เคียงกัน โดยโรงสีข้าวที่มีเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมสูงสุด เกิดจากการขัดเนื้อแป้งออกน้อยกว่า ส่วนโรงสีข้าวที่มี เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมต่ำเกิดจากการสูญเสียข้าวระหว่างขั้นตอนการแยกแกลบและขั้นตอนการขัดขาว ส่วนเปอร์เซ็นต์ข้าวตันพบว่าโรงสีข้าวได้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันต่ำ เนื่องจากมีปริมาณข้าวหักเกิดขึ้นใน ระหว่างขั้นตอนการกะเทาะและขั้นตอนการขัดขาวสูง

- **โรงสีข้าวหนึ่ง** (จำนวน 2 โรงงาน) พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมของโรงสีข้าวที่มีค่า สูง เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์การขัดขาวต่ำกว่า และโรงสีข้าวที่ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันสูงกว่าเนื่องจาก ขั้นตอนการกะเทาะมีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักเกิดขึ้นน้อยกว่า และได้ติดตั้งเครื่องกะเทาะสำหรับกะเทาะ ข้าวกลับโดยเฉพาะ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะได้ว่าค่าปัจจัยหลักที่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตในรูป เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันมีค่าแตกต่างกันคือ คุณภาพข้าวเปลือกที่รับซื้อ และการจัดการกระบวนการผลิต ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะส่วนการปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพการสีข้าว โดยพิจารณาวิธีการปฏิบัติงานรวมถึงเครื่องจักรที่ก่อให้เกิดความสูญเสีย และเรียงลำดับความสำคัญ จากนั้นพิจารณาแนวทางหรือวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเพื่อนำไป ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ดังแสดงในบทที่ 3 ต่อไป

2.2 ปริมาณการใช้พลังงาน

“ค่าใช้จ่ายของโรงสีข้าว หากไม่นับรวมค่าวัตถุดิบ (ข้าวเปลือก)
ปริมาณการใช้พลังงาน เป็นปัจจัยสำคัญที่โรงสีข้าวให้ความสำคัญและ
มีความพยายามลดการใช้พลังงาน
เพื่อลดต้นทุนในการสีข้าว และรักษาสິงแวดล้อม
ดังนั้น การใช้พลังงานจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าว”

ข้อมูลพื้นฐาน

การใช้พลังงานในโรงสีข้าว แบ่งได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ 1) **พลังงานไฟฟ้า** ส่วนใหญ่เป็นโรงสีข้าวที่ตั้งขึ้นใหม่หรือโรงสีข้าวเก่าที่มีการยกเลิกการใช้หม้อไอน้ำ และ 2) **พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ** เป็นกลุ่มโรงสีข้าวติดตั้งหม้อไอน้ำที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไอน้ำป้อนให้กับเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ หรือป้อนให้กับกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกของโรงสีข้าวหนึ่ง แต่จากแนวโน้มการใช้พลังงานในช่วงปีที่ผ่านมา เนื่องจากแกลบมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้โรงสีข้าวที่ใช้ต้นกำลังไอน้ำเปลี่ยนใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นแหล่งต้นกำลังสำหรับเดินเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น

การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าว ประกอบด้วย เครื่องจักรที่ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำ เช่น เครื่องขัดขาว ตะแกรงสั่น ตะแกรงโยก พัดลมดูดแกลบ และระบบลำเลียงต่างๆ เป็นต้น ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าว ประกอบด้วย

- ประสิทธิภาพของมอเตอร์
- ภาระการใช้งานเครื่องจักร
- ลักษณะการวางแผนกระบวนการผลิต และ
- คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ ตัวแปรที่เพิ่มเติมจากส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าข้างต้น ประกอบด้วย

- การแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงาน และ
- ประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาเผา

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

การพิจารณาค่าปัจจัยด้านการใช้พลังงาน แบ่งออกเป็นกลุ่มโรงสีข้าวที่ใช้เฉพาะพลังงานไฟฟ้าและกลุ่มโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ โดยแยกเป็นการใช้พลังงานในกระบวนการสีข้าวและกระบวนการนึ่งข้าว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากโรงสีข้าวสำรวจจำนวน 11 โรงงาน พบว่า มีโรงสีข้าวที่ใช้เฉพาะพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าวจำนวน 7 โรงงาน แบ่งตามชนิดข้าวที่สีได้เป็น โรงสีข้าวเหนียว 2 โรงงาน โรงสีข้าวหอมมะลิ 3 โรงงาน โรงสีข้าวขาว 1 โรงงาน และโรงสีข้าวหนึ่ง 1 โรงงาน ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจะเทียบต่อหน่วยวัตถุดิบข้าวเปลือก และเทียบต่อหน่วยข้าวรวม ซึ่งสามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายจากการใช้พลังงานไฟฟ้า (ข้อมูลจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยตามใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าของโรงสีข้าว) สรุปได้ดังตารางที่ 2-2 ถึง 2-3 และรูปที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าว

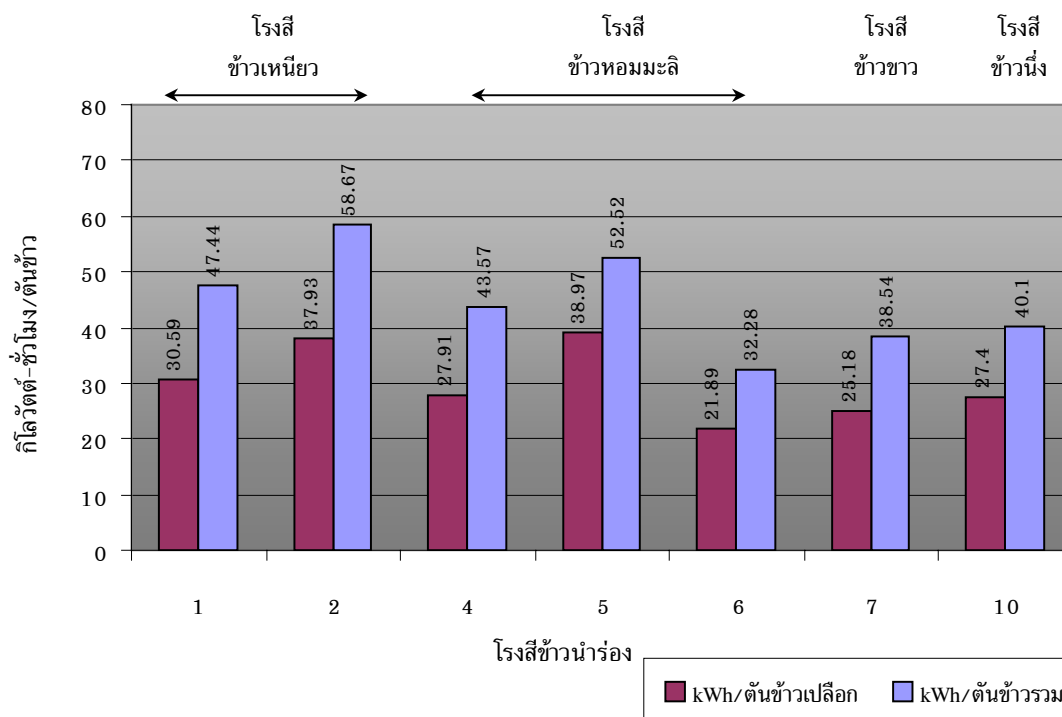
ประเภทโรงสีข้าว	จำนวน โรงงาน	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก		กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวรวม	
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. โรงสีข้าวเหนียว	2	30.6-37.9	34.3	47.4-58.7	53.1
2. โรงสีข้าวหอมมะลิ	3	21.9-39.0	29.6	32.3-52.5	42.8
3. โรงสีข้าวขาว	1	25.2	25.2	38.5	38.5
4. โรงสีข้าวหนึ่ง	1	27.4	27.4	40.1	40.1
รวม	7	21.9-39.0	30.0	32.3-58.7	44.7

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุดที่แสดงในตาราง เป็นเพียงผลการตรวจประเมินจากโรงสีข้าวสำรวจ
มิได้หมายความว่าถึงค่าทางสถิติของอุตสาหกรรมรายสาขานี้

ตารางที่ 2-3 ค่าใช้จ่ายการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าว

ประเภทโรงสีข้าว	จำนวน โรงงาน	บาท/ตันข้าวเปลือก		บาท/ตันข้าวรวม	
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
1. โรงสีข้าวเหนียว	2	88-107	98	137-165	151
2. โรงสีข้าวหอมมะลิ	3	62-109	82	91-161	124
3. โรงสีข้าวขาว	1	62	62	95	95
4. โรงสีข้าวหนึ่ง	1	71	71	104	104
รวม	7	62-109	82	91-165	125

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด-สูงสุดที่แสดงในตาราง เป็นเพียงผลการตรวจประเมินจากโรงสีข้าวสำรวจ
มิได้หมายความว่าถึงค่าทางสถิติของอุตสาหกรรมรายสาขานี้
- ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยได้จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน



รูปที่ 2-2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าวของโรงสีข้าวนำร่อง

จากค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า โรงสีข้าวเหนียวและโรงสีข้าวหอมมะลิ เป็นกลุ่มโรงสีข้าวที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าโรงสีข้าวขาวและโรงสีข้าวเหนียวเนื่องจากผลผลิตขึ้นกับความต้องการของตลาดหรือผู้ซื้อ โดยข้าวเหนียวต้องการความขาวมากจึงมีการใช้พลังงานในการขัดเนื้อแป้งออกมาก ส่วนข้าวหอมมะลิต้องการรูปร่างที่เรียวยาวของเมล็ดข้าว จึงใช้พลังงานในการขัดรูปร่างของข้าวสูง สำหรับโรงสีข้าวขาว พบว่า โรงสีข้าวนำร่องจำนวน 1 โรงงาน มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำเมื่อเทียบกับโรงสีข้าวประเภทอื่น เนื่องจากเป็นโรงสีข้าวระบบใหม่มีผังขั้นตอนการผลิตที่ดีและมีการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าแยกสายเครื่องจักรที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง และสำหรับโรงสีข้าวเหนียวใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าวต่ำเนื่องจากขัดข้าวออกต่ำกว่ากลุ่มข้าวประเภทอื่น

เมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานแยกตามชนิดข้าว ได้แก่ โรงสีข้าวเหนียว มีโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 2 โรงงาน พบว่า โรงสีข้าวที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยข้าวเปลือกและต่อหน่วยข้าวรวมสูงกว่า เนื่องจากการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อน พลังงานไฟฟ้าถูกใช้ในระบบลำเลียงมากกว่า ส่วนกลุ่มโรงสีข้าวหอมมะลิ จำนวน 3 โรงงาน พบว่า โรงสีข้าวที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเทียบต่อหน่วยข้าวเปลือกและข้าวรวมสูงที่สุดในกลุ่ม เนื่องจากการวางแผนการผลิตที่มีความซับซ้อน และมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดจากการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าของเครื่องจักรสูงกว่าการใช้งานจริง เช่น พัดลม เครื่องขัดข้าว และ ระบบกะพ้อลำเลียง เป็นต้น และสำหรับโรงสีข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุด เนื่องจากการวางแผนการผลิตที่ดี

มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าอย่างเหมาะสม ทั้งการติดตั้งให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน และการจัดการการเดินเครื่องจักรไม่ให้เกิดการเดินเครื่องเปล่าขณะสีข้าว ประกอบกับช่วงที่ทำการศึกษาคือเป็นการสีข้าวคุณภาพต่ำ (ต้องการความขาวของข้าวไม่สูง)

2) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบแบ่งเป็น 2 กระบวนการผลิต คือ กระบวนการสีข้าว (ใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเครื่องจักรไอน้ำ) และกระบวนการแช่และนึ่งข้าว (ใช้น้ำสำหรับการแช่-นึ่งข้าวเปลือกและใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบลำเลียงต่าง ๆ) ซึ่งกระบวนการสีข้าวจะแสดงค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในรูปของปริมาณการใช้พลังงานเทียบต่อหน่วยวัตถุดิบข้าวเปลือก และปริมาณการใช้พลังงานเทียบต่อหน่วยข้าวรวม ส่วนกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกจะได้ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตในรูปปริมาณการใช้พลังงานเทียบต่อหน่วยข้าวเปลือกหนึ่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1) กระบวนการสีข้าว

โรงสีข้าวนาร่องที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำในการขับเคลื่อนเครื่องจักรร่วมกับพลังงานไฟฟ้า มีทั้งสิ้น 4 โรงงาน แบ่งเป็นโรงสีข้าวหอมมะลิ จำนวน 1 โรงงาน โรงสีข้าวขาว จำนวน 2 โรงงาน และโรงสีข้าวหนึ่ง จำนวน 1 โรงงาน สาเหตุของการแบ่งการใช้พลังงานออกตามประเภทโรงสีข้าว เนื่องจากในแต่ละประเภทของโรงสีข้าวมีการใช้พลังงานในการสีและขัดข้าวแตกต่างกัน ตามลักษณะของข้าวเปลือกที่นำมาสี สามารถสรุปค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตได้ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ
ในกระบวนการสีข้าว

ประเภทโรงสีข้าว	ต่อหน่วยตันข้าวเปลือก			ต่อหน่วยตันข้าวรวม		
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ตันแกลบ	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ตันแกลบ	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
โรงสีข้าวหอมมะลิ	12.95	0.14	130	20.22	0.22	202
โรงสีข้าวขาว	7.77	0.17	119	11.92	0.25	183
โรงสีข้าวขาว	13.57	0.19	151	20.64	0.28	229
โรงสีข้าวหนึ่ง	11.85	0.12	117	16.91	0.17	167

หมายเหตุ : -คำนวณราคาแกลบ 600 บาทต่อ 1 ตันแกลบ

-ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยได้จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านปริมาณการใช้พลังงานร่วมในกระบวนการสีข้าวของโรงสีเข้านำร่องจำนวน 4 โรงงาน พบว่า โรงสีข้าวขาวที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแกลบสูงมากกว่า เนื่องจากมีกำลังการผลิตข้าวสารต่ำกว่าที่ออกแบบ แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแกลบในการผลิตไอน้ำขับเคลื่อนเครื่องจักรไอน้ำเทียบเท่ากับการสีข้าวเต็มกำลังการผลิต เมื่อเปรียบเทียบระหว่างประเภทของการสีข้าว พบว่า โรงสีข้าวหนึ่งมีการใช้พลังงานร่วมในกระบวนการผลิตต่ำ เนื่องจากขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกข้าวนึ่ง เปลือกหรือแกลบสามารถหลุดจากเมล็ดข้าวได้ง่ายกว่าข้าวเปลือกชนิดอื่น จึงใช้แรงดันในห้องกะเทาะต่ำ นอกจากนั้นในขั้นตอนการขัดขาวใช้พลังงานต่ำกว่ามากเมื่อไม่ต้องการความขาวสูงมากนัก

2.2) กระบวนการแช่และนึ่งข้าว

การแช่และนึ่งข้าวใช้พลังงาน 2 ส่วนประกอบกัน คือ พลังงานไฟฟ้าใช้สำหรับระบบลำเลียงข้าวเปลือกและระบบการป้อนน้ำ และพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบนำไปใช้ผลิตไอน้ำสำหรับกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตที่ได้จากโรงสีเข้านำร่อง 2 โรงงาน ได้แก่ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยข้าวเปลือกนึ่ง และปริมาณเชื้อเพลิงแกลบต่อหน่วยข้าวเปลือกนึ่ง รวมถึงค่าใช้จ่ายรวมระหว่างค่าใช้จ่ายจากพลังงานไฟฟ้าและค่าเชื้อเพลิงแกลบ มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมกับพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ
ในกระบวนการแช่และนึ่งข้าว

โรงสีข้าวนำร่อง	ต่อหน่วยตันข้าวเปลือกนึ่ง		
	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ตันแกลบ	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
10	10.1	0.072	69
11	2.85	0.09	64

หมายเหตุ : - คำนวณราคาแกลบ 600 บาทต่อ 1 ตันแกลบ
- ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยได้จากใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้าของแต่ละโรงงาน

ความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานร่วมระหว่างไฟฟ้าและเชื้อเพลิงแกลบในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกของโรงสีเข้านำร่องจำนวน 2 โรงงาน เนื่องจากการออกแบบระบบลำเลียงข้าวและลักษณะการเดินเครื่องจักร กล่าวคือ โรงสีข้าวที่ออกแบบถึงแช่และนึ่งข้าวเป็นถึงเดียวกันจะใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณน้อยกว่า ส่วนโรงสีข้าวที่มีการใช้พลังงานสูงกว่าเกิดจากการเดินเครื่องเปล่าในส่วนระบบลำเลียง เช่น สายพาน และกะพ้อลำเลียง เป็นต้น

พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบใช้ในการผลิตไอน้ำเพื่อการแช่และนึ่งข้าว จากการตรวจวัด พบว่า ปริมาณแกลบที่ใช้ต่อตันข้าวเปลือกนึ่งของแต่ละโรงงานแตกต่างกัน เนื่องจากโรงสีข้าวที่เดินเครื่องหม้อไอน้ำไม่ต่อเนื่องเกิดการสูญเสียความร้อน น้ำจะมีอุณหภูมิต่ำลงจึงใช้เชื้อเพลิงแกลบต่อตันข้าวเปลือกเพิ่มขึ้น และมากกว่าโรงสีข้าวอีกแห่งที่มีรอบการผลิตต่อเนื่องกันตลอด 24 ชั่วโมง

จากค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านการใช้พลังงานของโรงสีข้าว นาร่อง แสดงให้เห็นถึงโอกาสในการปรับปรุงค่าปัจจัยฯ โดยพิจารณาจากความสูญเสียที่แหล่งกำเนิด อาทิ ลดการใช้พลังงานส่วนที่ไม่จำเป็น เพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้า หรือการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ โดยนำวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่ได้คัดเลือกและศึกษาความเป็นไปได้ไปปฏิบัติใช้ ซึ่งวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้านการใช้พลังงานแบ่งออกได้เป็น การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในบทที่ 3 ต่อไป

2.3 ปริมาณการใช้น้ำ

**“การใช้น้ำนับเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อ
ต้นทุนการผลิตและต้นทุนการบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงสีข้าวหนึ่ง
การลดปริมาณน้ำใช้ นอกจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายให้กับโรงสีข้าวแล้ว
ยังสามารถลดปริมาณน้ำเสียและรักษาสังแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง”**

ข้อมูลพื้นฐาน

กลุ่มอุตสาหกรรมโรงสีขีวนับเป็นอุตสาหกรรมที่จัดได้ว่าไม่มีการใช้ทรัพยากรน้ำในกระบวนการผลิต ยกเว้นโรงสีข้าวหนึ่งซึ่งใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก การใช้น้ำของโรงสีข้าวหนึ่งส่วนใหญ่ขึ้นกับหลายปัจจัย เช่น ปริมาณวัตถุดิบข้าวเปลือก ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก และลักษณะการแช่ข้าวเปลือก เป็นต้น การใช้น้ำที่มากเกินไปจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อบำบัดน้ำเสียให้ได้ตามเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด การจัดการน้ำใช้นับเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ซึ่งจะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำจึงจัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้ประสิทธิภาพในการแช่และนึ่งข้าว

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

ปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกของโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 2 โรงงาน แสดงในรูปของปริมาณน้ำใช้ต่อหน่วยข้าวเปลือกนึ่ง สรุปรุได้ดังตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 สรุปรวมปริมาณการใช้น้ำสำหรับการแช่และนึ่งข้าว

กระบวนการ	จำนวนโรงงาน	ค่าปริมาณน้ำใช้ (ลูกบาศก์เมตร/ตันข้าวเปลือกนึ่ง)	
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
การแช่และนึ่งข้าว	2	0.70-1.08	0.89

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตาราง เป็นเพียงผลการตรวจประเมินจากโรงสีข้าวนำร่อง มิได้หมายความว่าค่าทางสถิติของอุตสาหกรรมรายสาขานี้

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านปริมาณการใช้น้ำของโรงสีข้าวนำร่องมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยโรงสีข้าวที่ใช้น้ำสำหรับกระบวนการแช่ข้าวในปริมาณมากกว่า มีสาเหตุจากการป้อนน้ำเข้าถังแช่มากกว่าปกติ ถังแช่และนึ่งข้าวบางส่วนชำรุดเสียหาย และผู้ควบคุมขาดการดูแลการป้อนน้ำเข้าถังแช่ข้าวเปลือกจึงทำให้น้ำล้นจากถังในบางช่วงเวลา

วิธีการปรับปรุงการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นมีหลายแนวทาง เช่น การอุดซ่อมรอยรั่วของถังแช่และนึ่งข้าว การควบคุมและกำหนดปริมาณน้ำป้อนถังให้เหมาะสม และฝึกอบรมพนักงานด้านการใช้น้ำอย่างเหมาะสม เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 3

2.4 ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)

“ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย
เป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่แสดงให้เห็นถึง
โอกาสในการปรับปรุงระบบการทำความสะอาดข้าว
เพื่อลดภาระความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดขึ้นและ
ลดค่าใช้จ่ายการบำบัดน้ำเสียให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด”

ข้อมูลพื้นฐาน

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากอุตสาหกรรมโรงสีข้าว สามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ 1) น้ำเสียจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าว (เฉพาะโรงสีข้าวนึ่ง) 2) น้ำเสียจากการดักเก็ลลอยและนำเก็ลกลับออกจากเตาเผาเก็ล (เฉพาะโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงเก็ล) และ 3) น้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนจากเครื่องจักรไอน้ำ (เฉพาะโรงสีข้าวที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำ) ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากน้ำใช้ในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก ซึ่งจะมีน้ำที่เหลือทิ้งหรือน้ำเสียส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต ที่ต้องนำไปบำบัดก่อนระบายทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมให้ได้ตามกฎหมายที่กำหนด โรงสีข้าวต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียตามค่าความสกปรกและปริมาณของน้ำเสียที่เกิดขึ้น โดยค่าความสกปรกของน้ำเสียขึ้นกับปริมาณของสิ่งเจือปนในข้าวเปลือก ถ้าในขั้นตอนการทำความสะอาดไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จะเป็นผลทำให้สิ่งเจือปนและองค์ประกอบที่อยู่ในข้าวเปลือกบางส่วนละลายไปกับน้ำทิ้งเหล่านั้นสูงขึ้น ดังนั้น ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสียที่กล่าวถึงในที่นี้จึงเป็นค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก ทั้งนี้การจัดการน้ำเสียทั้ง 3 ประเภทข้างต้น ได้นำเสนอไว้ดังภาคผนวก ง.

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกของโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 2 โรงงาน เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความสกปรกในรูปของค่าบีโอดี และตรวจวัดปริมาณน้ำเสีย สามารถคำนวณค่าภาระความสกปรกของน้ำเสียเทียบต่อหน่วยข้าวเปลือกนึ่งได้ดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2-7 สรุปค่าภาระความสกปรกของน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว

กระบวนการ	จำนวนโรงงาน	ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (กิโลกรัมบีโอดี/ตันข้าวเปลือกนึ่ง)	
		ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
การแช่และนึ่งข้าว	2	0.43-0.52	0.48

หมายเหตุ: - ค่าเฉลี่ยที่แสดงในตาราง เป็นเพียงผลการตรวจประเมินจากโรงสีข้าวนำร่อง มิได้หมายความว่า
ค่าทางสถิติของอุตสาหกรรมรายสาขานี้

แนวทางการลดค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย สามารถทำได้โดยการทำ ความสะอาดข้าวเปลือกก่อนแช่เพื่อลดสิ่งเจือปนที่เข้าสู่ถังแช่ และจะละลายปนมากับน้ำทิ้ง การลดค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย และช่วยรักษาสภาพแวดล้อมของพื้นที่โดยรอบได้

2.5 ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ

**“ปริมาณฝุ่นระบายเป็นปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่บ่งชี้ถึง
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำและระบบบำบัดมลพิษทางอากาศที่โรงสีข้าวใช้งาน
โรงสีข้าวจำเป็นต้องควบคุมปริมาณฝุ่นระบาย
ให้มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนด”**

ข้อมูลพื้นฐาน

การใช้งานหม้อไอน้ำสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ผลิตไอน้ำสำหรับเครื่องจักรไอน้ำในโรงสีข้าวระบบเก่า และ 2) เพื่อผลิตไอน้ำสำหรับการแช่และนึ่งข้าวเปลือก หม้อไอน้ำของโรงสีข้าวทั้งหมดใช้เกลบซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวเป็นเชื้อเพลิง เมื่อเกลบเผาไหม้จะเกิดเถ้าลอยซึ่งแสดงได้ในรูปความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากปล่องระบายหม้อไอน้ำ ปริมาณความเข้มข้นที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น การควบคุมชั้นของเชื้อเพลิงในหีบเผาไหม้ และปริมาณเถ้าที่เข้าสู่หีบเผาไหม้ กรณีที่การควบคุมชั้นของเชื้อเพลิงไม่ดี หรือมีการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิงขณะเผาไหม้ หรือเถ้าที่เข้าสู่หีบเผาไหม้สูงมาก มีผลทำให้เชื้อเพลิงเกลบผสมไปกับกระแสดมและไม่ถูกเผาไหม้หรือเผาไหม้ไม่สมบูรณ์กลายเป็นฝุ่นละอองลักษณะสีดำ นับเป็นการสูญเสียเชื้อเพลิงเกลบของหม้อไอน้ำนั้น ๆ นอกจากนี้ฝุ่นละอองที่ระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ จัดเป็นเถ้าเกลบที่โรงสีข้าวสามารถรวบรวมเพื่อจำหน่ายได้ ประกอบกับฝุ่นละอองที่ระบายออกจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตรง ดังนั้น ปริมาณฝุ่นละอองระบายจากปล่องหม้อไอน้ำจึงจัดเป็นค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของหม้อไอน้ำ

ค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต

จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวนำร่องที่ใช้หม้อไอน้ำ สามารถตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำได้ 2 โรงงาน เป็นโรงสีข้าวที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำในกระบวนการสีข้าว 1 โรงงาน และโรงสีข้าวหนึ่งที่ใช้ไอน้ำสำหรับการแช่และนึ่งข้าวเปลือกจำนวน 1 โรงงาน ซึ่งจะได้เป็นค่าปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำเทียบต่อหน่วยเชื้อเพลิงเกลบ สามารถสรุปปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำของโรงสีข้าวนำร่องดังกล่าวได้ดังตารางที่ 2-8

ตารางที่ 2-8 ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ

ดัชนี	หน่วยวัด	จำนวนโรงงาน	ผลการตรวจวัด ค่าต่ำสุด-สูงสุด
ฝุ่นจากปล่องหม้อไอน้ำ	กิโลกรัมฝุ่น/ตันแกลบ	2	4.97 ¹ -19.82 ²
ค่าความทึบแสง*	เปอร์เซ็นต์	2	8.69 ¹ -32.99 ²

หมายเหตุ: -เฉพาะโรงสีข้าวที่ใช้เครื่องจักรไอน้ำและสามารถเจาะปล่องเพื่อทำการตรวจวัดได้

¹ โรงสีข้าวขาว (กระบวนการสีข้าว)

² โรงสีข้าวหนึ่ง (กระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก)

* มาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องหม้อไอน้ำของโรงสีข้าว ไม่เกิน 20%

จากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นของฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำของโรงสีข้าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 290 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำได้เท่ากับ 4.97 กิโลกรัมฝุ่นต่อตันแกลบ และโรงสีข้าวหนึ่งมีค่าความเข้มข้นฝุ่นละอองเท่ากับ 1,192 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มีค่ามาตรฐานสูงเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ อากาศเสียที่ระบายออกจากปล่องระบายต้องมีความเข้มข้นได้ไม่เกิน 320 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) คิดเป็นปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำได้เท่ากับ 19.82 กิโลกรัมฝุ่นต่อตันแกลบ

ปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำของโรงสีข้าวหนึ่งมากกว่าโรงสีข้าวขาวเนื่องจากระบบเผาไหม้ของหม้อไอน้ำของโรงสีข้าวหนึ่งออกแบบให้มีลมช่วยเผาไหม้และระบบลมระบาย ส่งผลให้ชั้นของเชื้อเพลิงแกลบถูกรบกวนตลอดเวลา ประกอบกับระบบรวบรวมเถ้าลอยจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วน ทำให้ฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำมีปริมาณสูง

วิธีการปรับปรุงปล่องหม้อไอน้ำให้มีปริมาณฝุ่นระบายออกได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด โรงสีข้าวสามารถดำเนินการได้ อาทิ การปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม การปิดช่องอากาศด้านข้าง (หูช้าง) ขณะเชื้อเพลิง การปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบให้สม่ำเสมอ และการปรับปรุงระบบรวบรวมเถ้าลอย เป็นต้น ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3

นอกจากปริมาณฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของอุตสาหกรรมโรงสีข้าวที่ดีแล้ว ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตยังสามารถนำไปบ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตได้อีกทางหนึ่งด้วย กล่าวคือ ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำความสะอาดจะชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือก ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือกบางส่วนเป็นรำหยาบที่สูญเสียสู่สิ่งแวดล้อม หรือ ฝุ่นละอองจากขั้นตอนการขัดขาวจะเป็นรำละเอียดที่เกิดจากระบบรวบรวมไม่มีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากปริมาณฝุ่นละอองของกระบวนการผลิตขึ้นกับหลายปัจจัย โดยไม่สามารถแยกฝุ่นละอองจากแต่ละขั้นตอนการผลิต รวมทั้งการตรวจวัดไม่สามารถแสดงเป็นปริมาณความเข้มข้น

ต่อหน่วยเวลา จึงไม่สามารถแสดงเป็นค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของปริมาณ
ฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตต่อหน่วยข้าวรวม หรือต่อหน่วยข้าวเปลือกที่ใช้ในกระบวนการสีข้าว
อย่างใดก็ตาม การจัดการฝุ่นละอองจากกระบวนการผลิตที่ดีสามารถช่วยให้โรงสีข้าวมีประสิทธิภาพ
การผลิตที่ดีขึ้น ทำให้สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการทำงาน และสามารถเข้าสู่มาตรฐานระบบ
ควบคุมคุณภาพอาหาร ซึ่งเป็นช่องทางในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน นอกจากนี้ยังช่วย
ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทำให้โรงสีข้าวดำเนินการอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน โดยได้เสนอ
วิธีการจัดการฝุ่นละอองเพื่อป้องกันความสูญเสียและป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมไว้ในบทที่ 3
ต่อไป

บทที่ 3

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และการป้องกันมลพิษ

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นการลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมที่แหล่งกำเนิด เพื่อการใช้วัตถุดิบทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว มีหลายวิธี อาทิ การเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต รวมถึงการใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งสามารถแบ่งตามประเด็นที่สำคัญ ดังนี้

1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน
2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
3. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
4. การจัดการน้ำเสีย
5. การจัดการฝุ่นละออง

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำเสนอในบทนี้ นำเสนอแยกแต่ละประเด็นโดยแบ่งเป็นวิธีการที่ไม่มีการลงทุน และวิธีการที่ต้องใช้เงินลงทุน ซึ่งโรงสีข้าวควรพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อประกอบการตัดสินใจก่อนนำไปปฏิบัติใช้ ทั้งนี้ข้าวเปลือกที่จะนำเข้ากระบวนการสีข้าว เพื่อให้เกิดการสูญเสียน้อยที่สุด โรงสีข้าวจะต้องลดหรือยกเลิกการสีข้าวผสมรวมหลายพันธุ์ ซึ่งทำให้การปรับตั้งเครื่องยากลำบาก และเกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวสูง

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว สามารถสรุปได้ดังนี้

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน			
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	1.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก				
	• จัดให้มีการทำความสะอาดตะแกรงเป็นประจำ	●			
	• ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา	●			
	• ปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้เหมาะสม	●			
	• ควบคุมความเร็วลมหน้ากรรบอกให้มีค่าระหว่าง 1.5-2.5 เมตรต่อวินาที	●			
	• จัดให้มีแม่เหล็กดูดเศษตะปู/เศษเหล็กบริเวณเครื่องจักรต่างๆ		●		
	1.2 การกะเทาะข้าวเปลือก				
	• ควบคุมอัตราการกะเทาะข้าวเปลือกที่ 80-90%	●			
	• พักลูกยางกะเทาะเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง	●			
	• สับเปลี่ยนลูกยางหมุนเร็วและหมุนช้า	●			
	• ควบคุมการไหลของข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะให้คงที่	●			
	• จัดให้มีการบันทึกการใช้ลูกยางกะเทาะ	●			
	• แยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ		●		
	• ปรับความเร็วรอบลูกยางกะเทาะให้เหมาะสม		●		
	• เลือกใช้ลูกยางที่มีความแข็งประมาณ 90-95 ชอร์ *		●		
	• คัดแยกขนาดข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะ				●
	1.3 การแยกแกลบ				
	• ปรับความเร็วลมหน้าตู้สีฟัดให้เหมาะสม	●			
	• ติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีฟัด		●		
	• จัดให้มีแผ่นชะลอการไหลของข้าวผ่านหน้าตู้สีฟัด		●		
	• ใช้เครื่องแยกแกลบบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีฟัด				●
	1.4 การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้าง				
	• ปรับตั้งเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้างให้เหมาะสม	●			
	• เพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้างเป็น 2 ครั้ง			●	
	1.5 การขัดขาว				
	• วางแผนการขัดขาวให้เหมาะสม	●			
	• จัดให้มีการตรวจสอบร้อยละเป็นประจำ	●			
	• รักษาอุณหภูมิของข้าวให้อยู่ในระดับปลอดภัย		●		
	• ควบคุมการไหลของข้าวให้สม่ำเสมอและไม่ขาดช่วง		●		
	• ปรับความเร็วผิวลูกหินขัดให้มีความเหมาะสมโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ				●
	• คัดแยกปลายข้าวก่อนการขัด				●

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน			
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ				
	• จัดทำรายงานแสดงเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า	●			
	• หลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด	●			
	• จัดลำดับและห้วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร	●			
	• จัดทำบัญชีการใช้ไฟฟ้า	●			
	• การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด		●		
	• การเริ่มเดินมอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่แบบ สตาร์-เดลตา		●		
	• ตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง		●		
	• การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU			●	
	• การเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง				●
	• การเลือกใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดเหมาะสม				●
	2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงกลบอย่างมีประสิทธิภาพ				
	• บำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมอ	●			
	• ปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม	●			
	• ปิดช่องอากาศด้านข้าง (หูช้าง) ขณะเชื้อเพลิง	●			
	• เดินเครื่องหม้อไอน้ำอย่างต่อเนื่อง	●			
	• ควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำให้คงที่	●			
	• นำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ			●	
	• ปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนกลบ				●
	• ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ				●
3. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	3.1 การใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก				
	• ตรวจจอยรั่วหรือการซารุดของท่อน้ำและถังแช่และนึ่งอยู่เสมอ	●			
	• ใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต	●			
	• ฝึกอบรมพนักงานด้านการประหยัดน้ำใช้	●			
	• จัดให้มีวาล์วปิด-เปิดน้ำบริเวณปลายสายยาง		●		
	• ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำใช้และจดบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ		●		
	3.2 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมเถ้ากลบจากเตาเผาหม้อไอน้ำ				
	• ใช้น้ำสำหรับรวบรวมเถ้ากลบร่วมกับน้ำตกจับเถ้าลอย			●	

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน			
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
4. การจัดการน้ำเสีย	4.1 การจัดการน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว				
	ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนเข้าถึงแช่และนึ่งข้าว	●			
	ควรดูแลและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ		●		
	จัดสภาพการระบายน้ำเสียที่เกิดจากการแช่และนึ่งข้าวอย่างเป็นระบบ		●		
	4.2 การจัดการน้ำเสียจากการใช้งานเครื่องจักรไอน้ำ **		●		●
	4.3 การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย **		●		●
5. การจัดการฝุ่นละออง	5.1 การจัดการฝุ่นละอองจากกระบวนการสีข้าว				
	5.1.1 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงทำความสะอาด				
	เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบความเร็วลมหน้านกกระจอก	●			
	กำหนดแผนการซ่อมบำรุงตามความเหมาะสม	●			
	เพิ่มความถี่ในการดูแลแผ่นตะแกรงบนและล่าง	●			
	เลือกใช้ขนาดรูตะแกรงบนและล่างให้เหมาะสม	●			
	ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา	●			
	ลดขนาดท่อลมกรณีท่อลมเกิดการอุดตันบ่อย		●		
	ปรับปรุงตะแกรงเป็นระบบปิด **			●	●
	จัดให้มีอุปกรณ์ดักฝุ่นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม **			●	●
	ทำความสะอาดข้าวเปลือกอย่างน้อย 2 ครั้ง				●
	5.1.2 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงคัดแยกแกลบ				
	ตรวจสอบการอุดตันของแผ่นตะแกรงทุกสัปดาห์	●			
	ติดแผ่นซิกแซก หรือแผ่นกันลดความเร็วข้าวแกลบก่อนลงตะแกรง		●		
	ลดระยะห่างระหว่างท่อส่งข้าวแกลบและตะแกรงเหวี่ยง		●		
	ใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดแทนการใช้ตู้สัฟ				●
	5.1.3 การจัดวางเครื่องจักรเพื่อลดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง				
	จัดวางเครื่องจักรแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนผลิตข้าวกล้องและส่วนการขัดขาว				●

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน			
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
5. การจัดการฝุ่นละออง	5.2 การจัดการฝุ่นละอองจากลานตาก				
	• ลดความเร็วของรถเกี่ยข้าว	●			
	• ติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นขนาดเล็กไว้กับรถเกี่ยและรถกวาดข้าวเปลือก			●	
	• ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นอโศกอินเดีย และต้นสน เป็นต้น			●	
	5.3 การจัดการฝุ่นละอองจากกองแกลบ				
	• ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นอโศกอินเดีย และต้นสน เป็นต้น			●	
	• อาคารเก็บแกลบต้องปิดมิดชิด โดยเปิดช่องระบายลมออกความเร็วไม่เกิน 0.8 เมตร/วินาที หรือติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีฝุ่น				●
	5.4 การจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ				
	• ปรับปรุงระบบบำบัดหรือระบบรวบรวมเถ้าลอยให้มีประสิทธิภาพ				●
	• ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ **	●		●	●

หมายเหตุ : เงินลงทุนต่ำ ค่าใช้จ่ายน้อยกว่า 10,000 บาท

เงินลงทุนปานกลาง ค่าใช้จ่ายประมาณ 10,000-100,000 บาท

เงินลงทุนสูง ค่าใช้จ่ายมากกว่า 100,000 บาท

* ชอร์ (Shore) เป็นหน่วยวัดค่าความแข็งของยาง มีค่าตั้งแต่ 0-100 วัสดุที่มีความแข็งมาก จะมีค่าชอร์สูง

** เงินลงทุนที่ใช้ ขึ้นกับวิธีการปรับปรุงที่โรงสีข้าวเลือกใช้

3.1 การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษสำหรับการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันมุ่งเน้นให้โรงสีข้าวสามารถลดต้นทุนและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยอาศัยการปรับปรุงการทำงาน การจัดการ การเปลี่ยน/ปรับปรุงวัตถุดิบและเทคโนโลยี เพื่อลดการสูญเสียข้าวตันและข้าวรวมในกระบวนการสีข้าว และลดปัญหามลพิษที่ส่งผลกระทบต่อคนงานและชุมชนโดยรอบ

3.1.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก

การทำความสะอาดข้าวเปลือก โรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรง 2 ชั้นเปิด (Open Double Sieve Precleaner) ทำหน้าที่แยกสิ่งเจือปนออกจากเมล็ดข้าวเปลือก เช่น เมล็ดข้าวลีบ เศษฟาง ฝุ่นทราย เมล็ดวัชพืช เศษหินและเศษเหล็ก เป็นต้น ข้อดีของตะแกรงชนิดดังกล่าวคือ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ สามารถดูแลรักษาเครื่องจักรและซ่อมบำรุงได้ง่าย แต่ปัญหาที่พบคือ ตะแกรงเกิดการอุดตันได้ง่ายโดยเฉพาะตะแกรงชั้นล่าง ทำให้ไม่สามารถแยกเมล็ดวัชพืชออกได้ และทำให้มีฝุ่นฟุ้งกระจายมาก ก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของคนงาน และเกิดปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ตะแกรงดังกล่าวยังไม่สามารถแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดเท่ากับเมล็ดข้าวเปลือกได้อีกด้วย ดังนั้น วิธีการปรับปรุงตะแกรงทำความสะอาดให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น เพื่อช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องจักรอื่นๆ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ลดการสูญเสียข้าวเปลือก ลดความเสียหายที่อาจเกิดกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ลูกยาง กะเทาะหรือหินขัดขาว เป็นต้น สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จัดให้มีการทำความสะอาดตะแกรงเป็นประจำ

เพื่อลดการสูญเสียข้าวเปลือกปนไปกับสิ่งเจือปนรวมทั้งปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย โรงสีข้าวควรจัดให้มีการทำความสะอาดตะแกรงชั้นบนอย่างน้อย 2-3 ครั้ง/วัน หรือทุกครั้งที่พบว่าตะแกรงอุดตัน สำหรับตะแกรงชั้นล่างควรทำความสะอาดอย่างน้อย 2 สัปดาห์/ครั้ง หรือเมื่อพบว่า เมล็ดวัชพืช (ดอกหญ้าหรือเศษดิน) มีปริมาณน้อยกว่าปกติ อาจเกิดการอุดตันของตะแกรงชั้นล่าง ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกลดลง และมีฝุ่นฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรง

2. ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา

โรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมติดตั้งตะแกรงทำความสะอาดมุมเอียงสูง (มากกว่า 30 องศา) เพื่อให้ข้าวเปลือกสามารถไหลผ่านตะแกรงได้อย่างรวดเร็วตามกำลังการผลิตของโรงสีข้าว ทำให้สิ่งเจือปนต่างๆ โดยเฉพาะฝุ่นละอองบางส่วนยังคงปนกับข้าวเปลือกและเป็นปัญหาต่อเนื่องสู่ขั้นตอนการผลิตอื่น ดังนั้น การปรับลดมุมเอียงตะแกรงให้อยู่ในช่วงประมาณ 5-10 องศา เป็นการเพิ่มระยะเวลาอยู่บนตะแกรงของข้าวเปลือก ไม่ให้ข้าวเปลือกไหลเร็วเกินไปและตะแกรงสามารถทำความสะอาดข้าวเปลือกได้เต็มที่ แต่เนื่องจากการลดมุมเอียงตะแกรง จะส่งผลต่อปริมาณผลผลิตที่ลดลงต่อชั่วโมง ดังนั้น โรงสีข้าวควรติดตั้งตะแกรงเพิ่มเติม เพื่อให้ได้กำลังการผลิตคงเดิม

สำหรับโรงสีข้าวที่ไม่สามารถลดมุมเอียงได้หรือไม่พร้อมในการปรับซ่อมเครื่องจักร สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการคัดแยกได้โดยการลดอัตราการป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่อง หรือปรับให้มีการคัดแยกสิ่งเจือปนมากกว่า 1 ครั้ง

3. ปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้เหมาะสม

เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรง 2 ชั้นเปิด (Open Double Sieve Precleaner) ควรปรับความถี่ในการสั่นไปมาของตะแกรง (ความเร็วในการหมุนของเพลาลูก) ให้มีค่าระหว่าง 300-400 รอบต่อนาที การปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้มีค่าต่ำหรือสูงเกินไป ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ต่อชั่วโมงและประสิทธิภาพในการคัดแยกสิ่งเจือปนได้ ดังนั้นโรงสีข้าวควรปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้เหมาะสม

4. ควบคุมความเร็วลมหน้ากรรจอกให้มีค่าระหว่าง 1.5-2.5 เมตรต่อวินาที

การคัดแยกสิ่งสกปรกหรือสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบา เช่น ฝุ่นละออง เมล็ดข้าวลีบ โดยใช้ลมดูด อาศัยความแตกต่างของความเร็วลอยตัวระหว่างเมล็ดข้าวและสิ่งเจือปน ซึ่งความเร็วลอยตัวของฝุ่นละอองและเมล็ดข้าวลีบมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-2.5 เมตรต่อวินาที ดังนั้น โรงสีข้าวควรปรับความเร็วลมบริเวณหน้าเครื่องทำความสะอาดแบบลมดูด หรือเรียกว่า “นกกะจอก” พร้อมติดตั้งแผ่นชะลอการไหล หรือเรียกว่า “ซิกแซก” เพื่อลดความเร็ว หรือลดแรงตกกระทบของข้าว และให้ข้าวเปลือกเกิดการพลิกตัวขณะไหลผ่าน แรงลมที่เกิดจากการไหลของอากาศผ่านหน้าเครื่องทำความสะอาดที่เหมาะสมจะทำให้ข้าวลีบและฝุ่นหลุดจากข้าวเปลือกไปพร้อมกับแรงของลม

นอกจากการปรับความเร็วลมให้เหมาะสมแล้ว ปริมาณข้าวเปลือกที่ไหลผ่านนกกะจอกก็มีความสำคัญ โรงสีข้าวควรตรวจสอบชั้นของข้าวเปลือกที่ไหลผ่านหน้าตู้ ให้มีความหนาไม่เกิน 1 นิ้ว เพื่อให้ลมสามารถไหลผ่านชั้นข้าวเปลือกได้ และสิ่งสำคัญที่สุดคือต้องปรับให้ข้าวเปลือกมีลักษณะการไหลเต็มหน้านกกะจอก อย่างไรก็ตาม ความเร็วลมที่เหมาะสมดังกล่าว

อาจไม่เหมาะกับโรงสีข้าวบางโรงงาน ดังนั้น จึงต้องตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องอยู่เป็นประจำ โดยพิจารณาจากช่องทางออกข้าวเปลือกและข้าวลีบ ดังนี้

- กรณีข้าวเปลือกปนออกมากับข้าวลีบ
ต้องลดปริมาณลมดูดโดยการเปิดช่องปรับปริมาณลมให้กว้างขึ้น
- กรณีข้าวลีบปนออกมากับข้าวเปลือก
ต้องเพิ่มปริมาณลมดูดโดยการลดช่องปรับปริมาณลมให้แคบลง

5. จัดให้มีแม่เหล็กดูดเศษตะปู/เศษเหล็กบริเวณเครื่องจักรต่าง ๆ

เศษตะปูหรือเศษเหล็กที่ปนมากับข้าวเปลือก เมื่อเข้าสู่กระบวนการสีข้าว สามารถก่อให้เกิดการชำรุดเสียหายต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ที่สำคัญได้ เช่น ลูกยางกะเทาะเปลือก หรือหินขัดขาว เป็นต้น ดังนั้น โรงสีข้าวควรจัดให้มีแม่เหล็กดูดเศษตะปูหรือเศษเหล็กทุกจุดที่สามารถติดตั้งได้ อาทิ ก่อนเข้าเครื่องกะเทาะ บริเวณตู้สีฟัด ก่อนลงหินขัดขาว หรือบริเวณกะพ้อลำเลียง เป็นต้น ทั้งนี้ แม่เหล็กดูดควรมีการทำความสะอาดเอาเศษเหล็กที่ดูดไว้ออกเป็นประจำทุกวัน เพื่อให้แรงดูดของแม่เหล็กมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

3.1.2 การกะเทาะข้าวเปลือก



การกะเทาะเปลือก หมายถึง การกะเทาะเอาเปลือกออกจากข้าวเปลือกโดยไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อเนื้อเยื่อส่วนรำระหว่างการเอาเปลือกออก จะเกิดการเสียดสีระหว่างข้าวเปลือกกับอุปกรณ์ของเครื่องกะเทาะโดยมีแรงกระทำจากภายนอก เช่น แรงดันและแรงเฉือน เป็นต้น ดังนั้น การแตกหักของเมล็ดจึงมีอาจหลีกเลี่ยงได้ แต่ต้องพยายามให้มีการแตกหักน้อยที่สุด ปัจจุบันโรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้เครื่องกะเทาะแบบลูกยาง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกะเทาะสูง เกิดการแตกหักน้อย แต่มีค่าใช้จ่ายจากการสึกหรอของลูกยาง และการบำรุงรักษาสูงกว่าวิธีอื่น วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการกะเทาะและเพิ่มอายุการใช้งานลูกยาง สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ควบคุมอัตราการกะเทาะข้าวเปลือกที่ 80-90%

การปรับระยะห่างของลูกยางกะเทาะให้มีค่าอัตราการกะเทาะเปลือกสูงเกินไปจะทำให้ข้าวเกิดการแตกหักมาก (โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิ) ส่วนอัตราการกะเทาะที่ต่ำเกินไปจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ อาทิ เครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้องลดลง ดังนั้น โรงสีข้าวควรควบคุมอัตราการกะเทาะเปลือกให้อยู่ในช่วง 80-90% ทั้งนี้อัตราการกะเทาะที่เหมาะสมของแต่ละโรงงาน ขึ้นกับตัวแปรต่างๆ อาทิ ความสมบูรณ์ของเครื่องกะเทาะ ชนิดข้าวที่ทำการกะเทาะ และคุณภาพข้าว

2. พักลูกยางกะเทาะเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง

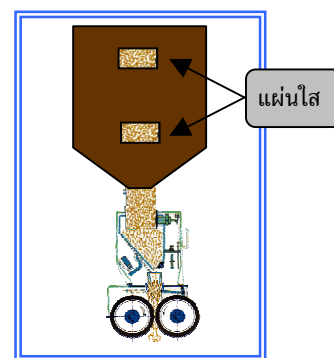
การใช้งานลูกยางกะเทาะอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการหยุดพัก ลูกยางจะถูกหมุนและเสียดสีกับข้าวเปลือกเป็นเวลานาน ทำให้ผิวหน้ายางมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเกิดการอ่อนตัว มีผลทำให้อัตราการกะเทาะข้าวเปลือกและประสิทธิภาพการกะเทาะลดลง การสึกหรอของลูกยางเร็วกว่าปกติ หรืออาจทำให้ข้าวเปลือกมีความเครียดสูง เมื่อสัมผัสกับความร้อนของลูกยาง วิธีการแก้ไขคือ เมื่อเดินเครื่องกะเทาะได้ประมาณ 2-4 ชั่วโมง ควรมีการพักลูกยางประมาณ 5-10 นาที เพื่อให้ยางมีอุณหภูมิลดลง ขั้นตอนการพักลูกยางเริ่มจากหยุดโรยข้าวเข้าห้องกะเทาะ แล้วจึงแยกลูกยางให้ห่างออกจากกัน ทั้งนี้ให้เดินเครื่องอยู่ตลอดเวลาขณะพัก เพราะจะช่วยให้เกิดการระบายความร้อนขณะลูกยางหมุน สามารถช่วยลดการสึกหรอของลูกยาง และยืดอายุการใช้งานลูกยางได้อย่างน้อย 10% วิธีการอื่นนอกเหนือจากการพักลูกยางเพื่อลดความร้อนดังกล่าวแล้ว โรงสีข้าวสามารถติดตั้งระบบระบายอากาศภายในห้องกะเทาะได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งมีทั้งแบบใช้พัดลมอัดอากาศเข้าห้องกะเทาะ และแบบดูดอากาศออกจากห้องกะเทาะ

3. สับเปลี่ยนลูกยางหมุนเร็วและหมุนช้า

โดยทั่วไปความแตกต่างของความเร็วของลูกยางที่เหมาะสมจะมีสัดส่วนระหว่าง 0.75-0.80 ซึ่งหมายความว่า ความเร็วเชิงเส้นหรือความเร็วที่ผิวลูกยาง ณ จุดกะเทาะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 2 เมตรต่อวินาที (สำหรับลูกยางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร) ลูกยางที่หมุนเร็วจะมีอัตราการสึกหรอสูงกว่าลูกยางที่หมุนช้า ความหนาของยางจึงลดลงในสัดส่วนที่ต่างกัน แต่เนื่องจากความเร็วรอบในการหมุนไม่ได้เปลี่ยน ทำให้ความแตกต่างของความเร็วที่ผิวของลูกยางทั้ง 2 เปลี่ยนไป ส่งผลให้อัตราการกะเทาะลดลงและเป็นปัญหาต่อการคัดแยก การปรับระยะห่างของลูกยางให้ชิดมากขึ้นเพื่อให้ได้อัตราการกะเทาะเท่าเดิม จะส่งผลเสียให้เกิดการแตกหักและการสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มขึ้น ดังนั้น แนวทางปฏิบัติที่ดี คือ ควรสับเปลี่ยนลูกยางเป็นประจำวันละ 2 ครั้ง เพื่อให้ประสิทธิภาพและอัตราการกะเทาะอยู่ในระดับที่ดีอยู่เสมอ

4. ควบคุมการไหลของข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะให้คงที่

การกะเทาะข้าวเปลือกโดยใช้ลูกยาง ควรควบคุมให้ข้าวไหลลงเครื่องอย่างสม่ำเสมอและไม่มีการขาดช่วง การปรับปรุงถึงพักข้าวให้มีช่องใส่จะช่วยให้ง่ายต่อการเห็นข้าวในระดับต่ำสุดที่จะไม่ทำให้ข้าวขาดช่วง (การเดินเครื่องกะเทาะโดยไม่มีการไหลต่อเนื่องของข้าวเปลือก จะทำให้ผิวหน้ายางเกิดการสึกกร่อนและใหม่ได้) และในระดับสูงสุดเพื่อป้องกันข้าวล้นออกจากถังพัก ดังรูปที่ 3-1 หรืออาจติดตั้งสัญญาณเตือนเมื่อข้าวในถังพักมากหรือน้อยเกินไป



รูปที่ 3-1 การปรับปรุงถึงพักข้าว

5. จัดให้มีการบันทึกการใช้ลูกยางกะเทาะ

ลูกยางกะเทาะเปลี่ยนนับเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่สำคัญสำหรับกระบวนการสีข้าว จากการตรวจประเมิน พบว่า โรงสีข้าวแต่ละแห่งมีอายุการใช้งานของลูกยางตั้งแต่ 1-7 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด/พันธุ์ข้าวเปลือก คุณภาพของลูกยาง อัตราการกะเทาะข้าวเปลือก และวิธีการดูแลและใช้งานเครื่องกะเทาะ ดังนั้น อายุการใช้งานลูกยางกะเทาะในโรงสีข้าวแต่ละโรงงานจึงมีค่าแตกต่างกัน การจัดทำบันทึกการใช้ลูกยางโดยบันทึกวันที่และเวลาการเริ่มใช้และการเปลี่ยนลูกยางใหม่ จะช่วยให้ผู้บริหารทราบว่าลูกยางกะเทาะที่ใช้สามารถกะเทาะข้าวเปลือกได้เท่าใด และผู้ดูแลเครื่องจะสามารถประมาณช่วงเวลาที่จะต้องสลับลูกยางหรือเปลี่ยนลูกยางใหม่ ซึ่งจะช่วยลดการแตกหักของข้าวจากการใช้งานลูกยางจนถึงแกนเหล็กได้

6. แยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ

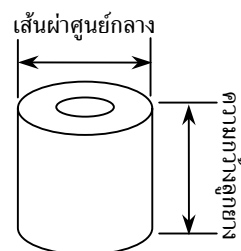
ข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะเปลือกออก มีสาเหตุได้ทั้งจากลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าวเองหรือสภาพการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเร็วของลูกยางไม่ได้มาตรฐาน ปรับแต่งเครื่องไม่ถูกวิธี อัตราการไหลของข้าวเปลือกไม่สัมพันธ์กับการทำงานของเครื่อง เป็นต้น กรณีของลักษณะทางกายภาพนั้น พบว่า ข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการกะเทาะมีลักษณะเมล็ดข้าวส่วนใหญ่เป็นข้าวเปลือกที่มีเมล็ดพองกว่าข้าวเปลือกโดยทั่วไป เมื่อใช้เครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับร่วมกัน จะปรับลูกยางกะเทาะให้มีระยะชิดกันมากกว่าปกติเพื่อให้มีอัตราการกะเทาะเปลือกตามที่ต้องการ ซึ่งส่งผลเสียมากกว่าผลดี ดังนั้น ควรกำหนดให้เครื่องกะเทาะจำนวน 1 เครื่องทำหน้าที่กะเทาะข้าวกลับโดยเฉพาะ (โรงสีข้าวต้องปรับปรุงถึงพักข้าวเปลือกก่อนเข้าเครื่องกะเทาะ โดยทำผนังกันภายในถึงพัก เพื่อแบ่งการกักเก็บระหว่างข้าวเปลือกใหม่ที่ไต่จากลานกองและข้าวกลับที่มาจากเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวล้องออกจากกันหรือมีถึงพักแยกต่างหาก) จะช่วยให้การปรับตั้งเครื่องกะเทาะทั้งการกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับทำได้ง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกสามารถปรับเพิ่มระยะห่างของลูกยางได้ และเครื่องกะเทาะข้าวกลับที่เป็นข้าวพองและอาจมีข้าวล้องหรือข้าวเปลือกที่กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ปนมาด้วยนั้นสามารถปรับลูกยางกะเทาะให้อยู่ชิดกันมากขึ้น

7. ปรับความเร็วรอบของลูกยางกะเทาะให้เหมาะสม

การปรับเพิ่มความเร็วในการหมุนลูกยาง เป็นการเพิ่มปริมาณผลผลิตที่ทำงานได้ต่อชั่วโมงให้สูงขึ้น แต่ความเร็วที่สูงเกินไปจะทำให้เมล็ดข้าวมีโอกาสแตกหักมาก ผิวน้ำยางจะได้รับความเสียหายเนื่องจากความร้อนและความเครียดของผิวยาง ดังนั้น โรงสีข้าวควรปรับความเร็วของลูกยางให้เหมาะสม โดยให้มีความเร็วที่ผิวลูกยางลูกเร็ว ณ จุดกะเทาะประมาณ 13 เมตรต่อวินาที (สำหรับลูกยางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร) ดังตัวอย่างการคำนวณ ส่วนลูกยางลูกช้าควรมีความเร็วช้ากว่าลูกเร็วประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ สามารถสรุปแยกตามขนาดลูกยางที่ใช้ได้ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ความเร็วในการหมุนของลูกยางที่เหมาะสม

เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)	ความกว้างลูกยาง (มิลลิเมตร)	ความเร็วรอบลูกยาง (รอบต่อนาที)	
		ลูกเร็ว	ลูกช้า
150	64	1,320	900
220	76	1,200	900
250	250	1,000	740



ตัวอย่างการคำนวณ : เครื่องกะเทาะมีเส้นผ่าศูนย์กลางลูกยาง 250 มิลลิเมตร ความเร็วรอบลูกยางลูกเร็ว 1,000 รอบ/นาที หาความเร็วผิวของลูกยางลูกเร็วได้ดังนี้

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกยาง (เมตร)

N = ความเร็วรอบในการหมุนของลูกยาง (รอบ/นาที)

$$V = \text{ความเร็วเชิงเส้น} = \frac{\pi \times D \times N}{60}$$

(ความเร็วผิว)

$$= \frac{3.14 \times 0.25 \times 1,000}{60} = 13 \text{ เมตร/วินาที}$$

8. เลือกใช้ลูกยางที่มีความแข็งประมาณ 90-95 ชอร์

การใช้ลูกยางที่มีความแข็งที่เหมาะสม หากสามารถปรับลูกยางให้มีระยะห่างน้อยกว่าความหนาของเมล็ดข้าวเปลือกเพียงเล็กน้อย จะช่วยให้มีผิวสัมผัสกับข้าวเปลือก โดยเกิดการแตกหักน้อยและการสึกหรอของลูกยางต่ำ การใช้ลูกยางที่อ่อนเกินไป ผู้ควบคุมเครื่องจำเป็นต้องปรับลูกยางให้ชิดกันมากขึ้นเพื่อให้มีอัตราการกะเทาะสูง หนัวยางมีผิวสัมผัสกับข้าวมากขึ้น ข้าวจะถูกบีบอัดเกิดการแตกหัก และทำให้ผิวหนัวยางสึกหรอเร็ว โดยทั่วไปลูกยางที่เหมาะสมควรมีความแข็งประมาณ 90-95 ชอร์

9. คัดแยกขนาดข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะ

การคัดแยกขนาดข้าวเปลือกให้มีขนาดใกล้เคียงกันก่อนการกะเทาะเปลือกโดยการติดตั้งตัวเครื่องคัดแยกขนาดเพิ่มเติม จะช่วยให้การปรับตั้งเครื่องกะเทาะง่ายขึ้น โดยปรับระยะห่างของลูกยางให้เหมาะสมกับความหนาเฉลี่ยของข้าวเปลือกในแต่ละรอบการผลิต ลดโอกาสการแตกหักของข้าวเปลือกขณะกะเทาะ

3.1.3 การแยกแกลบ

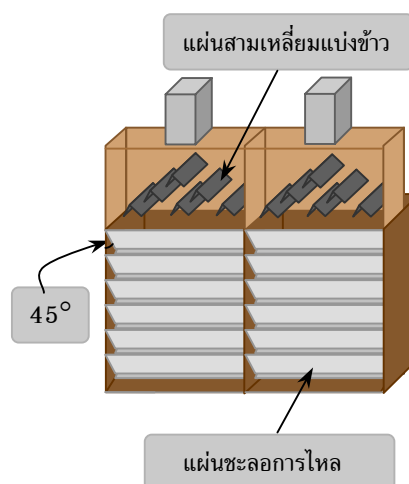
ขั้นตอนการคัดแยกแกลบภายหลังการกะเทาะเปลือก โรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมใช้เครื่องแยกแกลบแบบตุ้สตี๊ด ระบบลมดูดแบบเปิดที่อาศัยแรงจากการไหลของอากาศเอาชนะแรงที่เกิดจากการตกของแกลบ สามารถแยกแกลบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการคัดแยกแกลบจะขึ้นอยู่กับความเร็วลมในการควบคุมการกระจายผลผลิตลงหน้าตุ้สตี๊ด ปริมาณผลผลิตที่ไหลผ่าน ความเร็วของแกลบที่ไหลผ่านหน้าตุ้สตี๊ด และความเร็วลมของตุ้สตี๊ด พัฒลมดูดแกลบโดยทั่วไปจะใช้พลังงานสูง การเพิ่มประสิทธิภาพตุ้สตี๊ดนอกจากจะลดการสูญเสียผลผลิตที่ปนไปกับแกลบ แล้วยังช่วยลดการสูญเสียพลังงานจากการคัดแยกที่ไม่มีประสิทธิภาพด้วย

1. ปรับความเร็วลมหน้าตุ้สตี๊ดให้เหมาะสม

การคัดแยกแกลบโดยใช้ความเร็วลมหน้าตุ้สตี๊ดที่สูงเกินไปจะทำให้ปลายข้าวและข้าวลีบสูญเสียไปกับแกลบ ในทางตรงกันข้ามความเร็วลมที่น้อยเกินไปจะทำให้แกลบปนอยู่กับข้าวกล้องและข้าวเปลือก ส่งผลให้สมรรถนะของเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องลดลง เนื่องจากการอุดตันของแกลบ ดังนั้นโรงสีข้าวควรปรับความเร็วลมให้มีความเหมาะสม การปรับความเร็วลมทำได้โดยการปรับเลื่อนตำแหน่งของลิ้นอากาศ (หูช้าง) จนมีการแยกได้เหมาะสมสำหรับตุ้สตี๊ดที่ใช้อัตราขับเคลื่อนแยกอิสระจากมอเตอร์อื่น สามารถใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์แทนการปรับด้วยหูช้าง อย่างไรก็ตามควรมีการตรวจสอบสภาพการทำงานของตุ้สตี๊ดว่าชำรุดในส่วนใดบ้าง และสังเกตว่าข้าวเปลือกและข้าวกล้องมีแกลบปนหรือไม่ หรือมีข้าวปนไปกับแกลบหรือไม่อย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง

2. ติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตุ้สตี๊ด

ผลผลิตที่ออกจากเครื่องกะเทาะ (บางครั้งเรียกว่า “ข้าวแกลบ”) โดยทั่วไปจะไหลลงด้านบนของตุ้สตี๊ดโดยตรงทำให้ข้าวแกลบที่ผ่านหน้าตุ้สตี๊ดมีความหนาไม่เท่ากัน โดยเฉพาะบริเวณด้านข้างจะไม่มีข้าวแกลบไหลผ่านจึงมีความเร็วลมจับสูง (Capture Velocity) ส่วนบริเวณที่ข้าวแกลบมีความหนามาก จะมีความเร็วลมจับต่ำส่งผลให้มีแกลบปนมากับข้าวกล้องและข้าวเปลือก ดังนั้น โรงสีข้าวควรโรยข้าวผ่านหน้าตุ้สตี๊ดให้มีความสม่ำเสมอและเต็มพื้นที่



รูปที่ 3-2 แสดงอุปกรณ์ช่วยโรยข้าว

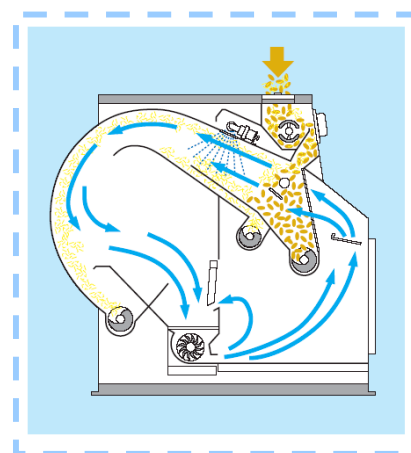
หน้าตัดของตุ้สตี๊ดแต่ไม่หนาจนขัดขวางการไหลของลม (ไม่มากกว่า 1 นิ้ว) วิธีการที่เสนอแนะคือติดตั้งลูกกลิ้งปล่อยข้าวลงตุ้สตี๊ดให้เป็นแผ่นบางอย่างสม่ำเสมอ เพื่อโรยข้าวให้เต็มหน้าตุ้สตี๊ด กรณีนี้จะต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้ไฟฟ้าเพื่อขับเคลื่อนลูกกลิ้งปล่อยข้าวลงตุ้สตี๊ด หรือสามารถติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงหน้าตุ้สตี๊ด ดังรูปที่ 3-2 โดยไม่ต้องลงทุนมากนัก และไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

3. จัดให้มีแผ่นชะลอการไหลของข้าวผ่านหน้าตู้สีฝัด

แผ่นชะลอการไหลช่วยลดความเร็วของข้าวและแกลบที่ไหลผ่านหน้าตู้สีฝัด จะเกิดพลิกตัวไปมาทำให้แกลบแยกออกได้ง่าย รวมทั้งแรงตกของแกลบจะถูกชะลอลงทำให้แรงลมดูดแกลบออกไปได้เช่นเดียวกัน การติดตั้งแผ่นชะลอการไหลหน้าตู้สีฝัดควรมีระยะห่างและมุมเอียงของแผ่นที่เหมาะสม โดยควรมีมุมเอียงประมาณ 45 องศา และมีช่องว่างมากพอที่ข้าวจะไหลผ่านไปได้ ดังรูปที่ 3-2

4. ใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีฝัด

เครื่องแยกแกลบระบบปิด (Closed Circuit Husk Separator) ดังรูปที่ 3-3 สามารถแยกแกลบและข้าวลีบออกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ผลผลิตถูกใส่เข้าด้านบนของเครื่องไหลลงตามแผ่นเหล็กที่วางเอียงเป็นแผ่นบางๆ อย่างสม่ำเสมอ มีพัดลมทำหน้าที่ดูดแกลบออกไปและหมุนอยู่ในผนังห้องแยกในลักษณะไซโคลน จนแกลบแยกออกจากกระแสมแล้วตกลงที่ก้นกรวยแล้วลำเลียงออกไปโดยสกรูลำเลียง ส่วนลมที่แยกแกลบออกไปแล้วจะไหลกลับไปผ่านพัดลมอีกครั้ง ส่วนข้าวลีบจะถูกแยกออกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้องโดยลม เครื่องแบบนี้ไม่สามารถแยกราหยาบ ฝุ่นละอองและข้าวหักออกจากแกลบได้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องติดตั้งตะแกรงช่วยแยกราหยาบและปลายข้าวก่อนผ่านเข้าสู่เครื่องแยกแกลบ ข้อดีของเครื่องแยกแกลบระบบปิด คือ



รูปที่ 3-3 เครื่องแยกแกลบระบบปิด

- 1) ใช้พลังงานต่ำกว่าเครื่องแยกแกลบระบบเปิดประมาณ 3-5 เท่า
- 2) ควบคุมปริมาณอากาศได้ง่าย ลดการสูญเสียข้าวปนไปกับแกลบ
- 3) ลดปัญหาฝุ่นฟุ้งกระจายจากการใช้ลมส่งแกลบไปเก็บยังยุ้งแกลบ แต่ต้องติดตั้งระบบลำเลียงแกลบแทน เช่น สกรู หรือ สายพานลำเลียง เป็นต้น
- 4) ตรวจสอบผลผลิตที่ปนไปกับแกลบได้ที่เครื่องทันที โดยไม่ต้องไปตรวจสอบบริเวณลานกองหรือยุ้งแกลบ

3.1.4 การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง

การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง โรงสีข้าวส่วนใหญ่เลือกใช้ตะแกรงโยกในการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ข้อดีของตะแกรงโยกคือ ต้องการกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรน้อย ค่าใช้จ่ายในการทำงานต่ำ การบำรุงรักษาทำได้ง่าย และมีอายุการใช้งานนานกว่าเครื่องแยกแบบอื่น อย่างไรก็ตามความสามารถในการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของเมล็ด และการปรับตั้งเครื่องจักร ดังนั้น แนวทางเลือกในการปรับปรุงตะแกรงโยกให้สามารถทำการคัดแยกได้ดีขึ้น เพื่อลดการสูญเสียข้าวต้นเนื่องจากมีข้าวกล้องปนไปกับข้าวเปลือกกลับไปกะเพาะซ้ำ และเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องขัดขาว มีวิธีการดังต่อไปนี้

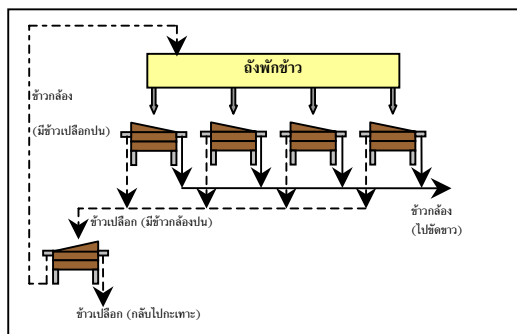
1. ปรับตั้งเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องให้เหมาะสม

การปรับตั้งเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง (ตะแกรงโยก) จะต้องคำนึงถึงวัสดุที่ใช้ทำพื้นของช่องแยก ชนิดข้าว และปริมาณผลผลิตที่ป้อนเข้า เนื่องจากการเคลื่อนที่ของข้าวเปลือกและข้าวกล้องขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะของวัสดุ รูปร่าง พื้นสัมผัส และความเรียบของผิวที่เป็นพื้นเอียง ถ้าวัสดุที่ใช้ทำพื้นเอียงมีผิวเรียบ ผลผลิตก็จะไหลเร็วขึ้น ทั้งนี้ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีรูปร่าง ขนาด ความเรียบผิวแตกต่างกัน การปรับตั้งก็จะแตกต่างกันไปด้วย แนวทางการปรับตั้งตะแกรงโยกเพื่อแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้องออกจากกันได้มากที่สุด สามารถทำได้ดังนี้

- 1) ปรับความเอียงของตะแกรงโยกเพื่อให้ทางออกของข้าวเปลือกทำมุมกับแนวระนาบสูงกว่าทางออกของข้าวกล้องประมาณ 4-5 องศา จะได้อัตราการคัดแยกที่สูงใกล้เคียงกับความสามารถทำงานของตะแกรงโยก
- 2) ปรับความเร็วในการโยกให้มีค่าประมาณ 96 ครั้งต่อนาที และเก็บตัวอย่างจากช่องออกข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ถ้ามีข้าวเปลือกติดออกมากับข้าวกล้อง ให้เพิ่มความเร็วจนกระทั่งไม่มีข้าวเปลือกปนออกมา ในทางตรงกันข้ามถ้ามี ข้าวกล้องปนออกมากับข้าวเปลือกตรงช่องออกข้าวเปลือก ให้ลดความเร็วจนกระทั่งไม่มีข้าวกล้องปนออกมา และการปรับตั้งที่ดีควรปรับความเร็วจะทำให้ข้าวเปลือกแยกออกจากข้าวกล้องดีกว่าการปรับความเอียง
- 3) การปรับตั้งเครื่องทุกครั้งต้องเก็บตัวอย่างออกมาตรวจสอบเสมอ หลังจากปรับแล้ว 2-3 นาที
- 4) ต้องควบคุมการป้อนข้าวเข้าตะแกรงโยกให้มีความสม่ำเสมอและคงที่ โดยจัดให้มีถังพักเก็บผลผลิตไว้อย่างเพียงพอ
- 5) ต้องคัดแยกสิ่งเจือปนออกให้ไม่มีหรือมีน้อยที่สุด ก่อนนำมาคัดแยกด้วยตะแกรงโยก
- 6) ลักษณะการทำงานของเครื่องต้องสมดุลตามแนวการโยก ไม่มีการกระตุกเมื่อสุตระยะโยก

2. เพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง

ในการคัดแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้องจำนวน 1 ครั้ง ตะแกรงโยกจะถูกปรับให้ช่องออกข้าวกล้องไม่มีข้าวเปลือกปน แต่ช่องออกข้าวเปลือกที่กลับไปกะเทาะยังมีข้าวกล้องปน ดังรูปที่ 3-4 ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงข้าวกล้องปนไปกับข้าวเปลือกและถูกกะเทาะซ้ำจนเกิดการแตกหักมากขึ้น ควรเพิ่มจำนวนการคัดแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้อง โดยแบ่งเป็น 2 ครั้ง ดังนี้



- ครั้งที่ 1 คัดแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือก โดยไม่มีข้าวเปลือกปน เพื่อเข้าขั้นตอนขัดขาว
- ครั้งที่ 2 นำข้าวเปลือกที่ได้จากการคัดแยกครั้งที่ 1 มาแยกเอาเฉพาะข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง เพื่อนำกลับไปกะเทาะซ้ำโดยไม่มีข้าวกล้องปน ส่วนที่เหลือนำกลับไปคัดแยกใหม่

รูปที่ 3-4 การวางผังเครื่องคัดแยกข้าวเปลือก
ออกจากข้าวกล้อง

3.1.5 การขัดขาว

การขัดขาวข้าว โรงสีข้าวส่วนใหญ่เลือกใช้เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง เพื่อขัดเนื้อเยื่อชั้นราของข้าวกล้องออก ซึ่งระหว่างการขัดเมล็ดข้าวจะเกิดแรงดันกับลูกหินขัดขาว และตะแกรง โดยแรงต้านทานที่เกิดจากลูกยางเบรค ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการขัดขาวรวมทั้งรูปร่างของข้าวสารภายหลังการขัดขาว ได้แก่ ระยะระหว่างลูกหินขัดกับตะแกรง ระยะห่างระหว่างลูกยางเบรคกับลูกหินขัด ขนาดของรูตะแกรง ลักษณะผิวลูกหินขัด ความเร็วในการหมุนของลูกหินขัด อัตราการไหลของข้าว ลักษณะการวางผังการผลิตและอุณหภูมิของข้าวภายในห้องขัด การสูญเสียที่เกิดขึ้นส่งผลต่อปริมาณข้าวรวม รวมทั้งลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าวสารภายหลังการขัด ดังนั้นแนวทางการปฏิบัติที่ดีเพื่อลดการสูญเสียผลิตภัณท์จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีวิธีการดังต่อไปนี้

1. วางแผนการขัดขาวให้เหมาะสม

โดยทั่วไป การขัดข้าวให้รำออกหมดเพียงครั้งเดียว จะต้องปรับเครื่องให้มีระยะห่างระหว่างตะแกรงกับลูกหินน้อยมาก แรงดันในห้องขัดสูง ส่งผลให้ข้าวมีอุณหภูมิสูงและเกิดการแตกหักได้ง่าย โรงสีข้าวควรจัดให้มีการขัดข้าวอย่างเหมาะสม ข้าวขาวและข้าวหอมมะลิควรขัดประมาณ 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 3 ควรขัดด้วยเครื่องขัดแบบลูกเหล็กแกนนอน ส่วนข้าวเหนียวควรขัดประมาณ 4-5 ครั้ง โดยครั้งสุดท้ายควรขัดด้วยเครื่องขัดแบบลูกเหล็กแกนนอน เพื่อลดการแตกหัก และเพิ่มแรงดันโดยใช้ความเร็วต่ำเพื่อให้ข้าวมีความขาวและมีรูปร่างยาว และสำหรับข้าวนี้ควร

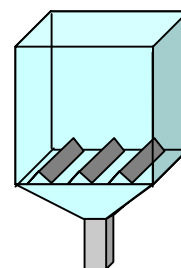
ชัดประมาณ 4-5 ครั้ง เนื่องจากการชัดร้อออกยากกว่าข้าวชนิดอื่น และควรใช้เวลาชัดน้อย เพื่อไม่ให้อุณหภูมิของข้าวสูง ทั้งนี้ภายหลังการชัดข้าวแต่ละครั้ง ควรมีการพักข้าวเพื่อลดอุณหภูมิและความเครียดที่เกิดขึ้นกับเมล็ดข้าว

2. จัดให้มีการตรวจสอบรำละเอียดเป็นประจำ

โรงสีข้าวควรจัดให้มีการตรวจสอบรำละเอียดอย่างน้อย 1 ครั้ง/วัน เมื่อมีข้าวปนไปกับรำละเอียด ให้ตรวจสอบตะแกรงร่อนว่ามีการชำรุดหรือไม่ เพื่อลดการสูญเสียข้าวปนไปกับรำละเอียด

3. รักษาอุณหภูมิของข้าวให้อยู่ในระดับปลอดภัย

การชัดข้าว โดยทั่วไปจะมีการชัดมากกว่า 1 ครั้ง ข้าวที่ผ่านการชัดแต่ละครั้งจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หากโรงสีข้าวไม่มีการลดอุณหภูมิข้าวก่อนทำการชัดครั้งต่อไป การแตกหักของข้าวอาจเพิ่มขึ้นได้ ดังนั้น โรงสีข้าวจึงควรรักษาอุณหภูมิของข้าวในการชัดแต่ละครั้งให้อยู่ในระดับปลอดภัย คือ ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส โดยการปรับปรุงถึงพักให้ข้าวได้ลดอุณหภูมิก่อนการชัด เนื่องจากบริเวณช่องทางออกของถังพักมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวย เป็นผลทำให้วัสดุที่อยู่บริเวณทางออกซึ่งตรงกับบริเวณกลางถังพักจะไหลออกได้ง่ายกว่า ข้าวที่ลำเลียงเข้ามาทีหลังจะอยู่บริเวณกลางถัง จึงไหลออกไปก่อน ส่วนข้าวที่ลำเลียงเข้ามาทีหลังซึ่งอยู่บริเวณริมถังพัก จะไหลออกได้ช้ากว่า ลักษณะเช่นนี้ทำให้ข้าวที่ลำเลียงเข้ามาทีหลังออกไปก่อนโดยที่อุณหภูมิของข้าวยังสูงอยู่ วิธีเสนอแนะคือ ติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวที่บริเวณกันถังพัก ดังรูปที่ 3-5 ข้าวที่อยู่ในระดับเดียวกันจะไหลออกไปพร้อมกันซึ่งทำให้ข้าวที่เข้ามาทีหลังได้มีเวลาพัก



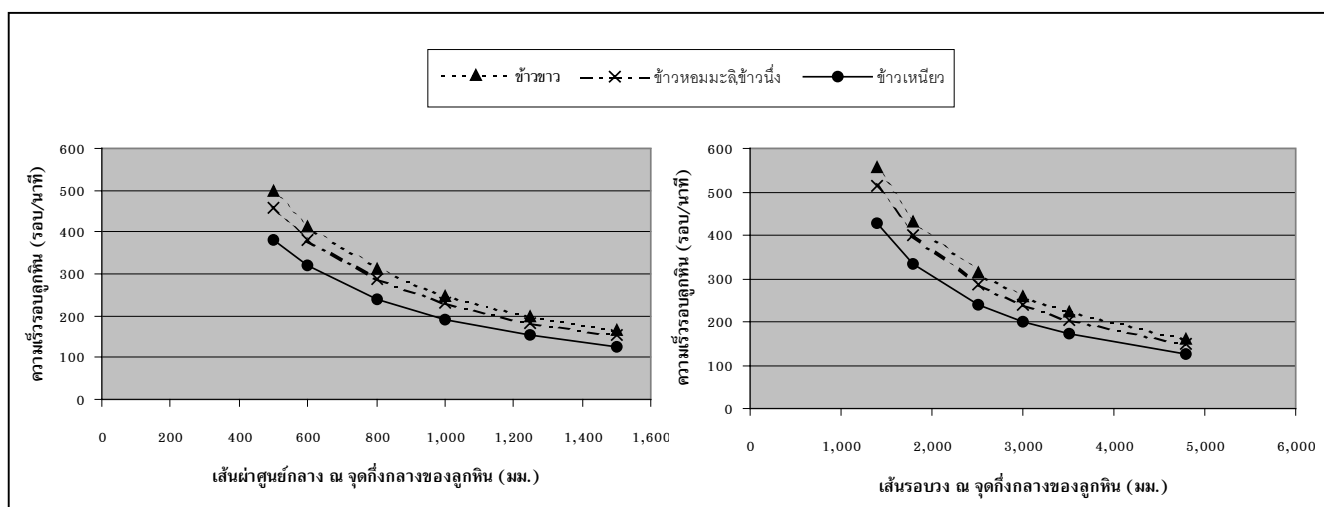
รูปที่ 3-5 การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าว

4. ควบคุมการไหลของข้าวให้สม่ำเสมอและไม่ขาดช่วง

กรณีปริมาณข้าวป้อนเข้าเครื่องชัดข้าวมีปริมาณน้อยหรือขาดช่วง จะส่งผลให้แรงดันในห้องชัดต่ำและไม่คงที่ ปลายเมล็ดข้าวจะหันเข้าหาลูกหินชัด ทำให้สูญเสียเนื้อข้าวด้านยาว และข้าวแตกหักได้ง่าย ดังนั้น โรงสีข้าวควรควบคุมให้ข้าวไหลลงเครื่องอย่างสม่ำเสมอและไม่ขาดช่วง โดยการปรับปรุงถึงพักข้าวให้มีช่องใส่ให้มองเห็นข้าวในระดับต่ำสุดที่จะไม่ทำให้ข้าวขาดช่วง และในระดับสูงสุดเพื่อป้องกันข้าวล้นออกจากถังพัก หรืออาจติดตั้งสัญญาณเตือน เมื่อข้าวในถังพักมากหรือน้อยเกินไป

5. ปรับความเร็วผิวลูกหินขัดให้มีความเหมาะสมโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ

ความเร็วผิวลูกหินขัดที่เหมาะสมสำหรับข้าวแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน โดยทั่วไปความเร็วผิว ณ จุดกึ่งกลางของลูกหิน สำหรับขัดข้าวขาวควรมีค่าเท่ากับ 13 เมตรต่อวินาที ข้าวหอมมะลิ 12 เมตรต่อวินาที ข้าวเหนียว 12 เมตรต่อวินาที และข้าวเหนียว 10 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้ ต้องควบคุมการปล่อยข้าวลงเครื่องให้เต็มตัวอย่างสม่ำเสมอ และเมื่อหินสึกมากขึ้น เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกหินลดลง เป็นผลให้ความเร็วผิวของลูกหินลดลงด้วย จึงควรปรับความเร็วรอบการหมุนให้สูงขึ้น เพื่อให้ความเร็วผิวมีค่าที่เหมาะสมตามต้องการ ความเร็วรอบการหมุนที่เหมาะสมแสดงดังรูปที่ 3-6



รูปที่ 3-6 กราฟแสดงความเร็วรอบลูกหินที่เหมาะสม

6. คัดแยกปลายข้าวก่อนการขัด

ควรมีตะแกรงคัดแยกปลายข้าวก่อนการขัดขาวและขัดมัน เพื่อลดการสูญเสียปลายข้าวไปกับรำ ลดการอุดตันของตะแกรง รวมทั้งช่วยให้การปรับตั้งลูกหินง่ายขึ้น และลดการแตกหักของเมล็ดข้าว

3.2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตหรือทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ 1) **การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ** และ 2) **การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงกลบอย่างมีประสิทธิภาพ** ซึ่งมุ่งเน้นการลดค่าใช้จ่ายหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตด้านการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายของโรงสีข้าวและลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

3.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อต้นทุนสำหรับกระบวนการสีข้าว วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ จะมุ่งเน้นการลดค่าใช้จ่าย และลดความสูญเสียด้านพลังงานไฟฟ้า อาทิ การตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักร การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การดูแลรักษามอเตอร์ไฟฟ้า และการเลือกโครงสร้างค่าไฟฟ้าให้เหมาะสมกับแต่ละโรงสีข้าว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จัดทำรายงานแสดงเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า

โรงสีข้าวควรจัดทำรายการแสดงเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และพิจารณาวางแผนการใช้ไฟฟ้า พยายามรักษาระดับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ให้ต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลง และกำหนดเป้าหมายความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดไว้ ซึ่งความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถคำนวณได้จากค่าตัวประกอบภาระไฟฟ้า (Load Factor) ดังภาคผนวก ค. โดยทั่วไปการทำงานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง/วัน ค่าตัวประกอบภาระไฟฟ้าไม่ควรต่ำกว่า 80%

2. หลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด

โรงสีข้าวควรวางแผนการเดินเครื่องจักร โดยหลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ขนาดใหญ่ หรือขั้นตอนการผลิตที่ไม่จำเป็นต้องทำพร้อมกับขั้นตอนการผลิตอื่นๆ ในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ทั้งนี้ขึ้นกับพื้นที่และเขตควบคุมของการใช้ไฟฟ้า เช่น ขั้นตอนการขัดมันข้าว เครื่องขัดมันจะใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่ โรงสีข้าวบางแห่งไม่มีการขัดมันตลอดเวลา ดังนั้น ควรหลีกเลี่ยงการขัดมันข้าวในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูง เป็นต้น

3. จัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร

การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร สามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งในกรณีการเริ่มกระบวนการสีข้าวในแต่ละวันและกรณีการเริ่มเดินเครื่องจักรเมื่อเกิดไฟฟ้าขัดข้อง โรงสีข้าวควรวางแผนและแบ่งการทำงานของเครื่องจักรแยกเป็นชุดๆ อาทิ กลุ่มตะแกรง กลุ่มกะพ้อ กลุ่มเครื่องกะเทาะ และกลุ่มเครื่องขัดขาว และจัดทำตารางกำหนดช่วงเวลากการเริ่มเดินเครื่องจักรแต่ละกลุ่มตามลำดับการใช้งาน เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการเดินเครื่องเปล่า โดยให้มีระยะเวลาการเริ่มทำงานในแต่ละกลุ่มห่างกันประมาณ 15 นาที และ/หรือเริ่มเดินเครื่องจักรในกลุ่มเดียวกันห่างกันประมาณ 15 วินาที ทั้งนี้โรงสีข้าวควรพิจารณาปรับใช้ตามความเหมาะสมของจำนวนเครื่องจักรเป็นสำคัญ

4. จัดทำบัญชีการใช้ไฟฟ้า

โรงสีข้าวส่วนใหญ่ไม่มีการเก็บข้อมูลด้านการใช้ไฟฟ้า ดังนั้นควรเริ่มต้นจัดทำบัญชีการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน รวมถึงข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้องได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบข้าวเปลือกและปริมาณผลผลิตในแต่ละวันหรือแต่ละเดือน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อตันข้าวที่สีได้

5. การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญที่สุดสำหรับโรงสีข้าว ดังนั้นเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปโดยไม่จำเป็น แนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้มอเตอร์สรุปได้ดังนี้

- กรณีจำเป็นต้องเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ ควรเลือกขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสมกับภาระการทำงาน และสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับค่าภาระสูงสุด (Full Load) ให้มากที่สุดโดย Load Factor ควรสูงกว่า 75% อาทิ เครื่องขัดขาว กำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องขัดขาว ขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิตที่ขัดได้ หรือขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางกรวยขัดขาว นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกรออกแบบและการเลือกใช้ลูกปืนที่มีประสิทธิภาพ โดยกำลังที่ต้องการมีค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การเลือกขนาดมอเตอร์สำหรับเครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกหิน (มม.)		500	600	800	1,000	1,250	1,500
กำลัง	แรงม้า	4	7.5	10	15	20	25
	กิโลวัตต์	2.2	3.7	6	9	11	13.5

- ตรวจสอบสายพานที่ใช้ระหว่างเพลลาของมอเตอร์และมูเล่ให้มีความตึงที่เหมาะสมอย่างสม่ำเสมอ สายพานที่หย่อนเกินไปจะทำให้สูญเสียการส่งกำลัง (Power Transmission Loss) และทำให้ความเร็วรอบของเครื่องจักรเปลี่ยนไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรลดลง ส่วนสายพานที่มีความตึงมากเกินไปจะทำให้เกิดความฝืดและอายุการใช้งานของสายพานสั้นลง
- ควรอัดสารหล่อลื่นตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้เช่น 3-6 เดือนต่อครั้ง เพราะมอเตอร์ที่ฝืดเกินไป จะทำให้มอเตอร์ใช้ไฟฟ้ามากกว่าปกติและอาจทำให้ลูกปืนแตกได้
- ปรับแก้ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของมอเตอร์ให้สูงขึ้นโดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor) จักช่วยให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์มีค่าสูงขึ้นได้ (ค่าตัวประกอบกำลังของระบบไม่ควรต่ำกว่า 85 เปอร์เซ็นต์)
- เลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ทั่วไป 2-4% ในมอเตอร์ขนาดใหญ่ และ 4-7% ในมอเตอร์ขนาดเล็กกว่า 5.5 กิโลวัตต์ อย่างไรก็ตาม โรงสีข้าวจำเป็นต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม เช่น มีระบบระบายอากาศที่ดีปราศจากฝุ่นละออง เนื่องจากฝุ่นละอองที่เกาะติดอยู่ทำให้การระบายความร้อนของมอเตอร์ทำได้ไม่ดี มอเตอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียของมอเตอร์เพิ่มขึ้น และควรตรวจสอบสภาพการระบายความร้อนของมอเตอร์เป็นประจำ หมั่นใช้เครื่องเป่าลมทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกาะติดบริเวณมอเตอร์

6. การเริ่มเดินมอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่แบบสตาร์-เดลตา

การเริ่มเดินมอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่ กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินมอเตอร์จะมีค่าสูง เป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายต่อมอเตอร์ได้ ดังนั้นขณะเริ่มเดินมอเตอร์จะต้องหาวิธีการลดกระแสไฟฟ้า วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้คือ การเริ่มเดินมอเตอร์แบบสตาร์และเดินเครื่องแบบเดลตา จะทำให้กระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินมอเตอร์ต่ำ และทำให้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ต่ำด้วย โดยทั่วไปการต่อวงจรแบบนี้จะใช้กับมอเตอร์สามเฟสขนาด 2 กิโลวัตต์ ขึ้นไป ส่วนมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 กิโลวัตต์ ควรต่อวงจรเริ่มเดินมอเตอร์โดยตรง

7. ตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง

ตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่องเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องจักรนั้นๆ ซึ่งช่วยให้โรงสีข้าวกำหนดเป้าหมายการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

8. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU

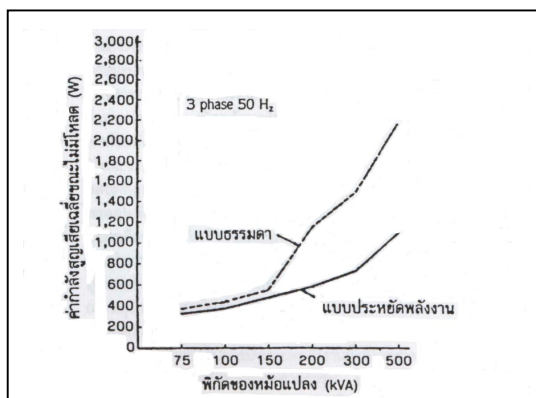
สำหรับโรงสีข้าวที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าในช่วง Off Peak มากกว่าร้อยละ 60 และมีโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเป็นแบบปกติ มีความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนไปใช้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ซึ่งจะช่วยให้โรงสีข้าวประหยัดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าได้ ดังตัวอย่างการคำนวณในภาคผนวก ค.

9. การเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ อาทิ เครื่องจักรซิงโครนัส (Synchronous Motor) หรือ คาปาซิเตอร์ ให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 ของขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าในหน่วยของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (กิโลโวลต์-แอมแปร์) จะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบ รวมทั้งลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากค่าปรับไฟฟ้าที่เกิดจากค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าต่ำกว่า 0.85

10. การเลือกใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดเหมาะสม

กรณีโรงสีข้าวจำเป็นต้องเปลี่ยนหม้อแปลงใหม่ ควรพิจารณาเลือกหม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดพลังงาน ซึ่งมีการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในแกนเหล็กขณะที่หม้อแปลงไม่ได้จ่ายโหลด (Core Loss) ต่ำกว่าชนิดธรรมดา ดังรูปที่ 3-7 และควรเลือกขนาดที่เหมาะสมกับภาระการใช้งานมากที่สุด (ประมาณร้อยละ 60 ขึ้นไป) กรณีที่ภายในร้านสีข้าวไม่มีการใช้ไฟฟ้าเป็นเวลานานกว่าหนึ่งสัปดาห์ ควรปลดวงจรจ่ายไฟแรงสูงก่อนเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าที่เกิดจากการสูญเสียในหม้อแปลงได้



รูปที่ 3-7 กราฟแสดงกำลังสูญเสียกำลังไฟฟ้าในแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบธรรมดากับชนิด
ประหยัลดพลังงาน

3.2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ

โรงสีข้าวใช้เชื้อเพลิงแกลบในการผลิตไอน้ำ สำหรับกระบวนการสีข้าว กระบวนการแช่และนึ่งข้าว และให้ความร้อนในกระบวนการอบแห้งข้าวเปลือก แม้ว่าแกลบจะเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการสีข้าว แต่ในปัจจุบันแกลบมีราคาสูงขึ้น โรงสีข้าวที่สามารถเหลือแกลบสำหรับจำหน่ายได้มาก จะส่งผลให้โรงสีข้าวนั้นมีรายได้เพิ่มขึ้น และยังช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำที่ระบายสู่บรรยากาศ ดังนั้น การใช้เชื้อเพลิงแกลบให้มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องมีการจัดการที่ดีของหม้อไอน้ำด้วยเช่นกัน นอกจากนี้ การปรับเปลี่ยนแหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้า ก็สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ สำหรับแนวทางการจัดการหม้อไอน้ำและการใช้เชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

1. การบำรุงรักษาหม้อไอน้ำอย่างสม่ำเสมอ

โรงสีข้าวควรกำหนดให้มีตารางการซ่อมบำรุงหม้อไอน้ำและเครื่องจักรไอน้ำเป็นประจำ ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาการหยุดเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอย่างกะทันหันจากปัญหาหม้อไอน้ำหรือเครื่องจักรไอน้ำชำรุด แนวทางการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำสรุปไว้ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แสดงระยะเวลาตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

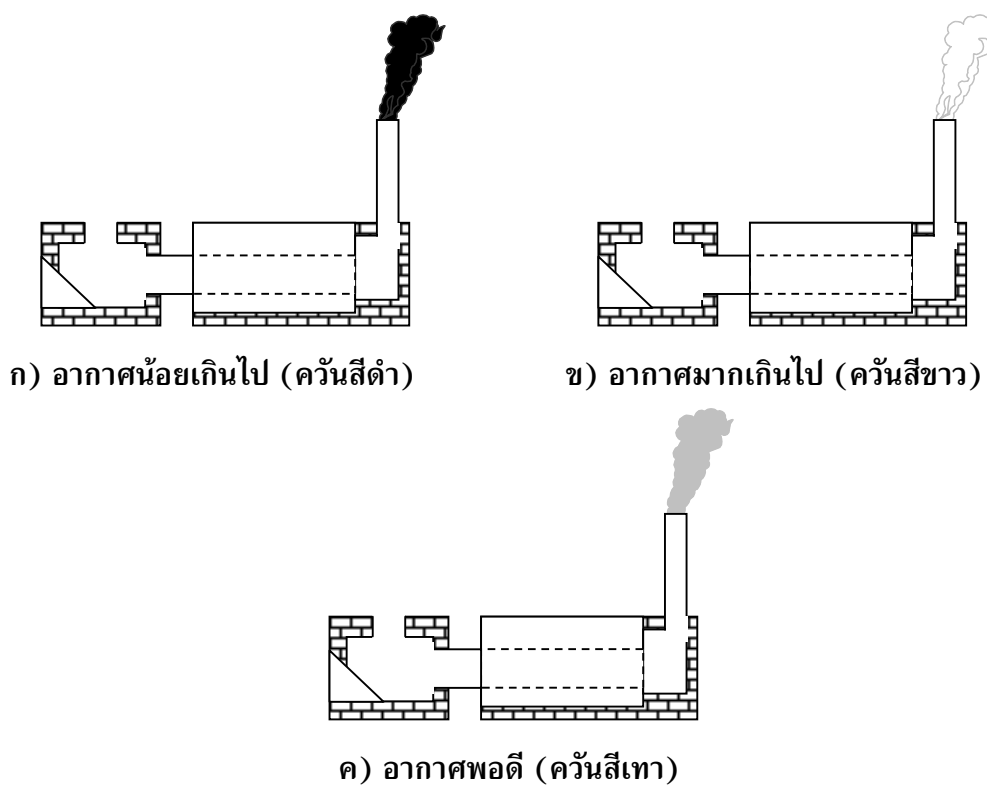
ระยะเวลา สิ่งที่ต้องตรวจสอบ	1 วัน	7 วัน	1 เดือน	3-6 เดือน	1 ปี
ทดสอบแกว้วัดระดับน้ำ วาล์วและท่อ	○			●	
วาล์วถ่ายน้ำทิ้ง	○			●	
เครื่องควบคุมระดับน้ำ	○			●	
สัญญาณเตือนภัยอัตโนมัติ	○			●	
เครื่องปรับปรุงคุณภาพน้ำ	○				●
ปั๊มน้ำ		○			●
ลื่นนิรภัย		○			●
วาล์วจ่ายไอน้ำ		○			●
เกจวัดความดันและท่อ			○		●
สวิทช์ควบคุมความดันและท่อ			○		●
วาล์วกักเก็บที่ท่อน้ำเข้า			○		●
ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำด้านสัมผัสไฟ			○		●
เหล็กยึดโยง				○	●
ปลั๊กหลอมละลาย				○	●
ถังพักไอน้ำ				○	●
ท่อน้ำหรือท่อไอน้ำด้านสัมผัสน้ำ				○	●
อิฐทนไฟ				○	●

หมายเหตุ: ○ หมายถึง การตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

● หมายถึง การบำรุงรักษา การปรับปรุงแก้ไข การทำความสะอาด การเปลี่ยนหรือซ่อม และอื่น ๆ

2. การปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม

โรงสีข้าวควรปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ (โดยการปรับบริเวณช่องอากาศด้านข้างเตาเผา (หูช้าง)) ให้เหมาะสมกับการใช้งานและให้มีอากาศส่วนเกิน (Excess Air) ที่เหมาะสมกับเชื้อเพลิง อากาศส่วนเกินที่มากเกินไปจะทำให้สูญเสียพลังงานความร้อนในห้องเผาไหม้ออกไปทางปล่องระบายไอเสีย ถ้าอากาศน้อยเกินไปจะทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์และมีเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้ไม่หมด ทั้งนี้ ปริมาณอากาศส่วนเกินสามารถทราบได้โดยการตรวจวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่ปล่องระบายไอเสีย แต่หากไม่มีการตรวจวัดอาจใช้วิธีการสังเกตที่ปลายปล่องระบายไอเสียได้ ดังรูปที่ 3-8 กรณีควันที่ปลายปล่องมีสีเทาแสดงถึงการเผาไหม้สมบูรณ์ สีดำแสดงถึงการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่งถ้าสามารถทำให้อากาศส่วนเกินน้อยสุดเข้าไปในห้องเผาไหม้ได้ จะทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเตาเผาหม้อไอน้ำได้ประมาณ 5%



รูปที่ 3-8 แสดงการเผาไหม้ที่มีอากาศน้อยเกินไป อากาศมากเกินไปและพอดี

3. ปิดช่องอากาศด้านข้าง (หูช้าง) ขณะเชื้อไฟ

การเชื้อไฟจะก่อให้เกิดการรบกวนการเผาไหม้ เป็นผลให้ถั่วลอ่ยและกลบปลิวไปกับก๊าซเสียออกสู่ปล่องระบาย ระดับควันดำหรือความทึบแสงบริเวณปลายปล่องจึงมีค่าสูงในช่วงเวลาดังกล่าว นอกจากนี้ถั่วลอ่ยเหล่านี้อาจติดบริเวณผนังหม้อไอน้ำ ทำให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง ดังนั้น เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนการเผาไหม้ในเตาเผาและลดปริมาณถั่วปลิวขณะเชื้อไฟ จึงควรปิดกั้นช่องทางอากาศหรือหูช้างด้านข้างก่อนเสมอ

4. เดินเครื่องหม้อไอน้ำอย่างต่อเนื่อง

การใช้งานหม้อไอน้ำอย่างต่อเนื่องหมายถึงการเดินเครื่องหม้อไอน้ำตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากการเริ่มเดินเครื่องจะต้องอุ่นน้ำซึ่งเป็นน้ำอุณหภูมิปกติให้ร้อนก่อน ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน กรณีที่โรงสีข้าวมีหม้อไอน้ำ 2 เครื่อง และสลับเดินเครื่องใช้งาน ไม่ควรสลับใช้วันต่อวัน แต่ควรสลับใช้อย่างน้อย 1 สัปดาห์

5. ควบคุมระดับน้ำในหม้อไอน้ำให้คงที่

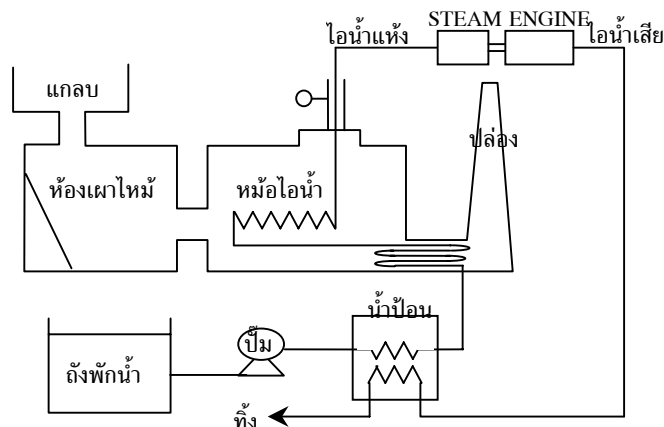
ระดับน้ำในหม้อไอน้ำควรควบคุมให้คงที่และต่างกันไม่เกิน $\frac{3}{4}$ นิ้ว การควบคุมน้ำในหม้อไอน้ำที่มีระดับน้ำต่างกันมาก น้ำที่ป้อนเข้าใหม่จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำที่อยู่ในหม้อไอน้ำทำให้อุณหภูมิของน้ำภายในหม้อไอน้ำลดลงความดันในหม้อไอน้ำไม่คงที่ การเกิดไอน้ำก็จะช้าตามไปด้วย ส่งผลให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้เผาไหม้

6. นำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

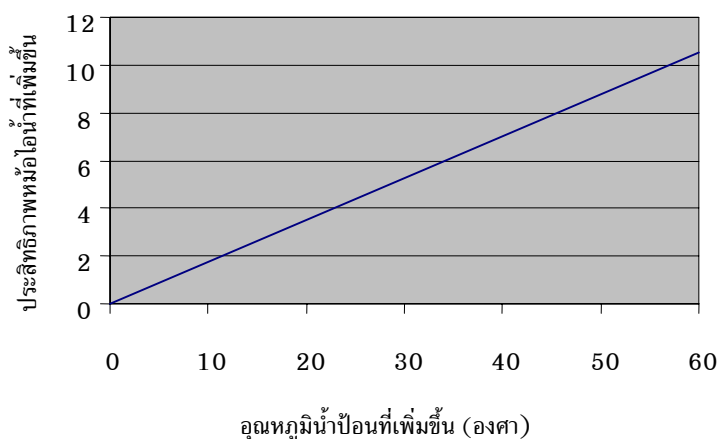
จากการศึกษา พบว่า โรงสีข้าวบางแห่งนำน้ำเย็นหรือน้ำที่มีอุณหภูมิปกติป้อนเข้าหม้อไอน้ำ มีผลต่ออุณหภูมิของน้ำในหม้อไอน้ำลดลง มีผลต่อการผลิตไอน้ำช้าลง การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนส่งผลดีต่อการผลิตไอน้ำรวดเร็วขึ้น วิธีการโดยทั่วไปคือการนำความร้อนทิ้งกลับมาอุ่นน้ำป้อน อาทิ ความร้อนทิ้งจากก๊าซเสีย หรือความร้อนทิ้งจากไอน้ำเหลือทิ้ง ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น

สำหรับก๊าซเสียที่ระบายออกจากปล่องของหม้อไอน้ำ เป็นก๊าซเสียที่มีอุณหภูมิสูงและมีศักยภาพที่จะนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ ในที่นี้คือการนำกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนโดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนภายในปล่องระบายก๊าซเสีย ซึ่งประกอบด้วยท่อหรือหลอดน้ำ ก๊าซเสียที่อุ่นน้ำจะอยู่นอกท่อ น้ำที่ผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนนี้แล้ว จะส่งเข้าหม้อไอน้ำต่อไป ดังรูปที่ 3-9 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการอุ่นน้ำป้อนแสดงดังรูปที่ 3-10 ผลที่ตามมาภายหลังจากการอุ่นน้ำป้อนจะทำให้ก๊าซเสียมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งถ้าเชื้อเพลิงที่นำมาใช้นั้นมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เมื่อเผาไหม้จะเกิดก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์รูปแบบต่างๆ ปนมากับก๊าซเสีย อาทิ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และ ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และจะกลั่นตัวเมื่อก๊าซเสียนั้นถูกลดอุณหภูมิลงจนถึงจุดหนึ่งเรียกว่า จุดน้ำค้างของกรด (Acid Dew Point) ปัญหาที่ตามมาจากการกลั่นตัวของก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์คือการกัดกร่อนต่ออุปกรณ์โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่ทำจากโลหะ ทั้งนี้ อุณหภูมิของจุดน้ำค้างของกรดสัมพันธ์กับปริมาณกำมะถันที่อยู่ในเชื้อเพลิง ถ้าปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิงสูงอุณหภูมิจุดน้ำค้างกรดจะสูงขึ้นด้วยเช่นกัน (รูปที่ 3-11) เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาการกัดกร่อนจึงไม่ควรออกแบบเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่ส่งผลให้ก๊าซเสียลดอุณหภูมิลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของกรด

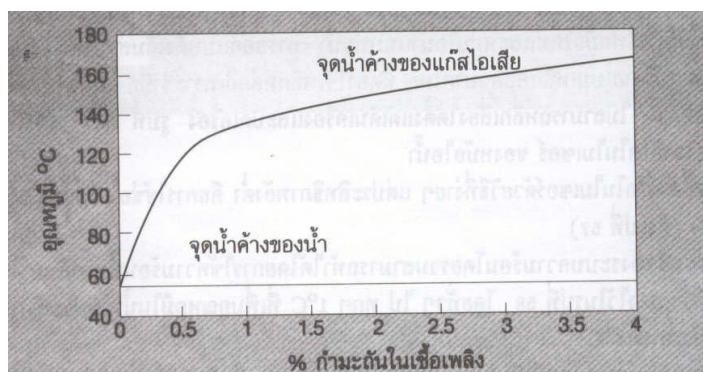
สำหรับหม้อไอน้ำในที่นี่ใช้เชื้อเพลิงแกลบที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ร้อยละ 0.05 ซึ่งจะสามารถออกแบบเครื่องอุ่นน้ำป้อนที่ทำให้อุณหภูมิของก๊าซเสียลดลงจนมีอุณหภูมิได้ถึง 80 องศาเซลเซียส แต่เพื่อความปลอดภัยไม่ควรออกแบบให้ก๊าซเสียมีอุณหภูมิลดลงต่ำกว่า 120 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3-9 การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



รูปที่ 3-10 ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการอุ่นน้ำป้อน

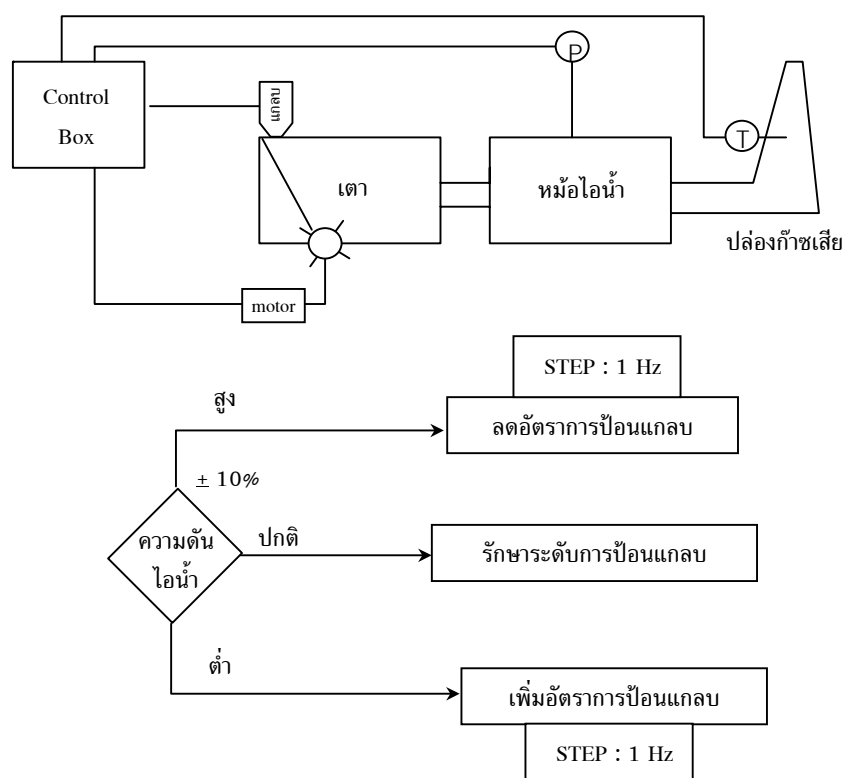


ที่มา : ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน

รูปที่ 3-11 เส้นกราฟของจุดน้ำค้างของกรดแปรตามปริมาณกำมะถันในเชื้อเพลิง

7. ปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนกลับ

เพื่อควบคุมให้หม้อไอน้ำมีอัตราการผลิตไอน้ำคงที่ โรงสีข้าวควรควบคุมปริมาณการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกลับ โดยติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ปล่องระบายอากาศ และอุปกรณ์ตรวจวัดความดันไอน้ำของหม้อไอน้ำ ซึ่งจะส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ป้อนเชื้อเพลิงกลับทำงานหรือหยุดโดยอัตโนมัติ พร้อมกันนี้หม้อไอน้ำจะต้องติดตั้งอุปกรณ์นำเ้ากลับจากห้องเผาไหม้ออกโดยอัตโนมัติด้วย ซึ่งเหมาะสำหรับหม้อไอน้ำแบบท่อไฟรุ่นเก่าที่ไม่มีระบบลมช่วยเผาไหม้ วิธีการนี้นอกจากจะช่วยให้หม้อไอน้ำมีอัตราการผลิตไอน้ำที่คงที่แล้ว ยังช่วยลดปริมาณเถ้าลอยปลิวไปกับก๊าซเสีย เนื่องจากการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิงบนตะแกรงของห้องเผาไหม้ด้วย ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 ระบบควบคุมอัตราการป้อนเชื้อเพลิงกลับ

8. ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ

การปรับเปลี่ยนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยประหยัดต้นทุนการผลิต เนื่องจากปัจจุบันเชื้อเพลิงกลับมีราคาสูงขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานมีค่าสูงตามไปด้วย ประกอบกับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าจะช่วยให้การปรับตั้งเครื่องจักรต่าง ๆ ทำได้ง่ายขึ้น และมีความสม่ำเสมอในการเดินเครื่อง ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการสีข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การยกเลิกการเผาไหม้เชื้อเพลิงกลับยังช่วยลดปัญหาเถ้าลอยฟุ้งกระจายสู่สิ่งแวดล้อม และลดปัญหาน้ำเสียจากการดักจับเถ้าลอยและชะพาชีเถ้ากลับออกจากเตาเผาด้วย

3.3 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

น้ำจัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับโรงสีข้าวหนึ่งและโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งพลังงาน การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายด้านน้ำใช้สำหรับโรงสีข้าวแล้ว ยังสามารถลดปริมาณการเกิดน้ำเสีย ลดภาระการบำบัดน้ำเสีย ช่วยให้การจัดการด้านน้ำเสียสามารถดำเนินการได้ง่ายขึ้น และลดมลพิษของน้ำเสียที่จะระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมด้วย

3.3.1 การใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก

วิธีการป้องกันมลพิษสำหรับการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงสีข้าวหนึ่ง มีดังนี้

1. ตรวจรอยรั่วหรือการชำรุดของท่อน้ำและถังแช่และนึ่งอยู่เสมอ

ถังแช่ข้าว โดยทั่วไปจะใช้เวลาแช่ข้าวประมาณ 4-6 ชั่วโมง กรณีถังแช่ข้าวมีการรั่วไหลของน้ำเกิดขึ้น คนงานนิยมแก้ไขโดยการเติมน้ำแช่ในปริมาณมากกว่าปกติ ทำให้สิ้นเปลืองน้ำใช้โดยไม่จำเป็น ดังนั้น ท่อน้ำและยางที่รองฝาเปิดได้ถังแช่หรือนึ่งข้าว ควรมีการตรวจสอบสภาพไม่ให้เกิดการชำรุด จนเกิดการรั่วไหลของน้ำออกนอกถังหรือท่อได้

2. ใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต

ปริมาณน้ำแช่ข้าวโดยทั่วไปควรมีระดับน้ำแช่สูงกว่าข้าวเปลือกเพียงเล็กน้อย หรือควรใส่น้ำร้อนในถังแช่ข้าวเปลือก มากกว่าน้ำหนักข้าวเปลือกประมาณร้อยละ 15-20

3. ฝึกอบรมพนักงานด้านการประหยัดน้ำใช้

ควรฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานให้มีจิตสำนึกในด้านการใช้น้ำอย่างประหยัด เช่น ควรปิดวาล์วน้ำหรือก๊อกน้ำให้สนิททุกครั้งหลังจากการใช้งาน เป็นต้น

4. จัดให้มีวาล์วปิด-เปิดน้ำบริเวณปลายสายยาง

โรงสีข้าวบางแห่ง สูญเสียน้ำโดยการปล่อยไหลทิ้ง เนื่องจากสายยางฉีกน้ำสำหรับหล่อเลี้ยงสายพานหรือทำความสะอาดจุดต่างๆ และจุดติดตั้งวาล์วเปิด-ปิดอยู่ห่างไกลกัน คนงานจึงปล่อยให้น้ำไหลทิ้งเป็นปริมาณมาก ดังนั้น โรงสีข้าวควรจัดให้มีวาล์วปิด-เปิดน้ำบริเวณปลายสายยางเพื่อลดปริมาณน้ำที่สูญเสียดังกล่าว

5. ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำใช้ และจดบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ

การจดบันทึกและเก็บข้อมูลการใช้น้ำเป็นประจำทุกเดือน โดยติดตั้งมิเตอร์ตรวจวัดปริมาณน้ำเพิ่มเติม จะช่วยให้โรงสีข้าวได้ข้อมูลการใช้น้ำจริงที่ถูกต้อง สามารถเปรียบเทียบและวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำต่อตันข้าวเปลือกที่หนึ่งได้ และสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนการใช้น้ำได้อย่างเหมาะสม

3.3.2 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมเถ้าแกลบจากเตาเผาหม้อไอน้ำ

สำหรับกระบวนการอื่นนอกจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกที่มีการใช้น้ำ ได้แก่ ระบบรวบรวมเถ้าแกลบจากเตาเผาหม้อไอน้ำ โดยใช้น้ำเป็นสื่อกลาง และระบบรวบรวมเถ้าลอยจากปล่องระบายของหม้อไอน้ำ ทั้งสองส่วนนี้มีแนวทางการปฏิบัติเพื่อลดปริมาณน้ำ คือ ใช้น้ำสำหรับรวบรวมเถ้าแกลบร่วมกับการใช้น้ำดับจับเถ้าลอย น้ำชะพาเถ้าแกลบและน้ำดับจับเถ้าลอย สามารถนำไปใช้หมุนเวียนร่วมกันได้ โดยลำดับแรกน้ำจะนำไปดับจับเถ้าลอยก่อน จากนั้นจะหมุนเวียนกลับไปเตาเผาเพื่อรวบรวมเถ้าแกลบกันเตาไปยังบ่อตกตะกอนเพื่อแยกเถ้าแกลบ และหมุนเวียนไปใช้ซ้ำอีกครั้ง วิธีดังกล่าวจะช่วยให้โรงสีข้าวประหยัดน้ำใช้และประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบสูบน้ำได้

3.4 การจัดการน้ำเสีย

วิธีการป้องกันมลพิษด้านน้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว มุ่งเน้นกลุ่มโรงสีข้าวหนึ่ง ซึ่งใช้น้ำสำหรับการแช่ข้าวและมีน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมาก ปัญหาการจัดการน้ำเสียที่พบส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการดูแลและบำรุงรักษาระบบไม่ถูกวิธี และการออกแบบระบบบำบัดไม่เหมาะสมการผลิต การลดปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นเริ่มจากลดปริมาณการใช้น้ำเพื่อให้มีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นน้อยที่สุด ดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3 จากนั้นจะต้องมีการจัดการกระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือกและระบบบำบัดน้ำเสียให้มีค่าความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำเสียน้อยลง โดยมีแนวทางปฏิบัติเพื่อลดค่าภาระความสกปรกของน้ำเสียดังต่อไปนี้

3.4.1 การจัดการน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว

1. ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนเข้าถังแช่และนึ่งข้าว

น้ำที่ถูกปล่อยออกจากถังแช่และนึ่งข้าว จะชะล้างฝุ่นละอองและสิ่งเจือปนอื่นๆ ที่ติดมากับข้าวเปลือก ส่งผลให้น้ำเสียมีความสกปรกมากขึ้น ดังนั้นการทำความสะอาดข้าวเปลือกให้มีสิ่งเจือปนน้อยที่สุด จะช่วยลดค่าความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำเสีย

2. ควบคุมดูแลและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ

หมั่นดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การระบายตะกอนที่สะสมในบ่อบำบัด และตรวจวัดคุณภาพน้ำเสียและน้ำทิ้งเป็นประจำ เพื่อใช้ในการควบคุมและตรวจสอบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

3. จัดสภาพการระบายน้ำเสียที่เกิดจากการแช่และนึ่งข้าวอย่างเป็นระบบ

พยายามไม่ให้มีการกักขังของน้ำเสียบนพื้น โดยเฉพาะบริเวณที่มีการปล่อยน้ำทิ้งจากการแช่และนึ่งข้าว ควรจัดทำรางรับน้ำเสียให้ครอบคลุมพื้นที่ และปรับระดับพื้นโรงงาน เพื่อควบคุมการไหลของน้ำเสียให้ระบายลงสู่รางรับน้ำเสียได้สะดวก นอกจากนั้นยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการใช้น้ำในการชะล้างทำความสะอาดน้ำเสียที่กักขัง

3.4.2 การจัดการน้ำเสียจากการใช้งานเครื่องจักรไอน้ำ

นอกจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกจะก่อให้เกิดน้ำเสียแล้ว โรงสีข้าวที่ใช้งานเครื่องจักรไอน้ำเป็นแหล่งต้นกำเนิดยังก่อให้เกิดน้ำเสียได้เช่นเดียวกัน โดยน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณน้ำมันปนเปื้อนสูงจากการใช้น้ำมันหล่อลื่นลูกสูบของเครื่องจักรไอน้ำ เมื่อไอน้ำที่ใช้งานกลั่นตัวจะชะเอาน้ำมันหล่อลื่นเหล่านั้นปนออกมาด้วย การระบายทิ้งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นควรจัดการน้ำเสียจากส่วนนี้ก่อนระบายน้ำลงสู่สิ่งแวดล้อม โดยการสร้างบ่อดักไขมันซึ่งได้เสนอการออกแบบที่เหมาะสมได้ดังภาคผนวก ง. น้ำมันหล่อลื่นดังกล่าวที่รวบรวมได้สามารถจำหน่ายเป็นน้ำมันเครื่องใช้แล้วต่อไปได้

3.4.3 การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย

ระบบบำบัดน้ำเสียเป็นขั้นตอนสุดท้ายของน้ำเสียที่จะต้องผ่านการบำบัดที่ดี และให้มีคุณภาพน้ำทั้งตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดก่อนระบายออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะภายนอกโครงการ การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ โรงสีข้าวเดิมที่มีระบบบำบัดน้ำเสียอยู่แล้ว และโรงสีข้าวใหม่ที่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย โรงสีข้าวที่มีระบบบำบัดน้ำเสียอยู่ในปัจจุบันผู้ประกอบการจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพน้ำภายหลังผ่านระบบบำบัดเป็นประจำอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง กรณีผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ย่อมแสดงให้เห็นถึงการออกแบบและการดูแลระบบที่เหมาะสม ส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดได้ตามเป้าหมาย แต่กรณีผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ผู้ประกอบการโรงสีข้าวมีหน้าที่ตรวจสอบหาสาเหตุ โดยเริ่มตั้งแต่การดูแลระบบ หากผู้ดูแลระบบมีการดูแลระบบที่ดีอยู่แล้ว อาจต้องพิจารณาความเหมาะสมของการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

สำหรับโรงสีข้าวใหม่ที่ยังไม่มีระบบบำบัดน้ำเสีย หลักปฏิบัติฯ ฉบับนี้ ได้นำเสนอค่าการออกแบบระบบบำบัดที่เหมาะสมสำหรับโรงสีข้าว และการบำรุงรักษาระบบบำบัดไว้ดังภาคผนวก ง.

3.5 การจัดการฝุ่นละออง

อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่เกิดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายทั้งบริเวณภายในและภายนอกโรงงาน หากผู้ประกอบการขาดการจัดการที่ดี ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนบริเวณใกล้เคียงโดยเฉพาะความเดือดร้อนรำคาญ ฝุ่นละอองจากโรงสีข้าวเกิดจากกระบวนการต่างๆ อาทิ กระบวนการขนถ่ายข้าวเปลือก การตากข้าว การสีข้าว และการเผาไหม้เชื้อเพลิงกลบของเตาเผาหม้อไอน้ำ ซึ่งแนวทางการจัดการฝุ่นละอองที่ดีที่สุด คือ การนำข้าวเปลือกที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วเข้าสู่โรงสีข้าว โดยประสานความร่วมมือกับชาวนาหรือพ่อค้าคนกลาง และเสนอราคาข้าวเปลือกรับซื้อที่ผ่านการทำความสะอาดในราคาสูง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายใน โรงสีข้าวบริเวณส่วนการผลิตต่างๆ มีแนวทางการจัดการดังนี้

3.5.1 การจัดการฝุ่นละอองจากกระบวนการสีข้าว

ขั้นตอนการสีข้าวที่มักก่อให้เกิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การทำความสะอาดข้าวเปลือก และการคัดแยกกลบออกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้าง ซึ่งแนวทางการจัดการ แบ่งเป็นการลดปริมาณฝุ่นละอองฟุ้งกระจายจากเครื่องจักร และการจัดวางผังเครื่องจักร ดังนี้

1) การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงทำความสะอาด

การคัดแยกสิ่งเจือปน ได้แก่ ฝุ่นละออง ทราาย ดิน เมล็ดวัชพืช เศษเหล็ก และเศษหิน เป็นต้น โดยตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก จัดเป็นขั้นตอนเริ่มต้นที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพผลผลิตและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์/เครื่องจักรในโรงสีข้าว อาทิ ลูกยางกะเทาะข้าวเปลือก ตะแกรงเหวี่ยงข้าวกลบ และใบพัดของพัดลมต่างๆ ทั้งนี้ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำความสะอาดข้าวเปลือกเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างยากที่จะหลีกเลี่ยง แต่สามารถป้องกันและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยสรุปตามสาเหตุของปัญหาต่างๆ ดังนี้

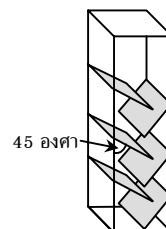
ปัญหาและสาเหตุของปัญหา	แนวทางแก้ปัญหาและการจัดการ																		
1. ท่อดูดฝุ่นหรือสิ่งเจือปนที่มีน้ำหนักเบาบริเวณใบกระจายข้าวหรือนกกระจอก เกิดการอุดตันของฝุ่นในท่อดูด (ส่วนใหญ่เกิดขึ้นกับโรงสีข้าวหนึ่ง ซึ่งข้าวเปลือกมีความชื้นสูง)	● เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบความเร็วลมหน้านกกระจอก กรณีความเร็วลมลดลงหยุดเครื่องจักรและทำความสะอาดท่อลมทันที (ความเร็วลมสำหรับดูดฝุ่นและข้าวสาลีโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 1.5-2.5 เมตร/วินาที) ● กรณีท่อลมเกิดการอุดตันบ่อย ควรปรับความเร็วของอากาศภายในท่อลมโดยการลดขนาดท่อลมเพื่อลดปัญหาการตกสะสมของฝุ่นภายในท่อ ● กำหนดแผนการซ่อมบำรุงตามความเหมาะสมของโรงสีข้าวแต่ละโรงงาน อาทิ ตรวจสอบทุกเดือน เป็นต้น																		
2. ฝุ่นเบาจากท่อดูดของนกกระจอก โรงสีข้าวบางแห่งขาดการจัดการที่เหมาะสม อาทิ ● ท่อดูดฝุ่นไม่มีอุปกรณ์ดักฝุ่น ● มีอุปกรณ์ดักฝุ่น เช่น ไซโคลน แต่ไซโคลนมีสัดส่วนไม่ถูกต้อง	● จัดให้มีอุปกรณ์ดักฝุ่นที่ได้รับการออกแบบอย่างเหมาะสม อาทิ ไซโคลนดักฝุ่น ● กรณีใช้ไซโคลน ขนาดไซโคลน (บัลลูน) ที่เหมาะสมขึ้นกับอัตราการไหล ทั้งนี้โรงสีข้าวสามารถพิจารณาจากขนาดของพัดลมที่ใช้ได้ง่าย ดังรูปที่ 3-13 รูปที่ 3-13 กำลังขับมอเตอร์พัดลม ● การออกแบบไซโคลนอย่างง่ายสำหรับฝุ่นเบาจากการทำความสะอาดข้าวเปลือก มีสัดส่วนมาตรฐานดังนี้ <table data-bbox="1015 1615 1216 1944"> <thead> <tr> <th>ขนาด</th><th>แบบที่ 1</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D</td><td>1.0</td></tr> <tr> <td>a</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>b</td><td>0.2</td></tr> <tr> <td>S</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>D_c</td><td>0.5</td></tr> <tr> <td>h</td><td>1.5</td></tr> <tr> <td>H</td><td>4.0</td></tr> <tr> <td>B</td><td>0.4</td></tr> </tbody> </table>	ขนาด	แบบที่ 1	D	1.0	a	0.5	b	0.2	S	0.5	D _c	0.5	h	1.5	H	4.0	B	0.4
ขนาด	แบบที่ 1																		
D	1.0																		
a	0.5																		
b	0.2																		
S	0.5																		
D _c	0.5																		
h	1.5																		
H	4.0																		
B	0.4																		

ปัญหาและสาเหตุของปัญหา	แนวทางแก้ปัญหาและการจัดการ
3. ตะแกรงทำความสะอาด โดยเฉพาะตะแกรงแผ่นล่าง เกิดการอุดตัน ฝุ่นละอองไม่สามารถลอดผ่านตะแกรงแผ่นล่างได้ จึงเกิดการฟุ้งกระจาย	● เพิ่มความถี่ในการดูแลและแรงทั้งแผ่นบนและแผ่นล่าง โดยแนะนำให้หยุดเครื่องจักรเพื่อทำความสะอาดตะแกรง นำสิ่งอุดตันตะแกรงออก และปรับตะแกรงให้เรียบไม่เป็นหลุมหรือแอ่ง เป็นประจำทุกสัปดาห์ ● เลือกใช้ขนาดรูตะแกรงทั้งแผ่นบนและแผ่นล่างให้เหมาะสม โดยทั่วไปกำหนดตามขนาดข้าวเปลือก คือ ตะแกรงแผ่นบนเป็นรูยาวรี กว้าง 4 มิลลิเมตร ยาว 2 เซนติเมตร และตะแกรงแผ่นล่างเป็นรูกลม ขนาด 1.5 มิลลิเมตร ● ปรับมุมเอียงตะแกรงทำความสะอาด เพื่อไม่ให้ข้าวเปลือกไหลเร็วหรือช้าเกินไป โดยทั่วไปควรมีมุมเอียงตะแกรง 5-10 องศา ● ปรับปรุงตะแกรงเป็นระบบปิด วิธีนี้จะช่วยลดฝุ่นละอองฟุ้งกระจายได้ดี แต่การซ่อมบำรุงเครื่องจักรหรือทำความสะอาดตะแกรงจะมีขั้นตอนเพิ่มขึ้น ● เพิ่มจำนวนครั้งในการทำความสะอาดข้าวเปลือกอย่างน้อย 2 ครั้ง

2) การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงคัดแยกแกลบ

ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และแกลบที่เกิดขึ้นภายหลังการกะเทาะเปลือกออก โดยทั่วไปจะถูกลำเลียงโดยกะพ้อไปยังตะแกรงเหวี่ยงคัดแยกแกลบ การปล่อยข้าวและแกลบลงตะแกรงเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง จะเกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองขึ้น แนวทางการลดปัญหาดังกล่าว ประกอบด้วย

- ลดความเร็วของข้าวแกลบโดยการติดแผ่นซิกแซกหรือแผ่นกันเพื่อลดความเร็ว ดังรูปที่ 3-14
- ลดระยะห่างระหว่างท่อส่งข้าวแกลบและตะแกรงเหวี่ยงแยกแกลบให้น้อยที่สุด โดยใช้ลักษณะการเทกองข้าวก่อนลงตะแกรง
- ตรวจสอบการอุดตันของแผ่นตะแกรงทุกสัปดาห์
- เปลี่ยนใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีฟัด ซึ่งสามารถยกเลิกการใช้พัดลมดูดแกลบ และติดตั้งระบบลำเลียงแกลบแทน เช่น สกรู หรือ สายพานลำเลียง เป็นต้น จะช่วยลดปัญหาฝุ่นฟุ้งกระจายจากการใช้ลมส่งแกลบไปเก็บยังยุ้งแกลบหรือกองแกลบ



รูปที่ 3-14 การติดแผ่นซิกแซก

3) การจัดวางเครื่องจักรเพื่อลดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง

การเปลี่ยนแปลงผังการวางเครื่องจักรต่างๆ ของโรงสีข้าว เหมาะสำหรับโรงสีข้าวใหม่หรือโรงสีข้าวเก่าที่ต้องการปรับปรุงร้านสี โดยเครื่องจักรควรจัดวางแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการผลิตข้าวกล้องและส่วนการขัดข้าวขาว ฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายและส่งผลกระทบส่วนใหญ่

เกิดขึ้นในส่วนการผลิตข้าวกล้อง ดังนั้นการจัดวางเครื่องจักรควรแบ่งทั้ง 2 ส่วนแยกจากกัน โดยมีกำแพงกัน ซึ่งโดยมากจะใช้ถังพักข้าวเป็นกำแพงแบ่ง 2 ส่วนการผลิตออกจากกัน

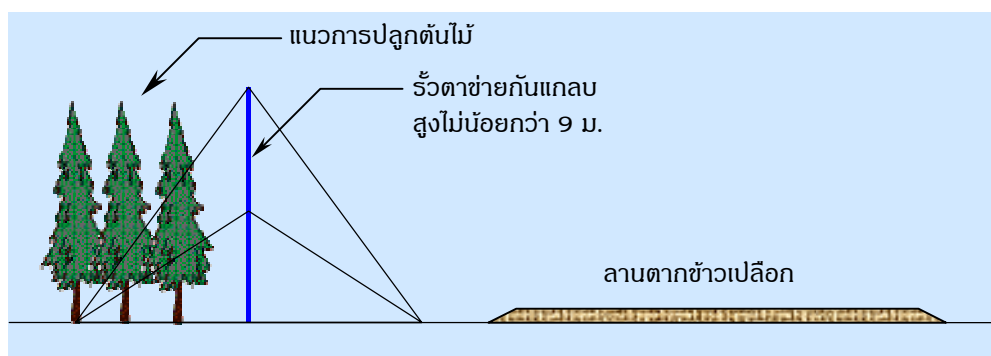
3.5.2 การจัดการฝุ่นละอองจากลานตาก

การลดความชื้นข้าวเปลือกโดยวิธีการตากข้าวเป็นวิธีการหนึ่งที่โรงสีข้าวนิยมใช้ แต่กรณีข้าวเปลือกมีความชื้นลดลงหรือแห้งขึ้นโดยเฉพาะบริเวณผิวข้าวเปลือก ฝุ่นละอองจะเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทำให้โรงสีข้าวใช้ลานตากและตั้งอยู่ใกล้ชุมชนมักเกิดปัญหาร้องเรียน แนวทางการแก้ปัญหาและการจัดการฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายจากการตากข้าว สามารถสรุปได้ดังนี้

- ลดความเร็วของรถเกลี่ยข้าว นอกจากช่วยลดฝุ่นฟุ้งกระจายแล้วยังสามารถลดปัญหาข้าวเปลือกถูกกระแทกจากล้อรถเกลี่ยได้อีกด้วย
- ติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นขนาดเล็กไว้กับรถเกลี่ยและรถกวาดข้าวเปลือก ดังรูปที่ 3-15
- จัดให้มีแนวรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้วโรงงาน และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นโอ๊กอินเดีย ต้นสน โดยปลูกห่างกันประมาณ 1-2 เมตร ดังรูปที่ 3-16



รูปที่ 3-15 การติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นไว้กับรถเกลี่ยและรถกวาดข้าวเปลือก

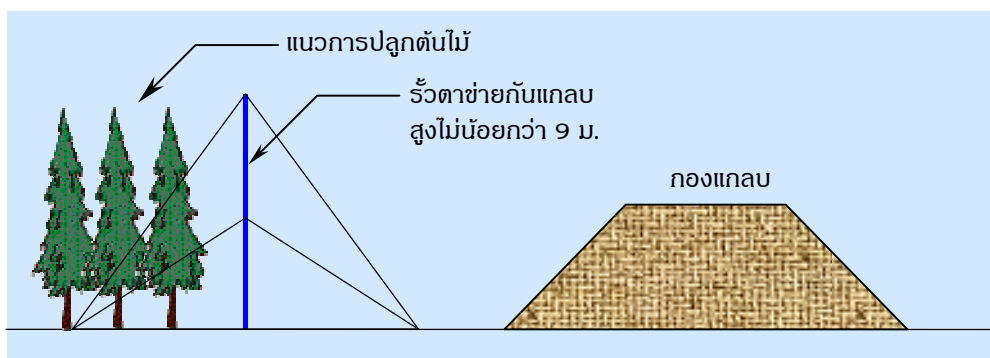


รูปที่ 3-16 แสดงการติดตั้งรั้วตาข่ายและปลูกต้นไม้บริเวณลานตาก

3.5.3 การจัดการฝุ่นละอองจากกองแกลบ

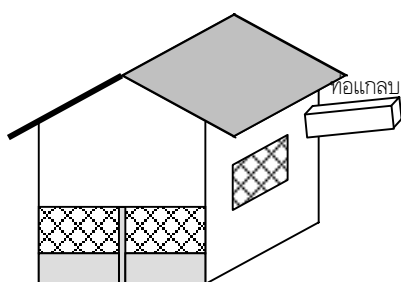
ฝุ่นละอองแกลบเป็นปัญหาหนึ่งที่โรงสีข้าวส่วนใหญ่ได้รับการร้องเรียนจากผู้ที่อาศัยอยู่บริเวณใกล้เคียง จากการสำรวจพบว่าโรงสีข้าวมีการกองแกลบ 2 วิธี คือ การกองแกลบไว้บริเวณที่โล่ง และการจัดให้มียุ้งเก็บแกลบ ซึ่งอาจปิดอยู่อย่างมิดชิดหรือมีการปิดบางส่วน แนวทางการแก้ปัญหาและจัดการฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายจากกองแกลบ สามารถสรุปได้ดังนี้

- การกองแกลบในพื้นที่โล่ง เกิดปัญหาฝุ่นแกลบฟุ้งกระจายทั้งจากท่อส่งแกลบที่ใช้พัดลมขนาดใหญ่พ่นแกลบออกมานอกอาคาร และลมธรรมชาติซึ่งพัดให้แกลบที่กองอยู่ฟุ้งกระจายขึ้นมามากครั้ง แนวทางการจัดการที่ดี คือ จัดให้มีอาคารเก็บแกลบที่ปิดมิดชิด อย่างไรก็ตาม การจัดการในเบื้องต้น โรงสีข้าวควรจัดให้มีแนวรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้วโรงงาน และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นโอ๊กอินเดีย ต้นสน โดยปลูกห่างกันประมาณ 1-2 เมตร ดังรูปที่ 3-17



รูปที่ 3-17 แสดงการติดตั้งรั้วตาข่ายและปลูกต้นไม้บริเวณกองแกลบ

- สำหรับอาคารเก็บแกลบหรือยุ้งแกลบ โรงสีข้าวส่วนใหญ่เกิดปัญหาลมที่พัดแกลบเข้ายุ้งมีความเร็วลมสูงและไม่มีทางระบายออก ทำให้ฝุ่นฟุ้งกระจายอยู่ในยุ้ง เมื่อมีการเปิด-ปิดประตู ฝุ่นจึงฟุ้งกระจายออกนอกอาคารได้ แนวทางการจัดการ ดังนี้



1) เปิดช่องระบายออกของลมให้เพียงพอ และมีความเร็วลมระบายออกไม่เกิน 0.8 เมตร/นาที่ ดังรูปที่ 3-18 หรือยกเลิกการใช้พัดลมดูดแกลบ และเปลี่ยนมาใช้ระบบสายพานลำเลียงแกลบแทน

2) ติดตั้งไซโคลนหลังตู้สัฟต์เพื่อทำหน้าที่แยกแกลบออกจากกระแสลม โดยแกลบที่ได้จะตกลงด้านล่างของไซโคลนและลำเลียงด้วยสกรูหรือสายพานลำเลียงไปยังยุ้งแกลบ

รูปที่ 3-18 แสดงการติดตั้งช่องระบายลม

3.5.4 การจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ

โรงสีข้าวที่ใช้งานหม้อไอน้ำ จะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศด้านฝุ่นระบายออกจากปล่องระบายสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งในปัจจุบันมีการกำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำให้โรงสีข้าวจะต้องมีการจัดการที่ดี และจำเป็นต้องใช้ระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้อากาศเสียที่ปล่อยทิ้งอยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานกำหนด

1. ปรับปรุงระบบบำบัดหรือระบบรวบรวมเถ้าลอยที่มีประสิทธิภาพ

ฝุ่นละอองจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ จะปลิวไปกับอากาศเสียที่ปล่อยทิ้ง ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ หากมีระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพ จะสามารถรวบรวมฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปจำหน่ายเป็นรายได้เสริม ในที่นี้ การใช้ Multicyclone ซึ่งเป็นระบบที่ติดตั้งและควบคุมได้ง่าย รองรับอัตราการไหลของก๊าซเสียในช่วงค่อนข้างกว้าง จึงมีความเหมาะสมสำหรับการจัดการฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ

2. ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ

การดำเนินการตามแนวทางการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.2.2 จะช่วยลดปัญหาฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นได้ อาทิ การปรับปริมาณอากาศเข้าห้องเผาไหม้ให้เหมาะสม ปิดช่องอากาศด้านข้าง (หูช้าง) ขณะเชื้อไฟ หรือการปรับปรุงระบบควบคุมการป้อนแกลบ เป็นต้น แนวทางเหล่านี้จะทำให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบมีประสิทธิภาพมากขึ้น และลดปัญหาการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และปริมาณฝุ่นละอองระบายออกจากปล่องหม้อไอน้ำ ลดลง

บทที่ 4

ตัวอย่างและกรณีศึกษา

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ

กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่นำเสนอในบทนี้เป็นตัวอย่างวิธีการแก้ปัญหาและการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานโรงสีข้าวเห็นถึงประโยชน์ที่ได้รับความนิยมจากการดำเนินการด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ตัวอย่างที่นำเสนอจะครอบคลุมปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต (ดังกล่าวไว้ในบทที่ 2) ดังนี้

- 4.1 การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน
- 4.2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- 4.3 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ
- 4.4 การจัดการน้ำเสีย
- 4.5 การจัดการฝุ่นละออง

กรณีศึกษาที่นำเสนอเป็นเพียงตัวอย่างที่ได้จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวนำร่องเท่านั้น ซึ่งผลต่อค่าปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตภายหลังการปรับปรุง จะมีปัจจัยและเงื่อนไขการดำเนินการที่แตกต่างกันในโรงสีข้าวแต่ละโรงงาน การนำวิธีต่าง ๆ ที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องศึกษาความเป็นไปได้ และผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายตั้งแต่ผู้ปฏิบัติงานจนถึงผู้บริหารต้องให้ความร่วมมือนำไปปฏิบัติและปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจึงจะได้ผลลัพธ์ตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

4.1 การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน

การปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าวในแต่ละหน่วยการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและได้รับเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและข้าวตันเพิ่มขึ้น ในที่นี้จะกล่าวถึงหน่วยการผลิตที่สำคัญ ได้แก่ เครื่องกะเทาะเปลือก และเครื่องแยกแกลบ ซึ่งนำเอาหลักปฏิบัติด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดโดยใช้วิธีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือใช้วิธีการจัดการต่างๆ ที่มีเงินลงทุนต่ำและมีระยะเวลาคืนทุนสั้น โดยรายละเอียดที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากการดำเนินงานดังต่อไปนี้

4.1.1 การกะเทาะข้าวเปลือก

โรงสีข้าวในปัจจุบันส่วนใหญ่ติดตั้งเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยาง (Rubber Roller Sheller/Husker) ภายในประกอบด้วยลูกยางกะเทาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร จำนวน 2 ลูก ขับด้วยพูลเลย์ (Pulley) ให้มีทิศทางการหมุนเข้าหากันด้วยความเร็วรอบเท่ากับ 1,000 และ 740 รอบต่อนาที ลูกยางลูกข้างจะสามารถปรับเพลลาให้เคลื่อนที่ห่างหรือชิดกับลูกยางลูกเร็วซึ่งเป็นเพลลาอยู่กับที่ เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกยางทั้งสองเท่ากันลูกยางลูกข้างจะมีความเร็วรอบน้อยกว่าลูกเร็วประมาณร้อยละ 25 ช่องว่างระหว่างลูกยางทั้งสองจะปรับตั้งให้มีระยะห่างน้อยกว่าความหนาของข้าวเปลือกเล็กน้อย ลูกยางแต่ละลูกมีหน้าที่ต่างกัน ลูกยางลูกช้าทำหน้าที่พุงเมล็ดข้าว ส่วนลูกเร็วทำหน้าที่บีบและเหวี่ยงให้เปลือกข้าวหลุดจากเมล็ดข้าว อายุการใช้งานลูกยางสามารถกะเทาะข้าวเปลือกเมล็ดยาวและเมล็ดกลางแบบพันธุ์ข้าวไทยได้ประมาณ 100 ตัน

ประสิทธิภาพและอัตราการกะเทาะจะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างผิวหน้ายางทั้งสอง ถ้าระยะห่างมีค่าน้อยจะทำให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้นแต่อาจมีเมล็ดข้าวหักมากขึ้น นอกจากนี้หน้ายางอาจสึกหรอมมากขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น ต้องพิจารณาการปรับตั้งระยะห่างให้เหมาะสมกับชนิดพันธุ์ข้าวที่จะนำมากะเทาะ ซึ่งการปรับเครื่องกะเทาะเปลือกจะทำได้ง่ายขึ้นถ้ามีการคัดแยกเมล็ดข้าวให้มีขนาดและรูปร่างที่สม่ำเสมอขึ้นตลอดรอบการผลิตนั้น ๆ

ปัญหาจากการใช้งานเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกที่พบได้ส่วนมากคือ เครื่องกะเทาะมีอัตราการกะเทาะไม่คงที่ ซึ่งเกิดจากหลายสาเหตุ อาทิ เมล็ดข้าวเปลือกมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ลูกยางกะเทาะอ่อนตัวจากความร้อน การปรับตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางไม่เหมาะสม อัตราการไหลของข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะไม่เหมาะสม ซึ่งทำให้ความหนาของชั้นเมล็ดข้าวเปลือกระหว่างลูกยางกะเทาะหนาหรือบางเกินไป หรือข้าวเปลือกไหลเข้าห้องกะเทาะไม่เต็มหน้าตัดลูกยาง เป็นต้น ปัญหาต่อมาคือมีข้าวแตกหักหรือหักระหว่างการกะเทาะ สาเหตุหลักเกิดจากระยะห่างระหว่าง

ลูกยางไม่สัมพันธ์กับความหนาของข้าว และปัญหาที่เกิดจากการสึกหรอของลูกยางเร็วกว่าปกติ เนื่องจากการทำงานต่อเนื่องตลอดเวลาโดยไม่หยุดพักหน้ายาง ทำให้เกิดความร้อนสะสมเมื่อถึงระดับหนึ่ง เป็นผลให้ยางอ่อนตัวเพิ่มขึ้น การสึกหรอจะสูงขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นด้วย นอกจากนี้ การอ่อนตัวของยางจะทำให้อัตราการกะเทาะลดลงด้วยเช่นกัน โรงสีข้าวบางแห่งแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการปรับตั้งให้ลูกยางมีระยะชิดกันมากขึ้น ซึ่งวิธีการนี้จะส่งผลเสียทั้งทำให้การแตกหักของข้าวเพิ่มมากขึ้น และแรงดันในห้องกะเทาะเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มอเตอร์ใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นมากกว่าปกติ

แนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับการป้องกันและแก้ไขการใช้งานเครื่องกะเทาะเพื่อลดความสูญเสียทั้งด้านวัตถุดิบและพลังงาน คือ ควรมีการคัดแยกรูปร่างเมล็ดข้าวเปลือกให้มีขนาดใกล้เคียงกันในแต่ละรอบการผลิต การปรับระยะห่างของลูกยางให้กว้างกว่าความหนาของข้าวเปลือกเล็กน้อย สลับลูกยางเมื่อพบว่าลูกยางลูกเร็วมีความหนาของหน้ายางน้อยกว่าลูกช้าจนอาจส่งผลให้ความแตกต่างระหว่างความเร็วผิวต่างกันน้อยกว่า 2 เมตร/วินาที ในทางปฏิบัติพบว่าควรสลับลูกยางตลอดอายุการใช้งานอย่างน้อย 2 ครั้ง หรือแนวทางที่ดีคือสลับยางเป็นประจำวันละ 2 ครั้ง และควรพักการทำงานของลูกยางกะเทาะหรือใช้ระบบระบายความร้อนเพื่อรักษาระดับของอุณหภูมิภายในห้องกะเทาะไม่ให้สูงกว่า 80 องศาเซลเซียส ลูกยางกะเทาะควรเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องที่ปราศจากฝุ่น แสงแดดและความชื้น ควรปรับแต่งสายพานขับเคลื่อนระหว่างมอเตอร์และลูกยางให้มีแรงตึงที่เหมาะสม ปรับช่องทางเข้าของข้าวเปลือกที่ไหลเข้าห้องกะเทาะให้เป็นชั้นบาง และเติมน้ำตัดลูกยาง และต้องมีการบันทึกการทำงานพร้อมบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องกะเทาะอย่างสม่ำเสมอ

1. การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ

จากการทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกโดยทั่วไปพบว่า มีข้าวเปลือกส่วนหนึ่งไม่ถูกกะเทาะหรือถูกกะเทาะไม่สมบูรณ์ (ในที่นี้เรียกว่า “ข้าวกลับ”) เนื่องจากข้าวกลับมีขนาดรูปร่างค่อนข้างแตกต่างกับข้าวเปลือกส่วนใหญ่ที่รับเข้ามาจากตะแกรงทำความสะอาดหรือกองข้าวเปลือก การกะเทาะข้าวเปลือกซึ่งผสมกับข้าวกลับจะยากต่อการปรับแต่งการทำงานของเครื่องกะเทาะเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ ทั้งนี้ โดยทั่วไปแล้วข้าวกลับไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันสูงมากนัก แนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมคือการแยกเครื่องกะเทาะระหว่างข้าวเปลือกกับข้าวกลับ ซึ่งการปรับแต่งเครื่องกะเทาะสามารถทำได้สะดวกขึ้นและทำให้ผลผลิตมีความสม่ำเสมอ วิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับโรงสีข้าวที่ไม่มีการคัดแยกขนาดเมล็ดพันธุ์ข้าว มีเครื่องกะเทาะที่พอเพียง และมีถังพักที่สามารถปรับปรุงให้แยกระหว่างข้าวเปลือกจากหลุมข้าวกับข้าวเปลือกที่กลับมาจากขั้นตอนการคัดแยก ซึ่งผลจากการปรับปรุงจะทำให้ลดปัญหาการสูญเสียเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและลดการใช้พลังงานได้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกแบบลูกยางกะเทาะ จำนวน 2 เครื่อง และสำรองอีก 1 เครื่อง มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี อัตราการป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่องรวม 4 ตันต่อชั่วโมง สัดส่วนการกะเทาะ 8 ต่อ 2 หรือมีอัตราการกะเทาะคิดเป็นร้อยละ 80 สำหรับข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะเมื่อผ่านขั้นตอนการคัดแยกจะถูกนำกลับมาล้างถึงพักใบเดียวกันกับข้าวเปลือกจากหลุมรับข้าว จากการตรวจวัดคุณภาพข้าวพบว่า กรณีที่มีข้าวกล้องปนกลับมากะเทาะ จะมีปริมาณข้าวหักหลังการกะเทาะเพิ่มขึ้นสูงกว่ากรณีกะเทาะข้าวเปลือกล้วน ร้อยละ 0.1 ของปริมาณข้าวกลับ

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวสามารถแยกให้เครื่องกะเทาะจำนวน 1 เครื่อง ทำหน้าที่กะเทาะข้าวกลับโดยเฉพาะ ส่วนเครื่องกะเทาะเครื่องหลักให้กะเทาะข้าวเปลือกจากหลุมรับข้าว และปรับปรุงถึงพักข้าวเปลือกก่อนเข้าเครื่องกะเทาะเดิมที่มีอยู่ให้สามารถกักเก็บแยกกระหว่างข้าวเปลือกและข้าวกลับโดยทำผนังกันภายในถึงพัก

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะพิจารณาจากระบบและขั้นตอนที่มีอยู่เดิม โดยใช้เครื่องกะเทาะสำรองหรือเครื่องที่เดินไม่เต็มพิกัดให้ทำหน้าที่กะเทาะข้าวกลับโดยเฉพาะ และระบบลำเลียงที่มีอยู่เดิมมีการปรับเปลี่ยนเล็กน้อยจึงไม่คิดเป็นค่าใช้จ่าย ซึ่งในที่นี้จะมีค่าใช้จ่ายจากการปรับปรุงเฉพาะถึงพักข้าวเปลือกเท่านั้น

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ผลที่ได้รับแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน-ข้าวรวมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะนำมาคูณกับราคาต่างของข้าวตัน-ข้าวหัก เป็นรายรับที่เพิ่มขึ้นของโรงสีข้าว สำหรับข้าวตันที่ใช้คำนวณมีราคาประมาณ 14 บาทต่อกิโลกรัม และข้าวหักมีราคา (ราคาเฉลี่ยของข้าวหักขนาดต่าง ๆ) ประมาณ 10 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยประมาณ 8,000 บาท
(แผ่นกันถึงพักข้าว รวมค่าติดตั้ง)
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
 - สมมติให้ อัตราการป้อนข้าวเปลือก 4,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง
 - อัตราการกะเทาะ 80 เปอร์เซ็นต์
 - คิดเป็นข้าวกลับ 800 กิโลกรัม/ชั่วโมง

(อัตราการป้อนข้าวเปลือก $\times$ (1 - %อัตราการกะเทาะ))
(4,000 $\times$ (1 - 80 / 100))

 - โอกาสข้าวหักลดลง 0.1 เปอร์เซ็นต์ของข้าวกลับ
 - ราคาต่างของข้าวต้น-ข้าวหัก 4 บาท/กิโลกรัม

มูลค่าที่ประหยัดได้ 19,200 บาท/ปี
(ปริมาณข้าวกลับ $\times$ %ข้าวหักลดลง $\times$ 24 ชม./วัน $\times$ 250 วัน/ปี $\times$ ราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก)
(800 $\times$ (0.1 / 100) $\times$ 24 $\times$ 250 $\times$ 4)
- ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ) 5 เดือน

ผลการปรับปรุง

- ข้าวหักลดลง 0.1 เปอร์เซ็นต์ของข้าวกลับ
- เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มขึ้น 0.02 เปอร์เซ็นต์
(ปริมาณข้าวกลับ $\times$ %ข้าวหักที่ลดลง $\div$ อัตราการป้อนข้าวเปลือก)
(800 $\times$ 0.1 $\div$ 4,000)
- รายรับที่เพิ่มขึ้นจากราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก 19,200 บาท/ปี

ปริมาณข้าวกลับ $\times$ %ข้าวหักที่ลดลง $\times$ ชั่วโมงทำงานต่อวัน $\times$ วันทำงานต่อ ปี $\times$ ราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดของเสียที่เกิดจากลูกยาง เนื่องจากการลดแรงดันในห้องกะเทาะข้าว ทำให้ยืดอายุการใช้งานลูกยางและลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

2. การพักลูกยางกะเทาะเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง

สำหรับเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกเมื่อทำงานต่อเนื่องตลอดเวลาโดยไม่มีการหยุดพักและปรับแต่งการทำงาน จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องกะเทาะลดลงและคุณภาพของผลผลิตที่ได้ไม่สม่ำเสมอ สาเหตุเนื่องจากลูกยางกะเทาะอ่อนตัวจากความร้อนที่สะสมภายในห้องกะเทาะ ทำให้ต้องเพิ่มแรงดันในห้องกะเทาะให้สูงขึ้นเพื่อให้ได้อัตราการกะเทาะเท่าเดิม ซึ่งระยะสัมผัสระหว่าง

ลูกยางกับเมล็ดข้าวเปลือกจะมากขึ้น มีอัตราการสึกหรอสูงขึ้น และทำให้ข้าวเกิดการแตกร้าวจากความเครียดและความเค้นบริเวณผิวเมล็ดที่เพิ่มขึ้นเมื่อสัมผัสกับความร้อน แนวทางการแก้ไขมีได้หลายวิธี อาทิ ติดตั้งระบบระบายความร้อน ติดตั้งระบบทำความเย็น และการพักลูกยางกะเทาะ ซึ่งการพักลูกยางกะเทาะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายที่สุด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน วิธีการคือ หยุดป้อนข้าวเข้าเครื่องและแยกลูกยางให้ห่างจากกัน โดยไม่ต้องหยุดเดินเครื่อง ใช้เวลาในการพักลูกยางประมาณ 5-10 นาที สำหรับการทำงานอย่างต่อเนื่องทุก ๆ 2-4 ชั่วโมง ผลการปรับปรุงสามารถทำให้ข้าวหักลดลง และช่วยประหยัดลูกยางให้มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้น ตัวอย่างการพักลูกยางกะเทาะของโรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งเดินเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกจำนวน 8 เครื่อง กำลังการผลิตรวม 16 ตันต่อชั่วโมง ระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี สำหรับการตรวจประเมินการทำงานของเครื่องกะเทาะ พบว่า มีอายุการใช้งานลูกยางเฉลี่ย 100 ตันข้าวเปลือกต่อหนึ่งหน่วยลูกยาง มีข้าวหักเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 0.05 ของกำลังการผลิต เมื่อลูกยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการระบายความร้อนออกจากห้องกะเทาะ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีที่สามารถนำไปปฏิบัติได้โดยไม่ต้องติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มเติม คือ จัดทำตารางการเดินเครื่องกะเทาะเมื่อเดินเครื่องอย่างต่อเนื่องประมาณทุก ๆ 3 ชั่วโมง ให้พักลูกยางประมาณ 5-10 นาที เพื่อระบายความร้อนออกจากลูกยางกะเทาะจนมีอุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส และควรสลับลูกยางกะเทาะเมื่อพบว่ายางกะเทาะ “ลูกเร็ว” มีความหนาของหน้ายางน้อยกว่ายางกะเทาะ “ลูกช้า”

การคำนวณค่าใช้จ่าย

เงินลงทุนแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ การพักลูกยางกะเทาะโดยใช้ผู้ควบคุมในการหยุดพักจะไม่มีเงินลงทุน และแบบที่ต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงาน เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลาทำงาน หรือติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ค่าใช้จ่ายจะขึ้นกับความซับซ้อนของระบบ ซึ่งเหมาะสำหรับโรงสีข้าวที่เริ่มกิจการใหม่และคิดรวมอยู่ในมูลค่าของโครงการแล้วจะให้ผลตอบแทนที่เร็วกว่ามาก สำหรับในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะกรณีการใช้แรงงานในการควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยประมาณ ไม่มี
 - ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

สมมติให้		
กำลังการผลิตรวม	16	ตัน/ชั่วโมง
จำนวนเครื่องกะเทาะ	8	เครื่อง
อายุการใช้งานลูกยาง	100	ตัน/ลูก
คิดเป็นจำนวนลูกยางที่ใช้	4	ลูก/วัน

(กำลังการผลิตรวม ÷ อายุการใช้งาน x 24 ชั่วโมง/วัน)

(16 ÷ 100 x 24)

ราคาลูกยางกะเทาะ	550	บาท/ลูก
ราคาต่างของข้าวต้น-ข้าวหัก	4	บาท/กิโลกรัม

(ราคาประมาณของข้าวต้น 14 บาท/กก. และข้าวหัก 10 บาท/กก.)

ปริมาณข้าวหักลดลงหลังการปรับปรุง	0.05	เปอร์เซ็นต์ของกำลังการผลิต
อายุการใช้งานลูกยางเพิ่มขึ้น	10	เปอร์เซ็นต์
กำลังไฟฟ้าที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า	1.12	กิโลวัตต์/เครื่อง
ระยะเวลาที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า	5.3	ชั่วโมง/วัน

(พักลูกยาง 5 นาที ทุกๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 8 เครื่อง)

ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	4,155	บาท/ปี

(กำลังไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า x ระยะเวลาเดินเครื่องเปล่า x 250 วัน/ปี)

(1.12 x 2.8 x 5.3 x 250)

มูลค่าที่ประหยัดได้

มูลค่าของราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก	192,000	บาท/ปี
----------------------------------	---------	--------

(กำลังการผลิตรวม (ก.ก.) x %ข้าวหักลดลง x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี x ราคาต่างข้าวต้น-ข้าวหัก)

(16,000 x (0.05 / 100) x 24 x 250 x 4)

มูลค่าลูกยางที่ประหยัดได้	55,000	บาท/ปี
---------------------------	--------	--------

(จำนวนลูกยางที่ใช้ x %อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น x 250 วันต่อปี x ราคาลูกยาง)

(4 x (10 / 100) x 250 x 550)

มูลค่าที่ประหยัดได้รวม	242,845	บาท/ปี
-------------------------------	----------------	---------------

(มูลค่าของราคาต่างข้าวต้นและข้าวหัก + มูลค่าลูกยางที่ประหยัดได้ - ค่าใช้จ่ายจากการเดินเครื่องเปล่า)

(192,000 + 55,000 - 4,155)

 - ระยะเวลาคืนทุน ทันทีที่ปฏิบัติ
- ผลการปรับปรุง**
- เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มขึ้น 0.05 เปอร์เซ็นต์

(กำลังการผลิต x %ข้าวหัก ÷ กำลังการผลิต)

(16,000 x 0.05 ÷ 16,000)
 - มูลค่าที่ประหยัดได้รวม 242,845 บาท/ปี

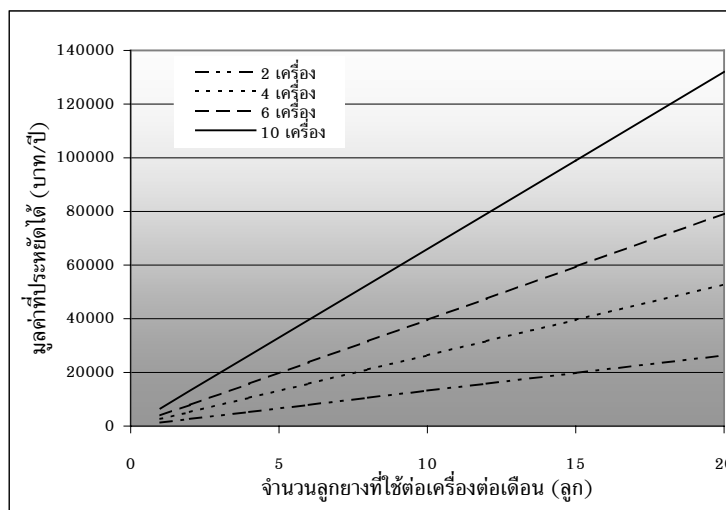
$$\begin{aligned} & \text{กำลังการผลิต} \times \% \text{ข้าวหักลดลง} \times \text{ชั่วโมงทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี} \times \text{ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก} \\ & + \\ & \text{จำนวนลูกยางที่ใช้ต่อวัน} \times \% \text{อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น} \times \text{วันทำงานต่อปี} \times \text{ราคาลูกยาง} \\ & - \\ & \text{ค่าใช้จ่ายจากการเดินเครื่องเปล่า} \end{aligned}$$

สำหรับโรงสีข้าวอื่นๆ ที่มีอัตราการสิ้นเปลืองลูกยางไม่เป็นไปตามผลการประเมินข้างต้น สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลที่กำหนดขึ้นจากตารางที่ 4-1 หรือรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 มูลค่าที่ประหยัดได้ต่อปีจากการพักลูกยางกะเทาะ

จำนวนลูกยางที่ใช้ต่อเครื่องต่อเดือน	จำนวนเครื่องกะเทาะ			
	2 เครื่อง	4 เครื่อง	6 เครื่อง	10 เครื่อง
1	1,320	2,640	3,960	6,600
2	2,640	5,280	7,920	13,200
4	5,280	10,560	15,840	26,400
6	7,920	15,840	23,760	39,600
8	10,560	21,120	31,680	52,800
10	13,200	26,400	39,600	66,000
12	15,840	31,680	47,520	79,200
15	19,800	39,600	59,400	99,000
20	26,400	52,800	79,200	132,000

หมายเหตุ: คำนวณราคาลูกยาง 550 บาท ทำงาน 12 เดือน



รูปที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบมูลค่าที่ประหยัดได้จากการพักลูกยางกะเทาะกับจำนวนลูกยางที่ใช้งาน

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดของเสียที่เกิดจากลูกยาง

4.1.2 การแยกแกลบ

เครื่องแยกแกลบซึ่งอาศัยหลักของความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของวัตถุ โดยมีแรงกระทำช่วยในการคัดแยก เช่น การใช้แรงเหวี่ยง หรือการใช้แรงลม เป็นต้น สำหรับระบบที่ใช้แรงลมแบ่งเป็น 2 แบบ คือ เครื่องแยกแกลบระบบปิดและเครื่องแยกแกลบระบบเปิด โรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้การคัดแยกแกลบโดยใช้แรงลมแบบระบบเปิด หรือเรียกว่า “ตู้สีฟัด” มีลักษณะรูปร่างภายนอกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ข้าวจะเข้าเครื่องจากด้านบนผ่านไปทางด้านหน้ามีแผ่นชะลอการไหลของข้าวหรือเรียกว่า “ซิกแซ็ก” วางทำมุมจำนวน 2 แถว แผ่นชะลอการไหลมีหน้าที่ลดความเร็วในการไหลของข้าวและทำหน้าที่พลิกข้าวระหว่างการไหล เพื่อให้แกลบถูกแยกออกได้ง่าย ลักษณะการไหลระหว่างข้าวและกระแสมจึงเป็นแบบไหลขวาง (Cross Flow) โดยข้าวจะไหลจากบนลงล่าง ขณะที่ลมจะพัดผ่านขวางทิศทางการไหลของข้าว ช่องทางออกของเครื่องคัดแยกโดยทั่วไปมี 3 ช่องทาง คือ ช่องทางออกของข้าวอยู่บริเวณด้านล่างของด้านหน้าตู้สีฟัด เป็นช่องลมออกซึ่งจะพาเอาแกลบออกไปโดยอาศัยแรงดูดจากพัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) และช่องสุดท้ายอยู่บริเวณกลางตู้มีแผ่นหรือมีลักษณะเป็นผนังกั้น เรียกว่า “ค.2” ทำหน้าที่ดักข้าวออกก่อนปนออกไปกับช่องทางออกแกลบ การปรับแต่งปริมาณลมและความเร็วลมหน้าตู้จะใช้ช่องลมด้านข้างของเครื่อง เรียกว่า “หูช้าง” สามารถปรับช่องกว้างหรือแคบเพื่อให้ความแรงของลมผ่านหน้าตู้มากหรือน้อยได้ตามต้องการ ระบบขับพัดลมได้จากระบบส่งกำลังจากเพลาหลักของโรงสีข้าวหรือได้จากมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านสายพานไปยังพัดลม

ประสิทธิภาพการคัดแยกแกลบขึ้นอยู่กับลักษณะการไหลของชั้นข้าว และความแตกต่างระหว่างความเร็วของข้าวที่ไหลผ่านหน้าตู้กับความเร็วของกระแสม ประสิทธิภาพการคัดแยกที่ดีเกิดขึ้นเมื่อแรงที่เกิดจากกระแสมมีค่ามากกว่าแรงตกของแกลบ

ปัญหาที่มักพบเห็นได้โดยทั่วไปของการทำงานจากเครื่องแยกแกลบระบบเปิดคือ ลักษณะของชั้นข้าวที่ไหลผ่านหน้าตู้สีฟัดมีความหนาจนทำให้แรงลมไม่สามารถนำแกลบแยกออกมาได้ หรือแผ่นชะลอการไหลที่ติดตั้งไม่เหมาะสม ไม่สามารถลดทอนแรงที่เกิดจากการตกของแกลบให้น้อยกว่าแรงที่ได้จากลม หรือลักษณะการไหลของข้าวไม่เต็มหน้าตู้สีฟัด ทำให้การปรับแต่งเครื่องทำได้ยาก จึงมักพบว่าแกลบบางส่วนปนไปกับช่องทางออกของข้าว หรือข้าวบางส่วนปนไปกับช่องทางออกแกลบ นอกจากนี้ เครื่องแยกแกลบระบบเปิดมักมีปัญหาความสูญเสียจากการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า กล่าวคือ มอเตอร์ที่ติดตั้งมีขนาดใหญ่มากกว่าความต้องการ และการปรับปริมาณลมผ่านหน้าตู้สีฟัดซึ่งใช้หูช้างนั้นจะไม่ทำให้ภาระของมอเตอร์ลดลงหรือเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ปัญหาด้านการสูญเสียมวลแกลบจากพื้นที่เก็บ เกิดจากพื้นที่เก็บแกลบของโรงสีข้าวบางโรงเป็นระบบเปิด หรือบางครั้งเป็นห้องซึ่งมีช่องเปิดบางส่วน ทำให้มวลแกลบบางส่วนฟุ้งกระจายไปยังพื้นที่ข้างเคียงโดยรอบ นอกจากนี้ลักษณะของห้องเก็บแกลบที่ใช้ระบบลมส่งจากเครื่องแยกแกลบ ก็คือ มีการออกแบบขนาดของ “ห้องตกสะสม” (Gravity Settling Chamber)

ไม่สัมพันธ์กับปริมาณอากาศของระบบลมส่ง ทำให้เกลบไม่สามารถตกตะกอนได้ทัน และห้องเก็บเกลบไม่ได้บุแผ่นกรองที่ดีเพียงพอ ปัญหาเหล่านี้ทำให้เกิดการสูญเสียมวลเกลบและส่งผลกระทบด้านฝุ่นต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น

แนวทางการปฏิบัติที่ดีสำหรับตู้สีฝุ่นระบบเปิดคือ ขนาดของมอเตอร์ที่ติดตั้งต้องเหมาะสมกับขนาดของพัดลมตู้สีฝุ่น แผ่นซิกแซกที่ติดตั้งจะต้องสามารถชะลอการไหลและทำให้ข้าวเกิดการพลิกตัว ข้าวจะต้องไหลเต็มหน้าตัดของตู้สีฝุ่นและต้องมีความหนาของข้าวไม่มากกว่า 1 นิ้ว สำหรับตู้สีฝุ่นที่ใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อนแยกอิสระจากมอเตอร์ของเครื่องจักรอื่น ๆ สามารถใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์แทนการปรับด้วยพูซัง ระบบลมส่งเกลบและท่อลมส่งเกลบจะต้องไม่โค้งงอ ต้องมีการบำรุงรักษาและซ่อมแซมเป็นประจำ เนื่องจากแรงลมจะทำให้เกลบเกิดการเสียดสีกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เกิดการสึกหรอและชำรุดเสียหาย เช่น ผนังของตู้สีฝุ่น ค.2 ใบพัดลม และท่อลมส่ง เป็นต้น หรือเลือกใช้การแยกเกลบด้วยระบบปิดทดแทนระบบเปิดเพื่อลดความสูญเสียมวลเกลบจากพื้นที่กองเก็บ เป็นต้น ตัวอย่างกรณีศึกษาการปรับปรุงการคัดแยกเกลบสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีฝุ่น

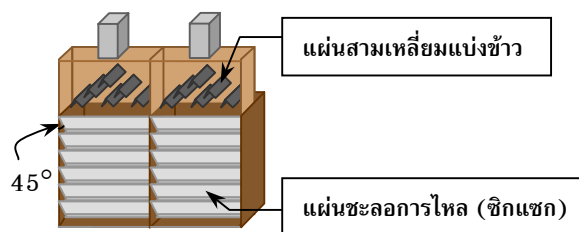
การเพิ่มประสิทธิภาพเครื่องแยกเกลบระบบเปิดหรือตู้สีฝุ่นสามารถทำได้ทั้งการใช้วิธีการจัดการที่ดีและวิธีการปรับปรุงเครื่องจักร วิธีการจัดการที่ดีจะต้องมีผู้ควบคุมที่คอยปรับแต่งการทำงานของเครื่องแยกเกลบให้เหมาะสมกับวัตถุดิบหรือข้าวอยู่เสมอ ส่วนการปรับปรุงเครื่องจักร การใช้เงินลงทุนต่ำและไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงมากนัก ซึ่งเป็นแนวทางที่เป็นไปได้ที่โรงสีข้าวสามารถนำมาปฏิบัติใช้ วิธีการหนึ่งของการปรับปรุงเครื่องแยกเกลบคือ การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวเข้าตู้สีฝุ่น อุปกรณ์มีลักษณะเป็นสามเหลี่ยม วางคว่ำและเหลื่อมซ้อนกันในแต่ละแถวภายในท่อทางไหลของเกลบก่อนเข้าหน้าตู้สีฝุ่น จำนวนของสามเหลี่ยมในแต่ละแถวจะเพิ่มขึ้น ซึ่งขึ้นกับปริมาณข้าวและพื้นที่ที่เหลือสำหรับติดตั้ง ผลการปรับปรุงจะช่วยให้การควบคุมเครื่องทำได้ง่ายขึ้น และส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการทำงาน ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมเพิ่มขึ้นจากการดำเนินงาน

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตของตู้สีฝุ่นประมาณ 4 ตันต่อชั่วโมง เกลบคิดเป็นร้อยละ 25 ของปริมาณข้าวเปลือก ทำงานวันละ 24 ชั่วโมง และเปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี จากการตรวจประเมิน พบว่า มีข้าวปนไปร้อยละ 0.1 ของปริมาณเกลบที่เกิดขึ้น สภาพการทำงานโดยทั่วไปของตู้สีฝุ่น พบว่า ข้าวไหลไม่เต็มพื้นที่หน้าตัดของตู้สีฝุ่น ค.2 ชำรุดเสียหายบางส่วน ความเร็วลมหน้าตู้สีฝุ่นไม่สม่ำเสมอ (บางจุดสูงกว่า 4.0 เมตรต่อวินาที) และแผ่นซิกแซกติดตั้งไม่ครบหรือน้อยเกินไป

ข้อเสนอแนะ

แนวทางการแก้ปัญหาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพตู้สีผัด ผู้ควบคุมควรเพิ่มความถี่ของการตรวจสอบสภาพการทำงานและสภาพเครื่องจักรให้มีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานและซ่อมแซมส่วนที่ชำรุด การปรับปรุงการทำงานให้ข้าวไหลเต็มหน้าตู้สีผัดจะต้องติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าว ดังรูปที่ 4-2 ช่วยให้ข้าวไหลเต็มพื้นที่หน้าตัด ตู้สีผัดมากขึ้น ชั้นข้าวที่ผ่านหน้าตู้สีผัดมี ความหนาลดลงข้าวจะพลิกตัวได้ง่าย ทำให้เกลบและสิ่งเจือปนที่มีความหนาแน่นใกล้เคียงกันแยกออกไปกับลมได้สะดวกขึ้น



รูปที่ 4-2 แสดงอุปกรณ์ช่วยโรยข้าว

การคำนวณค่าใช้จ่าย

เงินลงทุนสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวหรือกระจายข้าวให้ไหลผ่านเต็มพื้นที่หน้าตัดตู้สีผัด คำนวณจากค่าอุปกรณ์เหล็กฉากที่มีความหนาประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ติดตั้งเป็นแถวตั้งรูปด้านบน โครงทำจากไม้เนื้อแข็งหรือเหล็กแผ่นทึบทั้งสี่ด้านยกเว้นด้านบนและด้านล่างที่ให้ข้าวไหลผ่าน โครงมีขนาดความกว้างเท่ากับความกว้างของหน้าตัดตู้สีผัด ความลึกของโครงประมาณ 6 นิ้ว และมีความสูงของโครงขึ้นกับจำนวนแถวของสามเหลี่ยมที่ต้องการติดตั้ง สำหรับกรณีนี้จะมี ความสูงประมาณ 1-1.5 ฟุต สามารถคำนวณประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ ได้ดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (อุปกรณ์แบ่งข้าว) 10,000 บาท
 - ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
 - สมมติให้ กำลังการผลิตของตู้สีผัด 4,000 กิโลกรัม/ชั่วโมง
 - ปริมาณเกลบในข้าวเปลือก 25 เปอร์เซ็นต์
 - ปริมาณข้าวปนไปกับเกลบ 0.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณเกลบ
 - คิดเป็นข้าวรวมที่ปนไปกับเกลบ 1 กิโลกรัม/ชั่วโมง
- (กำลังการผลิต x %เกลบ x %ข้าวปนไปกับเกลบ)
(4,000 x (25 / 100) x (0.1/100))
- มูลค่าของข้าวที่สูญเสียไปกับเกลบ 10 บาท/กิโลกรัม
- มูลค่าที่ประหยัดได้รวม 60,000 บาท/ปี
- (กำลังการผลิต x %เกลบ x %ข้าวที่ปนไปกับเกลบ x มูลค่าของข้าว x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)
(4,000 x (25 / 100) x (0.1 x 100) x 10 x 24 x 250)
- ระยะเวลาคืนทุน 2 เดือน
- (เงินลงทุน ÷ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้)
(10,000 ÷ 60,000) x 12 เดือนต่อปี

ผลการปรับปรุง

เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมเพิ่มขึ้น 0.025 เปอร์เซ็นต์

(กำลังการผลิต x % แกลบ x % ข้าวปนไปกับแกลบ ÷ กำลังการผลิต)

(4,000 x (25 / 100) x (0.1 / 100) ÷ 4,000) x 100%

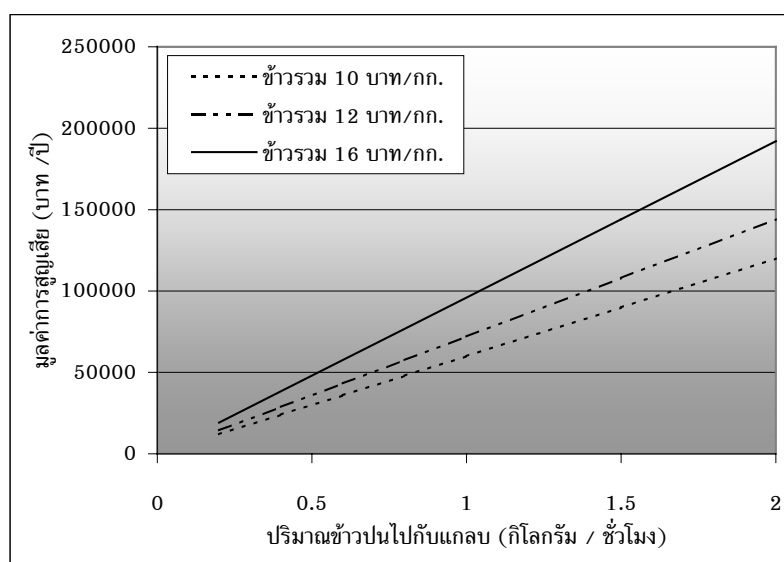
- รายรับเพิ่มขึ้นจากข้าวรวมที่เพิ่มขึ้น 60,000 บาท/ปี

กำลังการผลิต x % แกลบ x % ข้าวที่ปนไปกับแกลบ x มูลค่าของข้าว x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี

ผลการประเมินข้างต้นสามารถประยุกต์ใช้กับโรงสีข้าวต่าง ๆ เพื่อคำนวณมูลค่าการสูญเสียข้าวรวมที่ปนไปกับแกลบได้ตั้งข้อมูลจากตารางที่ 4-2 และรูปที่ 4-3

ตารางที่ 4-2 มูลค่าการสูญเสียข้าวรวมที่ปนไปกับแกลบ

ปริมาณข้าวปนไปกับแกลบ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	มูลค่าการสูญเสีย (บาท/ปี)		
	ราคาข้าวรวม		
	10 บาท/กิโลกรัม	12 บาท/กิโลกรัม	16 บาท/กิโลกรัม
0.2	12,000	14,400	19,200
0.4	24,000	28,800	38,400
0.6	36,000	43,200	57,600
0.8	48,000	57,600	76,800
1	60,000	72,000	96,000
1.5	90,000	108,000	144,000
2	120,000	144,000	192,000



รูปที่ 4-3 มูลค่าการสูญเสียข้าวรวมที่ปนไปกับแกลบ

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นแกลบที่เกิดจากการใช้ปริมาณลมสูงกว่าปกติ
- ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นแกลบบริเวณร้านสี

2. การใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีผัด

เครื่องแยกแกลบระบบปิด (Closed Circuit Husk Separator) มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับเครื่องแยกแกลบระบบเปิด ยกเว้นลมที่ไม่มีการถ่ายเทเข้าออกจากเครื่อง มีหลักการทำงานเริ่มจากผลผลิตหรือข้าวรวมจะนำเข้าเครื่องจากด้านบน และไหลลงตามแผ่นเหล็กที่วางเอียงเป็นแผ่นบาง ๆ พัดลมจะสร้างกระแสลมหมุนวนภายในเครื่องลักษณะคล้ายไซโคลน แกลบจะถูกลมดูดตกลงสู่ก้นกรวยด้านล่างและถูกแยกออกจากเครื่องโดยเกลียวลำเลียง (Screw Conveyer) ส่วนอากาศที่แยกแกลบออกไปแล้ว จะหมุนวนผ่านไปที่พัดลมอีกครั้ง เครื่องแยกแกลบนี้สามารถแยกผลผลิตได้เป็นสามส่วนคือ เมล็ดข้าวเปลือก-ข้าวกล้อง เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ และแกลบ ปริมาตรของอากาศจะถูกควบคุมโดยลิ้นควบคุม ส่วนสมรรถนะในการแยกจะใช้การปรับตั้งที่ลิ้นปรับ อย่างไรก็ตามเครื่องแยกแกลบระบบปิดไม่สามารถแยกราหยาบ ผุ่น และข้าวหักออกจากแกลบได้ จึงต้องติดตั้งตะแกรงช่วยแยกราหยาบและปลายข้าวออกจากแกลบก่อนเสมอ

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งใช้เครื่องแยกแกลบระบบเปิด มีความสามารถในการคัดแยกผลผลิตรวม 8,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในจำนวนนี้จะคัดแยกได้แกลบประมาณร้อยละ 25 เครื่องแยกแกลบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับขับพัดลมขนาด 25 แรงม้า กำลังไฟฟ้าขณะทำงานตรวจวัดได้เท่ากับ 12 กิโลวัตต์ โรงสีข้าวมีระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี ปัญหาที่ผู้ควบคุมประสบคือ ต้องหมั่นตรวจสอบการสูญเสียข้าวที่ปนไปกับแกลบที่บริเวณเก็บแกลบ ซึ่งมักมีข้าวปนไปกับแกลบคิดเป็นร้อยละ 0.1 ให้มูลค่าของข้าวที่ปนไปกับแกลบเท่ากับ 10 บาทต่อกิโลกรัม และสูญเสียมวลแกลบไปกับการฟุ้งกระจายบริเวณที่กองเก็บอีกประมาณร้อยละ 0.1 ของปริมาณแกลบที่เกิดขึ้น สาเหตุหลักเกิดจากโรงสีข้าวใช้ระบบลมส่งแกลบและพื้นที่กองเก็บมีลักษณะเป็นพื้นที่เปิด

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวสามารถใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดทดแทนเครื่องแยกแกลบระบบเปิดซึ่งมีความสามารถในการคัดแยกผลผลิตได้ประมาณ 2-6 ตันต่อชั่วโมงต่อเครื่อง มีกำลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อเครื่องรวมประมาณ 3.5 กิโลวัตต์ สำหรับแกลบที่ถูกแยกออกจะต้องติดตั้งระบบสายพานลำเลียงไปยังพื้นที่เก็บแกลบหรือใช้กะป้อมมีกำลังไฟฟ้าใช้งานประมาณ 3 กิโลวัตต์ ผู้ควบคุมสามารถตรวจสอบการทำงานประสิทธิภาพการแยกแกลบของเครื่องโดยพิจารณาจากสายพานลำเลียงและสามารถปรับตั้งการทำงานได้อย่างทันท่วงที ทั้งนี้ โรงสีข้าวจะต้องมีตะแกรงเหวี่ยงเพื่อแยกราหยาบและข้าวหักออกก่อน จึงสามารถใช้เครื่องแยกแกลบระบบเปิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิดจะมีค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องแยกแกลบระบบปิด และระบบสายพานลำเลียงแกลบที่ออกจากเครื่องแยกแกลบไปยังถังเก็บแกลบ หรือพื้นที่กองเก็บ ซึ่งจะไม่รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งวัสดุปิดคลุมระบบสายพานลำเลียง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

● ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้ง

เครื่องแยกแกลบ	900,000	บาท
ระบบสายพานลำเลียง	150,000	บาท
รวม	1,050,000	บาท

(เครื่องแยกแกลบราคาประมาณ 450,000 บาท/เครื่อง ระบบสายพานลำเลียง 1,500 บาท/เมตร)

● ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

สมมติให้	โรงสีข้าวมีกำลังการผลิต	8,000	กิโลกรัม/ชั่วโมง
	ปริมาณแกลบในข้าวเปลือก	25	เปอร์เซ็นต์
	ปริมาณข้าวปนไปกับแกลบ	0.1	เปอร์เซ็นต์
	มูลค่าของข้าวที่สูญเสียไปกับแกลบ	10	บาท/กิโลกรัม
	กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	12	กิโลวัตต์
	กำลังไฟฟ้าของเครื่องแยกแกลบระบบปิด	3.5	กิโลวัตต์
	กำลังไฟฟ้าของระบบลำเลียง	3	กิโลวัตต์
	ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	มวลแกลบที่สูญเสียจากการฟุ้งกระจาย	0.1	เปอร์เซ็นต์ของแกลบ
	มูลค่าแกลบ	0.6	บาท/กิโลกรัม

มูลค่าที่สามารถประหยัดได้

มูลค่าข้าวที่ปนไปกับแกลบ	120,000	บาท/ปี
--------------------------	---------	--------

(กำลังการผลิต x %แกลบ x %ข้าวปนไปกับแกลบ x มูลค่าข้าว x 24 ชั่วโมงต่อวัน x 250 วันต่อปี)

$(8,000 \times (25 / 100) \times (0.1 / 100) \times 10 \times 24 \times 250)$

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	92,400	บาท/ปี
------------------------------	--------	--------

(กำลังไฟฟ้าที่ลดลงสุทธิ x ราคาไฟฟ้า x 24 ชั่วโมงต่อวัน x 250 วันต่อปี)

$((12 - (3.5 + 3)) \times 2.8 \times 24 \times 250)$

มูลค่าของแกลบที่ฟุ้งกระจาย	7,200	บาท/ปี
----------------------------	-------	--------

(กำลังการผลิต x %แกลบ x %แกลบที่สูญเสีย x ราคาแกลบ x 24 ชั่วโมงต่อวัน x 250 วันต่อปี)

$(8,000 \times (25 / 100) \times (0.1 / 100) \times 0.6 \times 24 \times 250)$

มูลค่าที่ประหยัดได้รวม	219,600	บาท/ปี
-------------------------------	----------------	---------------

$(120,000 + 92,400 + 7,200)$

● ระยะเวลาคืนทุน	4.8	ปี
------------------	-----	----

(เงินลงทุน ÷ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้)

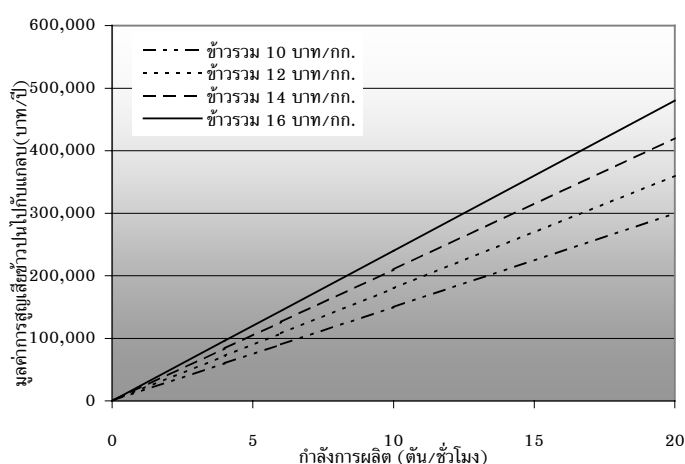
$(1,050,000 \div 219,600)$

ผลการปรับปรุง

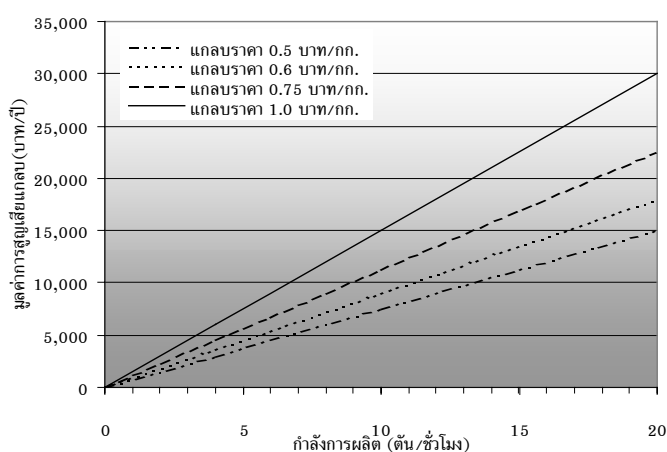
- เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมเพิ่มขึ้น 0.025 เปอร์เซ็นต์
(กำลังการผลิต x % แกลบ x % ข้าวปนไปกับแกลบ ÷ กำลังการผลิต)
(8,000 x (25 / 100) x (0.1 / 100) ÷ 8,000) x 100%
- มูลค่าที่ประหยัดได้รวม 219,600 บาท/ปี

กำลังการผลิต x % แกลบ x % ข้าวปนไปกับแกลบ x ราคาข้าวเฉลี่ย x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี
+
กำลังไฟฟ้าที่ลดลงสุทธิ x ราคาไฟฟ้า x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี
+
กำลังการผลิต x % แกลบ x % แกลบที่ฟุ้งกระจาย x ราคาแกลบ x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี

สำหรับโรงสีอื่น ๆ ผลการประเมินข้างต้นสามารถคำนวณมูลค่าการสูญเสียข้าวรวมและมูลค่าการสูญเสียแกลบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้ดังรูปที่ 4-4 และรูปที่ 4-5



หมายเหตุ: โรงสีข้าวทำงาน 24 ชม./วัน 250 วัน/ปี และข้าวปนไปกับแกลบ 0.1%



หมายเหตุ: โรงสีข้าวทำงาน 24 ชม./วัน 250 วัน/ปี และข้าวปนไปกับแกลบ 0.1%

รูปที่ 4-4 มูลค่าการสูญเสียข้าวปนที่ไปกับแกลบ

รูปที่ 4-5 มูลค่าการสูญเสียแกลบไปกับการฟุ้งกระจาย

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าเครื่องแยกระบบเปิด
- ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นเนื่องจากไม่ต้องใช้ลมในการลำเลียงแกลบ
- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4.1.3 การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง

กระบวนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง โรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมใช้ระบบ โต๊ะแยก (Compartment Type) หรือตะแกรงโยก มีหลักการทำงานโดยอาศัยความแตกต่างของ ลักษณะการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงของวัสดุที่มีรูปร่างคล้ายคลึงกัน แต่ความถ่วงจำเพาะและความ เสียดทานของผิววัสดุแตกต่างกัน ตะแกรงโยกจะมีช่องสำหรับให้ข้าวไหลจำนวน 8-25 ช่อง แต่ละ ช่องมีผนังทำเป็นรูปโครงสร้างเหลี่ยมวางเอียงทำมุมสลับกันประมาณ 28 องศา มุมยอดของ สามเหลี่ยมแต่ละด้านหันขึ้นตามแนวมุมเอียงของโต๊ะ มีความกว้างและความยาวของชุดแยก ประมาณ 1,250-1,380 มิลลิเมตร ช่องแยกแต่ละช่องมีอัตราการแยกประมาณ 40 กิโลกรัมต่อ ชั่วโมง แรงกระทำให้ข้าวเปลือกเคลื่อนที่ในช่องได้จากระบบขับเคลื่อนจากมอเตอร์ผ่านเพลาลูกเบี้ยวที่ติดตั้งไว้กับล้อช่วยแรงของตะแกรงโยก ทำให้ตะแกรงโยกมีลักษณะเคลื่อนไปมาขวางทิศทางการไหล รอบการหมุนอยู่ในช่วง 90-120 รอบต่อนาที ระยะชักควรมีค่าประมาณ 180 มิลลิเมตร เมื่อตะแกรงโยกไปมาจะทำให้วัสดุที่มีรูปร่างเล็ก หนัก กลมและผิวเรียบแบบข้าวกล้อง ไหลลงตามมุมเอียงของพื้นตะแกรงโยกได้เร็วกว่า ส่วนวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า ความถ่วงจำเพาะ ต่ำกว่า และผิวหยาบกว่า เช่น ข้าวเปลือก จะขึ้นด้านบนสวนทางกัน

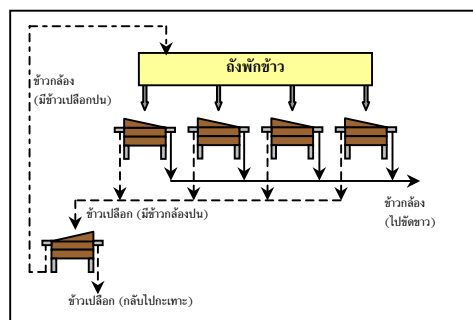
การออกแบบและติดตั้งตะแกรงโยกต้องถูกหลักวิชาการ และผู้ควบคุมต้องหมั่น สังเกตการทำงานของตะแกรงโยกอยู่เสมอ ข้าวเปลือกและข้าวกล้องที่นำมาคัดแยกต้องไม่มีฟาง แกลบ และ รำ ประกอบกับปริมาณข้าวป้อนเข้าตะแกรงโยกต้องสม่ำเสมอและต่อเนื่อง จากการ ศึกษาสภาพการทำงานของโรงสีข้าว พบว่า ส่วนใหญ่ผู้ควบคุมจะปรับตั้งเพื่อให้ได้ข้าวกล้องบริสุทธิ์ ทำให้ช่องออกข้าวเปลือกมีข้าวกล้องปนกลับไปที่กะเทาะและมีโอกาสแตกหักสูงจากการกะเทาะซ้ำ ดังนั้น การปรับเปลี่ยนการวางผังตะแกรงโยกเพื่อแยกให้ได้ข้าวกล้องบริสุทธิ์ และแยกให้ได้ ข้าวเปลือกบริสุทธิ์ จะมีส่วนทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันของโรงสีข้าวเพิ่มขึ้น โดยการจัดผังให้มีตะแกรง โยก แบ่งออกเป็น 2 ชุด ชุดแรกทำหน้าที่แยกเฉพาะข้าวกล้องนำไปขัดขาว ส่วนที่เหลือจะนำมาคัด แยกต่อในโต๊ะแยกชุดที่สอง ทำหน้าที่แยกเอาเฉพาะข้าวเปลือกนำกลับไปกะเทาะ ส่วนที่เหลือจะถูก นำกลับไปคัดแยกโดยตะแกรงโยกชุดที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายและผลที่ได้รับจาก การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง ได้ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวมีกำลังการผลิตประมาณ 17,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการกะเทาะ 9:1 ได้ปริมาณข้าวกล้อง 15,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และเหลือข้าวเปลือกจากการกะเทาะประมาณ 1,700 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ถูกนำมาแยกด้วยตะแกรงโยกจำนวน 5 เครื่อง จากการตรวจสอบการทำงาน พบว่า มีข้าวกล้องปนไปกับข้าวเปลือกประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง นำกลับไปยัง เครื่องกะเทาะอีกครั้ง และเมื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวเทียบกับกรณีการกะเทาะข้าวเปลือกล้วนที่ สภาวะเดียวกันแล้ว พบว่า กรณีที่มีข้าวกล้องปนไปกะเทาะจะเกิดข้าวหักเพิ่มขึ้นอีก 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณข้าวกล้องที่กลับไปกะเทาะ

ข้อเสนอแนะ

ปรับปรุงประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและข้าวตัน โดยใช้ตะแกรงโยกคัดแยกแบบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกจัดให้มีตะแกรงโยกชุดที่ 1 ทำหน้าที่คัดแยกข้าวกล้องส่งไปขัดขาว ตะแกรงโยกชุดที่ 2 ทำหน้าที่คัดแยกข้าวเปลือกนากลับไปกะเทาะ ส่วนที่เหลือจากช่องทางออกข้าวกล้องของตะแกรงโยกชุดที่ 2 จะนากลับไปคัดแยกอีกครั้งที่ตะแกรงโยกชุดแรก ดังรูปที่ 4-6



รูปที่ 4-6 การวางผังตะแกรงโยก

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแปลงผังขั้นตอนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง โดยใช้ตะแกรงโยก 2 ชุด ทำงานต่อเนื่องกัน จะต้องติดตั้งระบบลำเลียงเพิ่มเติม 1 ชุด ประกอบด้วยระบบกะพ้อลำเลียงมีความสูงประมาณ 10 เมตร และติดตั้งมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ค่าใช้จ่ายที่ปรากฏเป็นค่าใช้จ่ายโดยประมาณ และไม่คิดค่าแรงงานในการติดตั้ง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยประมาณ 150,000 บาท

(การติดตั้งระบบกะพ้อลำเลียง)

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขับเคลื่อนกะพ้อ 0.5 กิโลวัตต์

ราคาไฟฟ้าเฉลี่ย 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น 8,400 บาท/ปี

(กำลังไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)

(0.5 x 2.8 x 24 x 250)
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

สมมติให้ ข้าวกล้องกลับไปที่กะเทาะซ้ำ 1,200 กิโลกรัม/ชั่วโมง

โอกาสข้าวกล้องแตกหักจากการกะเทาะซ้ำ 0.5 เปอร์เซ็นต์

ราคาต่างของข้าวตัน-ข้าวหัก 4 บาท/กิโลกรัม

มูลค่าข้าวที่ได้อีกกลับคืน 144,000 บาท/ปี

(ปริมาณข้าวกล้องกลับไปที่กะเทาะซ้ำ x %โอกาสข้าวหัก x ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)

(1,200 x (0.5 / 100) x 4 x 24 x 250)

มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิ 135,600 บาท/ปี

(ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้-ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า)

(144,000 - 8,400)
- ระยะเวลาคืนทุน 1.1 ปี

ผลการปรับปรุง

- เปอร์เซ็นต์ข้าวตันเพิ่มขึ้น **0.035 เปอร์เซ็นต์**
(ปริมาณข้าวกล้องที่ปนกลับไถกะเทาะ x %ข้าวหักที่ลดลง ÷ กำลังการผลิต)
(1,200 x 0.5 ÷ 17,000)
- มูลค่าที่ประหยัดได้รวม **135,600 บาท/ปี**

(ปริมาณข้าวกล้องกลับไถกะเทาะ x %โอกาสข้าวหัก x ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี)
-
(กำลังไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี)

กรณีโรงสีข้าวอื่นๆ ที่มีค่าแตกต่างจากตัวอย่างการคำนวณ สามารถพิจารณามูลค่าการสูญเสียข้าวตันได้ดังตารางที่ 4-3 ซึ่งเป็นข้อมูลด้านการสูญเสียมูลค่าข้าวตันเนื่องจากการกะเทาะกรณีโอกาสการแตกหักของข้าวกล้องเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 ของปริมาณข้าวกล้องที่กลับไถกะเทาะซ้ำ

ตารางที่ 4-3 มูลค่าการสูญเสียข้าวตันเนื่องจากข้าวกล้องกลับไถกะเทาะซ้ำ

ปริมาณข้าวกล้องกลับไถกะเทาะ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	มูลค่าการสูญเสีย (บาท/ปี)		
	มูลค่าต่างข้าวตัน-ข้าวหัก		
	2 บาท/กก.	4 บาท/กก.	6 บาท/กก.
5	300	600	900
100	6,000	12,000	18,000
1,000	60,000	120,000	180,000
2,000	120,000	240,000	360,000
4,000	240,000	480,000	720,000

หมายเหตุ : ปริมาณข้าวกล้องที่ปนกลับไถกะเทาะมีโอกาสแตกหักเพิ่ม 0.5%

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะที่ต้องกะเทาะข้าวกล้องซ้ำ
- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตะแกรงโยกเนื่องจากภาระของตะแกรงโยกลดลง
- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4.2 การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้พลังงานของโรงสีข้าวสามารถแบ่งออกเป็น พลังงานไฟฟ้า และพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโรงสีข้าวจะถูกนำไปใช้ในการขับเคลื่อนเครื่องจักรต่างๆ คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าร้อยละ 90 ส่วนที่เหลือถูกนำไปใช้สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ปัจจุบันโรงสีข้าวรับบริการจากการไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่มีเพียงบางแห่งที่สามารถผลิตไฟฟ้าใช้เองได้ ไฟฟ้าที่รับบริการมีแรงดัน 22-24 กิโลโวลต์ ซึ่งจะผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อลดแรงดันลงเหลือ 380/220 โวลต์ 3 เฟส 4 สาย แล้วจึงจ่ายไปตามจุดต่างๆ ของโรงสีข้าว การขึ้นทะเบียนกับการไฟฟ้าของโรงสีข้าวขนาดกลางถึงขนาดใหญ่มีทั้งการจดทะเบียนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าแบบอัตราปกติ (Flat Rate) และแบบอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use หรือ TOU) สำหรับแกลบที่เป็นผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการสีข้าว จะถูกนำมาใช้ในการเผาไหม้เพื่อผลิตพลังงานความร้อนซึ่งจะถ่ายเทให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หม้อไอน้ำและเครื่องอบแห้ง เป็นต้น การจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพจะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบ

4.2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้ามีด้วยกันหลายวิธี ที่สำคัญได้แก่ ให้เครื่องจักรทำงานที่สภาวะที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น มอเตอร์มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเดินเครื่องที่ใกล้เคียงสภาวะเต็มพิกัดหรือสัดส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้จริงกับพิกัดติดตั้ง (ค่าตัวประกอบภาระการทำงานของมอเตอร์ หรือ Load Factor) มีค่าสูงกว่าร้อยละ 75 จะส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในมอเตอร์มีค่าน้อยลง และการปรับลดขนาดติดตั้งมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระการใช้งานจริง การติดตั้งขนาดมอเตอร์ใหญ่เกินไปย่อมส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ต่ำลง ส่วนการติดตั้งมอเตอร์ขนาดเล็กกว่าภาระมีผลต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง เป็นต้น กรณีระบบไฟฟ้ารวมหรือระบบส่งจ่ายไฟฟ้าในโรงสีข้าวควรมีการควบคุมการใช้ให้มีความสูญเสียน้อยที่สุด ได้แก่ การปรับลดค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) ให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม หรือการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ให้มีค่าสูงกว่า 0.85 และการปรับลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยย้ายช่วงเวลาการผลิตในบางขั้นตอน เพื่อให้ระบบไฟฟ้ารวมมีประสิทธิภาพดีขึ้น เป็นต้น

1. การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

เครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงสีข้าวมักถูกออกแบบและติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้าให้รองรับการขยายตัวในอนาคต ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดต่ำลงเมื่อมอเตอร์มีภาระการทำงานที่น้อยกว่าค่าพิกัดมาก วิธีการหนึ่งในการปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์ให้สูงขึ้น สามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดที่เหมาะสมสำหรับโรงสีข้าวที่ไม่ต้องการซื้อมอเตอร์ชุดใหม่ การพิจารณาปรับเปลี่ยนมาใช้ระบบส่งจ่ายกำลัง

ร่วมกันเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการปรับเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานเมื่อมอเตอร์ชุดที่ใช้อยู่ชำรุดเสียหาย

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวมีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี มีกำลังการสีข้าวเปลือก 200 ตันต่อวัน ในขั้นตอนการแยกแกลบใช้ตู้สีฝักระบบเปิดจำนวน 4 เครื่อง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดเครื่องละ 15 แรงม้า ขับเคลื่อนพัสดลมแยกอิสระจากกัน จากการตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม 4 เครื่อง พบว่ามีค่าประมาณ 24.16 กิโลวัตต์ มีค่าตัวประกอบภาระการทำงานของมอเตอร์ประมาณร้อยละ 54 และจากข้อมูลของผู้ผลิตบ่งชี้ว่ามอเตอร์จะมีประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 91

ข้อเสนอแนะ

กรณีโรงสีข้าวต้องการปรับเปลี่ยนมอเตอร์ ควรเลือกใช้ขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสมกับภาระการใช้งานจริงเป็นชนิดมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor) หรือชนิดประสิทธิภาพธรรมดา โดยพิจารณาผลการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรนั้นๆ จะต้องมีความตัวประกอบภาระการทำงานสูงกว่าร้อยละ 75 และพิจารณาจากภาระขณะเริ่มเดินเครื่องควบคู่ไปด้วยเพราะมีผลต่ออายุการใช้งานของมอเตอร์กรณีที่ไม่สามารถหมุนเครื่องจักรตอนเริ่มเดินเครื่องได้

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การคำนวณค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ให้มีพิกัดเหมาะสมกับภาระการใช้งาน กรณีโรงสีข้าวตัดสินใจเปลี่ยนใช้มอเตอร์ใหม่ จะมีเงินลงทุนจากการซื้อมอเตอร์เครื่องใหม่หักลบมูลค่าซากของมอเตอร์เครื่องเดิม ส่วนค่าติดตั้งและค่าแรงจะไม่นำมาคำนวณเนื่องจากโรงสีข้าวส่วนใหญ่มีช่างซ่อมบำรุงที่สามารถปรับปรุงโดยใช้ฐานวางมอเตอร์เดิม

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

● ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

ขนาดมอเตอร์เดิม (15แรงม้า)	11	กิโลวัตต์
ขนาดมอเตอร์ใหม่ (10แรงม้า)	7.5	กิโลวัตต์
ราคาตอนติดตั้งของมอเตอร์เดิม	33,000	บาท
ราคามอเตอร์ใหม่ต่อเครื่อง	22,500	บาท
จำนวนที่ติดตั้ง	4	เครื่อง
มูลค่าซากของมอเตอร์เก่า	15	เปอร์เซ็นต์
เงินลงทุน	70,200	บาท
([ราคามอเตอร์ใหม่ - (ราคามอเตอร์เดิม x มูลค่าซาก)] x จำนวน)		
([22,500 - (33,000 x (15/100))] x 4)		

● ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ชุดเดิม	91	เปอร์เซ็นต์
ตัวประกอบภาระการทำงาน	54	เปอร์เซ็นต์
ประสิทธิภาพของมอเตอร์ชุดใหม่	94	เปอร์เซ็นต์
กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียลดลง	0.83	กิโลวัตต์

(ขนาดมอเตอร์เดิม x ค่าตัวประกอบภาระ x จำนวนมอเตอร์ x [(1 ÷ ประสิทธิภาพเดิม) - (1 ÷ ประสิทธิภาพใหม่)])
(11 x (54 / 100) x 4 x [(1 ÷ (91/100)) - 1 ÷ (94/100)])

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย 2.5 บาท/หน่วย

(หมายเหตุ : ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย คือ ราคาไฟฟ้าอัตราปกติรวมกับค่าไฟฟ้าผันแปร)

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 196.26 บาท/กิโลวัตต์
(ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 3.1.2 อัตราปกติ)

ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง 3 กิโลวัตต์/เดือน
([ขนาดมอเตอร์เดิม - ขนาดมอเตอร์ใหม่] x 0.8) (พิเศษ)
([11 - 75] x 0.8)

ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า 12,450 บาท/ปี
(กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี x ราคาไฟฟ้า)
(0.83 x 24 x 250 x 2.5)

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง 7,065 บาท/ปี
(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง x 12 เดือน/ปี x ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด)
(3 x 12 x 196.26)

มูลค่าที่ประหยัดได้รวม 19,515 บาท/ปี

● ระยะเวลาคืนทุน 3.6 ปี

ผลการปรับปรุง

- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 0.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก
(กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลง ÷ กำลังการผลิตต่อชั่วโมง)
(0.83 ÷ (200/24))
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 19,515 บาท/ปี

(กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี x ราคาไฟฟ้า)
+
(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง x จำนวนเดือนที่เปิดดำเนินการ x ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด)

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

2. การเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

กรณีที่โรงสีข้าวจดทะเบียนติดตั้งมาตรวัดพลังงานไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค หรือนครหลวง ไว้ที่ด้านแรงดันสูงก่อนเข้าหม้อแปลงไฟฟ้า ย่อมหมายถึงการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า จะส่งผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งสิ้น หม้อแปลงไฟฟ้าจึงจัดเป็นอุปกรณ์พื้นฐานของโรงสีข้าวที่ ควรให้ความสนใจในการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่มีค่า ประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดที่สภาวะการทำงานหนึ่งเท่านั้น สำหรับการสูญเสียที่มีผลต่อ ประสิทธิภาพแบ่งได้เป็นสองส่วนหลัก คือ พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก (Iron Loss/Core Loss) และพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดตัวนำ (Copper Loss) โดยที่พลังงานไฟฟ้าสูญเสียใน แกนเหล็กมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า ขณะที่พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดตัวนำ จะแปรตามภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า (ในที่นี้หมายถึงค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)) โดยมีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor; PF) เป็นปริมาณที่บอกให้ ทราบถึงการใช้กำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) เมื่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า 1 มากๆ แสดงว่า หม้อแปลงจ่ายกำลังไฟฟ้าปรากฏมาก (มีภาระการทำงานมาก) ซึ่งจะให้มีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ ขดลวดตัวนำมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้ใกล้เคียง 1 จะทำ ให้กำลังไฟฟ้าปรากฏของหม้อแปลงมีค่าลดลง และช่วยให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลงได้

การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสำหรับโรงสีข้าวที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าไม่ เป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้า อาทิ ระบบไฟฟ้าไม่ได้มีการติดตั้งคาปาซิเตอร์ไว้คิดเป็นร้อยละ 30 ของขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า สามารถทำได้โดยติดตั้งคาปาซิเตอร์ขนานกับระบบที่เหมาะสมกับ โหลดในขณะนั้น อาจเป็นแบบถาวรหรือแบบอัตโนมัติที่ปรับจำนวนชุดคาปาซิเตอร์ให้เหมาะสมกับ โหลดขณะใดๆ อย่างไรก็ดีตาม การติดตั้งคาปาซิเตอร์เข้ากับระบบแบบถาวร ต้องพิจารณาอย่าง รอบคอบ เนื่องจากคาปาซิเตอร์ที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงในระบบ เป็น อันตรายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ประกอบกับตัวคาปาซิเตอร์ที่ใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้า สูญเสียได้เช่นกัน

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการสีข้าวเปลือก 200 ตันต่อวัน มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 เควีเอ จำนวน 1 ลูก หม้อแปลงมีประสิทธิภาพ 98.5 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราส่วนระหว่าง Copper Loss : Core Loss เท่ากับ 0.8 : 0.2 โดยจากการตรวจวัดด้านไฟฟ้า พบว่า ที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ มีค่าความ ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 300 กิโลวัตต์ และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้ามี ค่าเท่ากับ 0.70 นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า จะพบว่าเสียค่าปรับในส่วน of ค่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ในรูปของค่ากิโลวาร์เฉลี่ยทั้งปีประมาณ 120 กิโลวาร์ต่อเดือน ในอัตรา กิโลวาร์ละ 14.02 บาท คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีทั้งสิ้น 20,188.8 บาท

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวสามารถเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยติดตั้ง คาปาซิเตอร์ให้สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) ได้ไม่ต่ำกว่า 30 เพอร์เซ็นต์ของ พิกัดหม้อแปลงในหน่วยของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (กิโลโวลต์-แอมแปร์)

การคำนวณค่าใช้จ่าย

อุปกรณ์ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าของโรงสีข้าวที่ต้องการติดตั้ง ต้องพิจารณาจากผลการตรวจประเมินด้านพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในรอบวัน กำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบวัน กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า และต้องคำนึงถึงขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อให้การติดตั้งมีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง สำหรับค่าใช้จ่ายประกอบด้วย ค่าอุปกรณ์ซึ่งก็คือ คาปาซิเตอร์ และอุปกรณ์สวิตช์ต่างๆ เป็นต้น (กรณีศึกษาได้รวมเป็นค่าของขนาดคาปาซิเตอร์เพียงค่าเดียว) นอกจากนั้นจะเป็น ค่าติดตั้ง และค่าแรง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนโดยประมาณ

ขนาดคาปาซิเตอร์	150	กิโลวาร์
(ขนาดหม้อแปลง x 30%)		
(500 x (30 / 100))		
ราคาคาปาซิเตอร์(รวมค่าอุปกรณ์ติดตั้งประกอบ และค่าแรง)	1,000	บาท/กิโลวาร์
เงินลงทุน	150,000	บาท

- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ตรวจวัดได้	300	กิโลวัตต์
ค่า PF ก่อนปรับปรุง	0.70	
ค่า PF หลังปรับปรุง	0.8519	
สัดส่วนความสูญเสียในขดลวดตัวนำ	0.8	
สัดส่วนความสูญเสียในแกนเหล็ก	0.2	
ประสิทธิภาพหม้อแปลง	98.5	เปอร์เซ็นต์
ราคาไฟฟ้าเฉลี่ย	2.8	บาท/หน่วย
ราคากำลังไฟฟ้าเสมือน	14.02	บาท/กิโลวาร์
กำลังไฟฟ้าสูญเสียก่อนปรับปรุง	4.41	กิโลวัตต์

(ขนาดหม้อแปลง x [1-ประสิทธิภาพ]xสัดส่วนความสูญเสียในขดลวดx[ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด÷(Pf ก่อน xขนาดหม้อแปลง)]²)

(500 x [1 - (98.5 / 100)] x 0.8 x [300 ÷ (0.7 x 500)]²)

กำลังไฟฟ้าสูญเสียหลังปรับปรุง	2.98	กิโลวัตต์
-------------------------------	------	-----------

(ขนาดหม้อแปลง x [1-ประสิทธิภาพ]xสัดส่วนความสูญเสียในขดลวดx[(กำลังไฟฟ้าสูงสุด÷(Pf หลัง xขนาดหม้อแปลง)]²)

(500 x [1 - (98.5 / 100)] x 0.8 x [300 ÷ (0.8519 x 500)]²)

กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง (4.41 - 2.98)	1.43	กิโลวัตต์
-------------------------------------	------	-----------

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	24,024	บาท/ปี
------------------------------	--------	--------

(กำลังไฟฟ้าที่ลดลง x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี x ราคาไฟฟ้า)

(1.43 x 24 x 250 x 2.8)

กำลังไฟฟ้าเสมือนของระบบ (พิเศษ) 306 กิโลวัตต์
(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด $\times \sqrt{(1 - Pf^2)} \div Pf$)
($300 \times \sqrt{(1 - 0.7^2)} \div 0.7$)

กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ยอมให้ใช้ได้ (พิเศษ) 186 กิโลวัตต์
(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด $\times 0.6197$)
(300×0.6197)

กำลังไฟฟ้าเสมือนส่วนเกิน 120 กิโลวัตต์
(กำลังไฟฟ้าเสมือนของระบบ - กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ยอมให้ใช้ได้)
($306 - 186$)

ค่าปรับกำลังไฟฟ้าเสมือนที่ประหยัดได้ 20,189 บาท/ปี
(กำลังไฟฟ้าเสมือนส่วนเกิน $\times 12$ เดือน/ปี $\times$ ราคากำลังไฟฟ้าเสมือน)
($120 \times 12 \times 14.02$)

มูลค่าที่ประหยัดได้รวม 44,213 บาท/ปี
(ค่าพลังงานไฟฟ้าสูญเสียที่ประหยัดได้ + ค่าปรับกำลังไฟฟ้าเสมือน)
($24,024 + 20,189$)

● ระยะเวลาคืนทุน 3.4 ปี

ผลการปรับปรุง

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 0.2 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก

(กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ลดลง $\div$ กำลังการผลิตต่อชั่วโมง)

($1.42 \div (200/24)$)

● มูลค่าที่ประหยัดได้ 44,213 บาท/ปี

(กำลังไฟฟ้าที่ลดลง $\times$ ชั่วโมงทำงานต่อวัน $\times$ วันทำงานต่อปี $\times$ ราคาไฟฟ้า)
+
(กำลังไฟฟ้าเสมือนที่ลดลง $\times$ จำนวนเดือนที่เปิดดำเนินการ $\times$ ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน)

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

3. การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร

การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร เป็นการจัดการเพื่อลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งผลดีต่อระบบไฟฟ้าโดยรวม ซึ่งสามารถขยายหรือติดตั้งอุปกรณ์โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมหรือหม้อแปลงไฟฟ้าให้มีความสามารถสูงขึ้น และทำให้โรงสีข้าวมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิตลดลง แนวทางการจัดการเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ การหลีกเลี่ยงการเดินเครื่องจักรพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลา 15 นาที ย้ายช่วงเวลาการเดินเครื่องจักรที่ไม่ต้องการงานเร่งด่วนไปอยู่นอกช่วงเวลาที่มีการผลิตสูงสุด หรืออาศัยอุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์เพื่อช่วยปรับลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น สำหรับการจัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักรเป็นแนวทางที่โรงสีข้าวสามารถปฏิบัติได้ทันทีโดยไม่ต้องมีเงินลงทุน ทำให้สามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบภาระ (มีค่าเท่ากับ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือนหารด้วยผลคูณ

ทั้งหมดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของเดือนคูณจำนวนวันที่ทำงานและคูณจำนวนชั่วโมงที่ทำงานต่อวัน ซึ่งต่างจากความหมายของค่าตัวประกอบภาระของมอเตอร์ที่หมายถึงภาระการใช้งานเทียบกับพิกัดติดตั้ง) ให้สูงขึ้นเทียบเท่าค่าที่เหมาะสมกับระยะเวลาการทำงานต่อวัน ดังนี้

ระยะเวลาการทำงานต่อวัน	ตัวประกอบภาระที่เหมาะสม
24 ชั่วโมง	80%
16 ชั่วโมง	53.33%
10 ชั่วโมง	33.33%
8 ชั่วโมง	26.67%

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการสีข้าวเปลือก 200 ตันต่อวัน ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน 250 วันต่อปี จดทะเบียนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 3.1.2 อัตราปกติ จากการตรวจสอบด้านไฟฟ้าพบว่าที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยราย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 214 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 92,448 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน ค่าตัวประกอบภาระเท่ากับร้อยละ 60 ต้องการปรับปรุงให้สูงขึ้นร้อยละ 80 (สำหรับโรงสีข้าวที่มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน และกำหนดให้หนึ่งเดือนมี 30 วัน)

ข้อเสนอแนะ

จัดทำบัญชีเครื่องจักรและแบ่งเป็นกลุ่มย่อย เช่น กลุ่มกะพ้อ กลุ่มเครื่องกะเทาะ กลุ่มเครื่องขัดขาว กลุ่มตะแกรง และกลุ่มพัสดลม พิจารณาลำดับความสำคัญของการเริ่มเดินเครื่องจักร โดยพิจารณาควบคู่ระหว่างลำดับการสีข้าวและพิกัดติดตั้งรวมในกลุ่มย่อยนั้นๆ เช่น กลุ่มกะพ้อควรเริ่มเดินเครื่องจักรก่อนเพื่อป้อนข้าวเข้าร้านสี และเดินเครื่องจักรที่มีพิกัดติดตั้งรวมสูงสุดเป็นกลุ่มสุดท้าย ทั้งนี้เว้นช่วงเวลาให้เริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างกลุ่มห่างกันอย่างน้อย 15 นาที ส่วนเครื่องจักรภายในกลุ่มเดียวกันให้หน่วงเวลาประมาณ 15 วินาที

การคำนวณค่าใช้จ่าย

แนวทางการปรับปรุงจะใช้วิธีการจัดการโดยผู้ควบคุมโรงสีข้าว ทำหน้าที่เปิด-ปิดเครื่อง โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ควบคุมภาระการทำงานตอนเริ่มเดินเครื่อง (มีราคาขึ้นกับจำนวนวงจรที่ต้องการควบคุมและขนาดพิกัดรวมของวงจรไฟฟ้า) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมาจากการเดินมอเตอร์เครื่องเปล่าเพื่อหน่วงเวลากลุ่มละ 15 นาที โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน - บาท
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเดินเครื่องจักร 609.375 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน
 ราคาพลังงานไฟฟ้า 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
 คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น 20,475 บาท/ปี
 (พลังงานไฟฟ้า x ราคาไฟฟ้า x 12 เดือน/ปี)
 (609.375 x 2.8 x 12)
 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถลดได้ 50 กิโลวัตต์/เดือน
 (ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด x [1 - (ตัวประกอบภาระก่อน ÷ ตัวประกอบภาระหลังปรับปรุง)])
 (214 x [1 - ((60 / 100) ÷ (80 / 100))])
 ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 196.26 บาท/กิโลวัตต์
 ค่าใช้จ่ายสำหรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง 117,756 บาท/ปี
 (ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง x ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด x 12 เดือน/ปี)
 (50 x 196.26 x 12)
 มูลค่าประหยัดได้สุทธิ 97,281 บาท/ปี
 (117,756 - 20,475)
- ระยะเวลาคืนทุน ทันทีที่ปฏิบัติ

ผลการปรับปรุง

- ค่าใช้จ่ายลดลง 1.95 บาท/ตันข้าวเปลือก
 (มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิต่อปี ÷ วันที่ทำงานต่อปี ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
 (97,281 ÷ 250 ÷ 200)
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 97,281 บาท/ปี

(ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง x ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด - พลังงานไฟฟ้า x ราคไฟฟ้า) x เดือนต่อปี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (TOU)

การปรับเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเหมาะสำหรับโรงสีข้าวที่มีระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน หรือสามารถย้ายช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรบางเครื่องไว้นอกช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟฟ้าสูง และสามารถเดินเครื่องจักรในช่วงเวลากลางคืน นอกจากนั้นการให้บริการไฟฟ้าต้องมั่นคงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 นั่นคือ ระบบจะต้องมีไฟฟ้ากระพริบ ไฟฟ้าตก หรือไฟฟ้า

ดับต่อเดือนน้อยมาก เพราะการเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่จะมีผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายด้านความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด โรงสีข้าวที่ใช้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use) จะหลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างช่วงเวลา 9:00–22:00 น. ของแต่ละวัน กรณีที่มีปัญหาด้านไฟฟ้าที่ไม่มั่นคงดังกล่าวข้างต้น สามารถแก้ไขได้โดยติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานเมื่อไฟฟ้ากระพริบหรือไฟฟ้าตกไว้ที่แผงวงจรหลักก่อนจ่ายไปยังแผงควบคุมย่อยต่างๆ ซึ่งจะแก้ไขปัญหาที่เกิดจากเครื่องจักรเริ่มเดินเครื่องอัตโนมัติได้เป็นอย่างดี

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งจดทะเบียนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลางอัตราปกติที่แรงดัน 22 กิโลโวลต์ (ประเภท 3.1.2) ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าด้านแรงดันสูง โดยปกติเดินเครื่องจักร 24 ชั่วโมง จากข้อมูลใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า พบว่า มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.886 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 196 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 62,157 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน และมีกำลังการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 150 ตันต่อวัน

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวที่ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน มีความเป็นไปได้ที่จะเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเป็นอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use หรือ TOU) ซึ่งสามารถช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้ เนื่องจากช่วงเวลา Off-Peak (ช่วงเวลา 22:00–9:00 น. และวันหยุด) มีช่วงเวลาคิดเป็นร้อยละ 60 ของเวลาทั้งหมดในหนึ่งเดือน และมีค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำกว่าช่วงเวลา On-Peak (ช่วงเวลา 9:00–22:00 น. ของวันจันทร์ถึงศุกร์) รวมถึงค่าใช้จ่ายสำหรับความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่ำกว่าอัตราปกติ

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนอัตราค่าไฟฟ้าจะต้องศึกษาความเป็นไปได้ของผลการประหยัด จะต้องมีการควบคุมการใช้งานเครื่องจักรที่ตีพองจึงจะทำให้เกิดผล นอกจากนี้ โรงสีข้าวที่ต้องการปรับโครงสร้างค่าไฟฟ้าจะต้องอยู่ในพื้นที่ที่การไฟฟ้าสามารถให้บริการได้ จึงจะสามารถจดทะเบียนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทตามช่วงเวลาการใช้งาน โดยมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นเฉพาะค่าติดตั้งมาตรวัดไฟฟ้าแบบ TOU ส่วนบริการอื่นๆ ไม่เสียค่าใช้จ่าย และไม่ต้องมีค่าปรับปรุงระบบไฟฟ้ารวมของโครงการ (กรณีโรงสีข้าวได้ติดตั้งระบบตัววงจรอัตโนมัติอยู่แล้ว)

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 20,000 บาท
(ค่าติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าระบบ TOU)
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ค)
อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ (ประเภทของผู้ใช้ไฟ 3.1.2) 183,234 บาท/เดือน
อัตราค่าไฟฟ้าแบบTOU (ประเภทของผู้ใช้ไฟ 3.2.2) 176,145 บาท/เดือน
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 85,068 บาท/ปี
([อัตราค่าไฟฟ้าปกติ - อัตราค่าไฟฟ้าแบบTOU] x 12 เดือน/ปี)
([183,234 - 176,145] x 12)
- ระยะเวลาคืนทุน 3 เดือน

ผลการปรับปรุง

- ค่าใช้จ่ายลดลง 2.27 บาท/ตันข้าวเปลือก
(ค่าจ่ายที่ประหยัดได้ ÷ จำนวนวันทำงานต่อปี ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(85,068 ÷ 250 ÷ 150)
มูลค่าที่ประหยัดได้ 85,068 บาท/ปี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4.2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ

นับแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโรงสีข้าวที่ใช้น้ำสำหรับการเดินเครื่องจักรต้นกำลัง หรือ ใช้น้ำในกระบวนการอบข้าว รวมทั้งกระบวนการแช่-นึ่งข้าวเปลือกของโรงสีข้าวหนึ่ง จะใช้แกลบที่ผลิตได้เองเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ เนื่องจากแกลบเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวที่โรงสีข้าวมีอยู่ ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิงแกลบจึงไม่มีการควบคุมที่ดีพอ แต่จากราคาแกลบที่เพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบันทำให้โรงสีข้าวส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการควบคุมการป้อนแกลบให้มีปริมาณที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนการผลิตและช่วยลดปริมาณมลภาวะที่ระบายสู่บรรยากาศ และมีแกลบเหลือสำหรับการจำหน่ายเป็นรายได้เสริม นอกจากการควบคุมปริมาณแกลบที่ใช้ในโรงสีข้าวให้เหมาะสมแล้วโรงสีข้าวสามารถนำแกลบที่เหลือใช้ไปจำหน่ายหรือเพิ่มมูลค่าได้ อาทิ การขายเป็นแกลบสด การอัดแกลบเป็นก้อน หรือ การทำถ่านแกลบ เป็นต้น นอกจากนี้การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรไอน้ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตที่เหมาะสมกับสภาวะปัจจุบันที่แกลบมีราคาสูง เนื่องจากโรงสีข้าวที่ใช้เชื้อเพลิงแกลบสำหรับผลิตไอน้ำของหม้อต้มไอน้ำส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพของระบบการเผาไหม้และระบบแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อผลิตไอน้ำค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการขายแกลบให้กับโรงงานผลิตไฟฟ้าหรือโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลที่มีระบบการเผาไหม้ที่ดีเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นได้

1. การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ

ปัญหาการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบสำหรับโรงสีข้าว เกิดจากเตาเผาที่มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ต่ำ หม้อไอน้ำที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นชนิดท่อไฟทรงกระบอก (Fire Tube Boiler) ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบด้วยเตาเผาที่อยู่ภายนอก ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำเพราะผิวแลกเปลี่ยนความร้อนสกปรกได้ง่ายเมื่อเกิดเถ้าลอยจากการเปียกไฟของผู้ควบคุมที่ปลิวมาเกาะ และการแผ่รังสีความร้อนจะสูญเสียไปในห้องเผาไหม้เกือบทั้งหมดและไม่ส่งถ่ายไปยังพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อไฟของหม้อไอน้ำ นอกจากนี้ ยังมีปัญหาเถ้าลอยฟุ้งกระจายสู่สิ่งแวดล้อม ประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบของโรงสีข้าวจึงมีค่าค่อนข้างต่ำมาก แนวทางการปรับปรุงเพื่อให้การใช้เชื้อเพลิงแกลบมีประสิทธิภาพมากที่สุด มีได้หลายแนวทาง เช่น การปรับเปลี่ยนการใช้งานห้องเผาไหม้หรือหม้อไอน้ำที่มีประสิทธิภาพสูง (ใช้เงินลงทุนสูงและผู้ควบคุมเครื่องต้องมีความรู้ความสามารถในการเดินเครื่อง) และการปรับเปลี่ยนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ เป็นต้น ซึ่งแนวทางที่โรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้เป็นการเปลี่ยนใช้มอเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 180 ตันต่อวัน ระยะเวลาการทำงาน 18 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี ระบบต้นกำลังของโรงสีข้าวได้จากเครื่องจักรไอน้ำขับเคลื่อนเพื่อเดินเครื่องจักรส่วนใหญ่ และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าบางส่วนสำหรับเครื่องจักรที่ต้องการควบคุมสภาพการทำงาน อาทิ เครื่องขัดขาว และเครื่องกะเทาะ โดยมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบประมาณ 4,117.5 ตันต่อปี สามารถขายแกลบเป็นรายได้เสริมประมาณ 370,575 บาทต่อปี และมีการใช้จ่ายในการเดินระบบหม้อไอน้ำประมาณ 24,000 บาท/ปี

ข้อเสนอแนะ

จากกระแสการนำเชื้อเพลิงชีวมวลมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเกิดขึ้นของโรงงานผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลหลายแห่ง ส่งผลให้ราคาแกลบในท้องตลาดเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโรงสีข้าวหลายแห่งสามารถขายแกลบได้ในราคาสูง การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมทั้งในด้านประสิทธิภาพการสีข้าว (การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเดินเครื่องจักรในกระบวนการผลิต จะให้รอบการเดินเครื่องที่คงที่กว่าการใช้เครื่องจักรไอน้ำและการควบคุมเครื่องจักรทำได้ง่ายขึ้น) ด้านการใช้พลังงาน (เตาเผาหม้อไอน้ำของโรงสีข้าวส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพต่ำใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตไอน้ำ กรณีขายแกลบเพื่อใช้สำหรับโรงไฟฟ้าซึ่งมีเตาเผาแกลบทันสมัยจะให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงขึ้น) และด้านสิ่งแวดล้อม (ช่วยขจัดปัญหาฝุ่นที่ระบายออกทางปล่อง ปัญหาการใช้ น้ำ และปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากการสูญเสียไอน้ำได้เตาเผา จากการยกเลิกการใช้เครื่องจักรไอน้ำได้อย่างหมดสิ้น) ทั้งนี้การเปลี่ยนใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โรงสีข้าวจะต้องติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้าสามเฟสเพิ่มเพื่อทดแทนเครื่องจักรไอน้ำ และติดตั้งระบบเข้ากับเพลาราวหลัก

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้สำหรับการใช้มอเตอร์ไฟฟ้า ได้แก่ ค่ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาด匹กััด เทียบเท่าเครื่องจักรไอน้ำ ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนพูลเลย์ ค่าใช้จ่ายสำหรับการติดตั้ง เช่น ค่าแรง ค่าวัสดุฐานรองรับ และระบบไฟฟ้า เป็นต้น ทั้งนี้ราคาที่ปรากฏเป็นราคารวมที่ได้จากโรงสี ข้าวแห่งหนึ่ง

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ค่าติดตั้งระบบมอเตอร์ไฟฟ้า) 615,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก ค)
 - รายรับก่อนปรับปรุง 346,575 บาท/ปี
(รายได้จากการขายแกลบหักด้วยค่าดำเนินการต่างๆ เช่น ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น)
 - รายรับหลังปรับปรุง 836,749 บาท/ปี
(รายได้จากการขายแกลบหักด้วยค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น)
 - รายรับเพิ่มขึ้นสุทธิ (836,749 – 346,575) 490,174 บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 1.25 ปี

ผลการปรับปรุง

- ลดปริมาณการใช้แกลบ 4,117.5 ตัน/ปี
- มูลค่าที่ประหยัดได้ 490,174 บาท/ปี

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากปริมาณการใช้แกลบลดลง

2. การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

ความร้อนเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตไอน้ำของโรงสีข้าวจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบลดลง ทำให้ปริมาณการใช้แกลบสูงเกินความจำเป็น เป็นปัญหาในการกำจัดแกลบส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์สำหรับโรงสีข้าว คือการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอย่างง่ายหรือที่โรงสีข้าวส่วนใหญ่เรียกว่า “ไส้ไก่” แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำทิ้งจากเครื่องจักรไอน้ำ หรืออาจนำไปติดตั้งบริเวณปล่องระบายก๊าซเสียของหม้อไอน้ำ ต้องติดตั้งก่อนถึงจุดที่ใช้น้ำดับแกลบ สามารถประเมินผลการปรับปรุงได้ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 180 ตันต่อวัน ระยะเวลาทำงาน 18 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี ใช้หม้อไอน้ำสำหรับผลิตไอน้ำให้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ ที่มีอัตราการใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงเท่ากับ 915 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำเท่ากับ 40 องศาเซลเซียส

ข้อเสนอแนะ

โรงสีข้าวสามารถปรับปรุงการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน ทั้งนี้ ควรพิจารณาอุณหภูมิของก๊าซเสียต้องสูงมากกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลของการปรับปรุงจะสามารถทำให้ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง โดยได้คุณภาพของไอน้ำเท่าเดิม

การคำนวณค่าใช้จ่าย

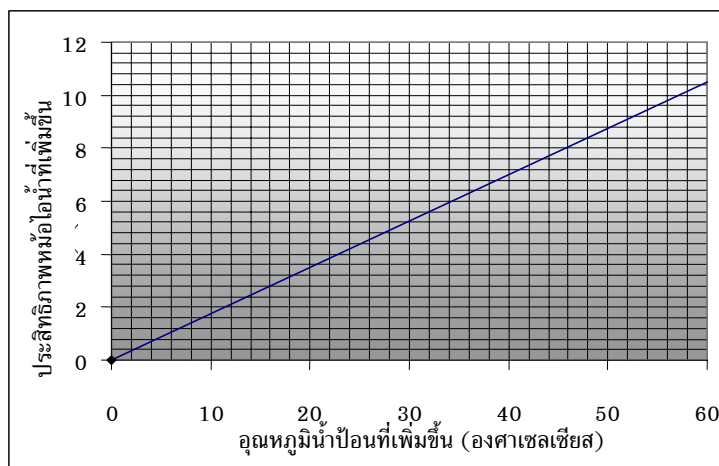
เงินลงทุนในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน ประกอบด้วยค่าเหล็กแผ่นสำหรับเชื่อมเป็นไส้ก่ออย่างง่าย ท่อน้ำป้อนไปและกลับจากจุดที่ติดตั้งไส้ก่อ และค่าวัสดุสำหรับการซ่อมผนังของท่อนำอากาศเสียหลังจากติดตั้งอุปกรณ์แล้วเสร็จ ส่วนค่าแรงในการติดตั้งไม่นำมาคิด เนื่องจากโดยทั่วไปใช้ฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงสีข้าว

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- | | | |
|---|--------|------------------|
| ● ค่าใช้จ่ายในการลงทุน
(ค่าปรับปรุงเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน) | 80,000 | บาท |
| ● ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
อุณหภูมิน้ำป้อนเพิ่มสูงขึ้น
(เพิ่มจาก 40 องศาเซลเซียส เป็น 60 องศาเซลเซียส) | 20 | องศาเซลเซียส |
| ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำเพิ่มขึ้น (จากรูปที่ 4-7) | 3.5 | % |
| ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบก่อนปรับปรุง | 915 | กิโลกรัม/ชั่วโมง |
| ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลดลง
(ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x %ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น)
(915 x (3.5 / 100)) | 32 | กิโลกรัม/ชั่วโมง |
| ราคาแกลบ | 0.6 | บาท/กิโลกรัม |
| ประหยัดเชื้อเพลิงแกลบได้
(ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง x ราคาแกลบ x 18 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)
(32 x 0.6 x 18 x 250) | 86,400 | บาท/ปี |
| ● ระยะเวลาคืนทุน | 0.93 | ปี |

ผลการปรับปรุง

- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง 3.2 กิโลกรัมแกลบ/ตันข้าวเปลือก
(เชื้อเพลิงแกลบที่ลดลงต่อวัน ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
($32 \times 18 \div 180$)
- ค่าใช้จ่ายประหยัดได้สุทธิ 86,400 บาท/ปี



รูปที่ 4-7 ประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้นจากการอุ่นน้ำป้อน

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากปริมาณการใช้แกลบลดลง

3. การปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบ

ปัญหาการใช้งานหม้อไอน้ำชนิดท่อไฟทรงกระบอกที่มีห้องเผาไหม้แบบตะกรับเอียงและใช้ลมเผาไหม้แบบธรรมชาติภายนอก คือมีการเผาไหม้เชื้อเพลิงไม่สมบูรณ์ เนื่องจากลักษณะของห้องเผาไหม้จะมีผลทำให้เชื้อเพลิงที่กำลังลุกไหม้ปลิวออกไปพร้อมกับลมไปยังบริเวณที่มีออกซิเจนเหลือน้อย และการลุกไหม้จะดับลงกลายเป็นเถ้าดำปลิวออกสู่สิ่งแวดล้อม สาเหตุอีกประการหนึ่งคือการเร่งไฟโดยการเขี่ยเถ้าก้นเตาซึ่งจะเป็นการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิงให้เถ้าลอยและเชื้อเพลิงที่มีน้ำหนักเบาลอยขึ้นในห้องเผาไหม้และปลิวไปกับลมผ่านหม้อไอน้ำสู่สิ่งแวดล้อม การจัดการปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยลดการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิง ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพโดยรวมของการใช้เชื้อเพลิงแกลบเพิ่มสูงขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 200 ตันต่อวัน มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการสีข้าว 250 วันต่อปี ใช้งานหม้อไอน้ำ 1 เครื่อง อัตราการใช้เชื้อเพลิงแกลบประมาณ 826 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จากการตรวจสอบสภาพการทำงาน พบว่า ใช้พนักงานเขี่ยเถ้าแกลบก้นเตาทุกๆ 10-15 นาที มีแกลบที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์บางส่วนปนออกไปกับเถ้าแกลบขณะเร่งไฟหรือเติมเชื้อเพลิงแกลบคิดเป็นร้อยละ 5 ของปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบ

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงการป้อนกลับด้วยระบบอัตโนมัติ ช่วยควบคุมปริมาณการใช้แกลบ และลดปริมาณเถ้าปลิวไปกับก๊าซร้อนหรือก๊าซเสียซึ่งส่งผลทำให้ผิวท่อไฟของหม้อไอน้ำสกปรก และทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง อีกทั้งเถ้าลอยยังเป็นฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศทางปล่องระบายของหม้อไอน้ำ

การคำนวณค่าใช้จ่าย

เงินลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนกลับอัตโนมัติประกอบด้วย ค่าวัสดุ ได้แก่ เหล็กหล่อทนความร้อนสำหรับเป็นอุปกรณ์เชื่อมเข้ากับเตาหรือใบกวาด ติดตั้งไว้ที่ฐานของตะแกรงของห้องเผาไหม้ มีความยาวเท่ากับความกว้างของเตา ซึ่งจะถูกหมุนด้วยระบบขับเคลื่อนจากมอเตอร์ ขนาด 1 แรงม้า เงินลงทุนสำหรับค่าวัสดุปูนและอิฐทนไฟสำหรับซ่อมแซมผนังเตาหลังจากการติดตั้งอุปกรณ์ และมีค่าอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบอัตโนมัติ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความดันของหม้อไอน้ำ รวมอยู่ในเงินลงทุนเริ่มต้น

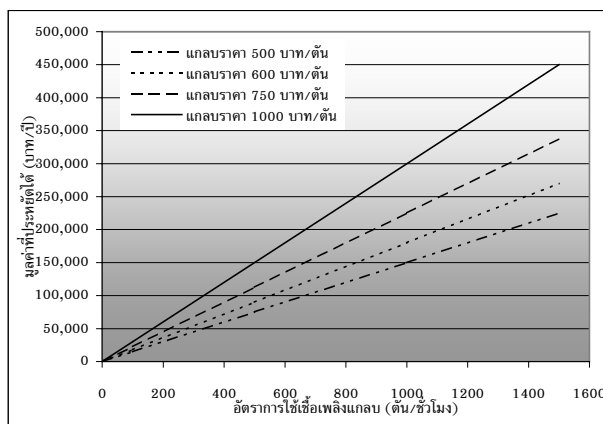
ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

● ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ค่าอุปกรณ์และค่าปรับปรุงเตาเผา)	200,000	บาท
● ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (รายละเอียดการคำนวณแสดงในภาคผนวก ค.)		
อัตราการใช้เชื้อเพลิงแกลบ	826	กิโลกรัม/ชั่วโมง
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง	5	%
ราคาแกลบ	0.6	บาท/กิโลกรัม
ค่าใช้จ่ายลดลง	148,680	บาท/ปี
(ปริมาณการใช้แกลบ x 5% x ราคาแกลบ x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)		
(826 x (5 / 100) x 0.6 x 24 x 250)		
กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง	1.2	กิโลวัตต์
ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น	20,160	บาท/ปี
(กำลังไฟฟ้า x ราคาค่าไฟฟ้า x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)		
(1.2 x 2.8 x 24 x 250)		
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ (148,680 - 20,160)	128,520	บาท/ปี
● ระยะเวลาคืนทุน	1.6	ปี

ผลการปรับปรุง

- ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง 4.96 กิโลกรัมแกลบ/ตันข้าวเปลือก
(ปริมาณการใช้แกลบต่อวัน x 5% ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(826 x 24 x (5 / 100) ÷ 200)
- มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิ 128,520 บาท/ปี

กรณีโรงสีข้าวอื่นๆ ที่มีค่าแตกต่างจากตัวอย่างการคำนวณ สามารถพิจารณา
มูลค่าที่ประหยัดได้ดังรูปที่ 4-8 ซึ่งเป็นข้อมูลด้านการสูญเสียมูลค่าแลกเปลี่ยนกับอัตราการป้อน
เชื้อเพลิงแลกเปลี่ยนก่อนการปรับปรุง และคำนวณที่ราคาขายแลกเปลี่ยนต่างๆ



หมายเหตุ :คำนวณที่อัตราการใช้แลกเปลี่ยนลดลง 5 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 4-8 มูลค่าแลกเปลี่ยนที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์ป้อนแลกเปลี่ยน
เทียบกับอัตราการป้อนแลกเปลี่ยน

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากปริมาณการใช้แลกเปลี่ยนลดลง

4.3 การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

การใช้น้ำของอุตสาหกรรมโรงสีข้าวเกี่ยวข้องกับโรงสีข้าวหนึ่งและโรงสีข้าวที่ใช้งานหม้อไอน้ำเป็นหลัก ปริมาณน้ำใช้จึงเป็นปัจจัยที่โรงสีข้าวให้ความสำคัญ การลดปริมาณน้ำใช้จะสามารถลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นได้อย่างเห็นผลแม้จะในปริมาณไม่มากนัก แต่จะส่งผลต่อเนื่องถึงน้ำเสียที่ลดลง และค่าใช้จ่ายในการบำบัดที่ลดลงด้วยเช่นกัน

4.3.1 การลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก

ข้าวเปลือกก่อนเข้าสู่กระบวนการแช่และนึ่ง โดยทั่วไปจะมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 20-25 เมื่อผ่านกระบวนการแช่จะได้ความชื้นสุดท้ายก่อนนำไปนึ่งด้วยไอน้ำประมาณร้อยละ 30-35 คิดเป็นปริมาณน้ำส่วนที่ถูกดูดซับโดยข้าวเปลือกเพื่อให้มีความชื้นดังกล่าวร้อยละ 15-20 ของน้ำหนักข้าวเปลือก หรือ 0.15 – 0.20 ลูกบาศก์เมตรต่อตันข้าวเปลือก ทั้งนี้การดูดซับน้ำของข้าวเปลือกจะทำได้ดีเมื่อสัมผัสกับน้ำโดยตรง โรงสีข้าวหนึ่งจึงมักเติมน้ำให้ท่วมกองข้าวเปลือกในถังแช่ ซึ่งถ้าความสูงของน้ำมากเกินไประดับของข้าวเปลือกมากจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำใช้เนื่องจากน้ำส่วนที่แทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของเมล็ดข้าวเปลือกมีปริมาณมากพอที่จะทำให้ข้าวเปลือกสามารถดูดซับได้โดยไม่ต้องเติมน้ำให้สูงมากกว่าระดับกองข้าวเปลือก น้ำส่วนที่ไม่ถูกนำไปใช้ประโยชน์จะมีปริมาณมากกว่าร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำสำหรับแช่ข้าวเปลือก และเป็นน้ำทิ้งที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำบัดก่อนระบายสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้น การแช่ข้าวเปลือกอย่างถูกวิธีจะสามารถลดปริมาณน้ำใช้ ลดความต้องการไอน้ำ และค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ที่เป็นต้นทุนการผลิตของโรงสีข้าวทั้งสิ้น แนวทางการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพที่ได้ทันทีและไม่ต้องใช้เงินลงทุน ได้แก่ การลดความสูงของน้ำที่เติมในถังแช่ข้าวเปลือก มีรายละเอียดแสดงได้ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐาน

ถังแช่ข้าวของโรงสีข้าวหนึ่งแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตข้าวเปลือกหนึ่ง 160 ตันต่อวัน มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี การแช่ข้าวใช้ถังความจุประมาณ 22 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 16 ถัง สามารถรองรับข้าวเปลือกได้ประมาณ 10 ตัน/ถัง แต่จะถึงเติมน้ำร้อนให้ท่วมข้าวเปลือกจนสูงกว่าระดับความสูงของข้าวเปลือกในถังประมาณ 30-40 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าการใช้น้ำเพื่อแช่ข้าวเปลือกประมาณ 7 ลูกบาศก์เมตรต่อถัง สมมติให้น้ำใช้ในกระบวนการแช่ข้าวเปลือกเป็นน้ำประปาที่โรงงานผลิตเอง คิดเป็นค่าน้ำใช้ประมาณ 48 บาทต่อถัง น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแช่จะมีค่าความสกปรกประมาณ 850 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบำบัดน้ำเสียที่ประมาณ 1.5 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัม BOD

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการแช่ข้าวเปลือก พบว่าระดับความสูงของน้ำในถังแช่ข้าวที่เหมาะสมโดยไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการแช่ขำนั้น ควรสูงกว่าระดับความสูงของข้าวเปลือกในถังแช่เพียงเล็กน้อย ดังนั้นการแช่ข้าวเปลือกโดยให้มีความสูงของน้ำในถังแช่ข้าวในระดับที่แนะนำจะช่วยลดปริมาณน้ำใช้ลงได้

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การจัดการน้ำใช้สำหรับการแช่ข้าวเปลือกดังกล่าวเป็นการปรับเปลี่ยนการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในหน่วยผลิตขำหนึ่ง ไม่ต้องใช้เงินลงทุนในการติดตั้งอุปกรณ์หรือเครื่องจักรเพิ่มเติม และไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน สำหรับค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้คำนวณจากปริมาณน้ำที่ลดลง และค่าการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

• ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	ไม่มี	
• ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
- ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง	0.79	ลูกบาศก์เมตร/ถัง
(ระดับน้ำลดลง 0.25 เมตร สำหรับถังขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร)		
$(0.25 \times \pi \times 2^2 / 4)$		
จำนวนถังแช่	16	ถัง/วัน
ราคาน้ำประปา	5	บาท/ลูกบาศก์เมตร
ค่าใช้น้ำประปาที่ลดลง	15,800	บาท/ปี
(ปริมาณน้ำใช้ที่ลดลง x จำนวนถัง/วัน x วันทำงาน/ปี x ราคาน้ำประปา)		
$(0.79 \times 16 \times 250 \times 5)$		
- ปริมาณน้ำเสียที่ลดลง	0.79	ลูกบาศก์เมตร/ถัง
จำนวนถังแช่	16	ถัง/วัน
ค่าความสกปรก (BOD)	850	มิลลิกรัม/ลิตร
ค่าความสกปรกที่ลดลง	10.74	กิโลกรัม BOD/วัน
(ปริมาณน้ำเสีย x จำนวนถังแช่ x ค่าความสกปรก)		
$(0.79 \times 16 \times 850 \div 1,000)$		
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	1.5	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กก. BOD
หน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	16.11	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/วัน
(ไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย x ค่าความสกปรกที่ลดลง)		
(1.5×10.74)		
ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	11,277	บาท/ปี
(ราคาค่าไฟฟ้า x หน่วยการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง x 250 วัน/ปี)		
$(2.8 \times 16.11 \times 250)$		
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ	27,077	บาท/ปี
$(15,800 + 11,277)$		

● ระยะเวลาต้นทุน

พื้นที่ที่ปฏิบัติ

ผลการปรับปรุง

- ปริมาณการใช้น้ำลดลง 0.08 ลูกบาศก์เมตร/ตันข้าวหนึ่ง
 - ค่าใช้จ่ายลดลง 0.68 บาท/ตันข้าวหนึ่ง
- (ค่าจ่ายที่ประหยัดได้ ÷ วันที่ทำงานต่อปี ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(27,077 ÷ 250 ÷ 160)
- มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิ 27,077 บาท/ปี

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ประมาณ 2.7 ตัน BOD/ปี

4.3.2 การใช้น้ำสำหรับรวบรวมเถ้าแกลบร่วมกับการใช้น้ำดักจับเถ้าลอย

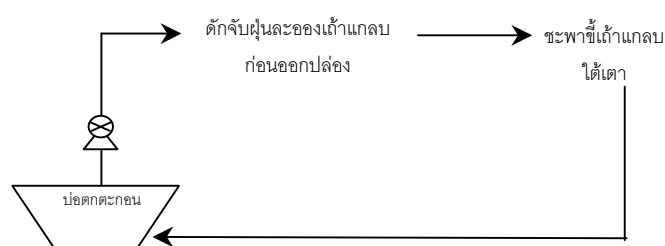
การใช้น้ำสำหรับเตาเผาหม้อไอน้ำ ประกอบด้วย 2 ส่วนที่ควรปรับปรุง คือ น้ำชะพาเถ้าแกลบออกจากเตาเผาแบบตะกรับเอียง และน้ำสำหรับดักจับเถ้าลอยของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศแบบโปรยน้ำที่บริเวณปลายทางของหม้อไอน้ำก่อนถึงปล่องระบายก๊าซเสีย น้ำใช้ทั้งสองส่วนจะไหลรวมกันไปยังบ่อตกตะกอนเพื่อบำบัดให้มีความสะอาดขึ้นและวนกลับไปใช้ซ้ำสำหรับระบบการสูบน้ำไปยังทั้งสองจุดได้จากเครื่องสูบน้ำ ซึ่งโรงสีข้าวบางแห่งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแยกทำงานอิสระจากกัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับส่วนนี้จึงมีค่าค่อนข้างมาก การลดการใช้พลังงานจากเครื่องปั้มน้ำมีแนวทางการเป็นไปได้ ซึ่งผลการปรับปรุงจะช่วยให้ลดต้นทุนการผลิตจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง และสามารถลดการซ่อมบำรุงเครื่องปั้มน้ำได้จำนวน 1 เครื่อง และน้ำที่หมุนเวียนในระบบจะมีปริมาณลดลงครึ่งหนึ่ง กระบวนการตกตะกอนเถ้าแกลบในบ่อตกตะกอนจะมีระยะเวลาเพิ่มขึ้น

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 250 ตันต่อวัน มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการสีข้าว 250 วันต่อปี ภายในโรงสีข้าวมีเตาเผาเชื้อเพลิงแกลบสำหรับหม้อไอน้ำ 1 เตา นำเถ้าก้นเตาออกโดยใช้น้ำชะพาออกไปตกตะกอนภายในบ่อตกตะกอนขี้เถ้า น้ำหลังผ่านการตกตะกอนจะมีการหมุนเวียนไปใช้ซ้ำ และมีการจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำโดยใช้การโปรยน้ำ น้ำที่หมุนเวียนในระบบใช้เครื่องสูบน้ำจำนวน 2 เครื่องทำงานอิสระจากกัน มีปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้าวรวมกัน 2 กิโลวัตต์ มีอัตราการสูบน้ำเครื่องละ 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

ข้อเสนอแนะ

น้ำที่ใช้ในการดักฝุ่นละอองของอากาศเสียก่อนปล่อยทิ้งทางปล่องระบาย สามารถนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อชะล้างถังเก็บแก๊สได้ ดังรูปที่ 4-9 สามารถลดการใช้เครื่องสูบน้ำให้เหลือเพียง 1 เครื่อง ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำลดลงได้ประมาณ 1 กิโลวัตต์ รวมทั้งคิดปริมาณการใช้น้ำลงครึ่งหนึ่งของปริมาณการใช้น้ำเดิม



รูปที่ 4-9 การรวมแนวท่อน้ำสำหรับดักจับแก๊สและชะพาซีเมนต์ได้เตา

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การจัดการน้ำใช้ในส่วนของการเผาจะมีค่าปรับปรุงทำระบบรางน้ำใหม่ โดยทำรางระบายน้ำจากทางออกของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งรางจะวนกลับมาที่ถังเก็บแก๊สเพื่อชะล้างแก๊สไปยังบ่อดักตะกอน ส่วนค่าแรงในการปรับปรุงจะไม่นำมาคำนวณเนื่องจากเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงสีข้าว สำหรับน้ำใช้สมมติให้เป็นน้ำประปาทั้งหมด

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

● ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ปรับปรุงระบบรางระบายน้ำ)	10,000	บาท
● ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
ปริมาณน้ำใช้ลดลง	0.25	ลูกบาศก์เมตร/นาฬิกา
ค่าน้ำประปา	5	บาท/ลูกบาศก์เมตร
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง	1	กิโลวัตต์
ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ (น้ำใช้ลดลง x ค่าน้ำประปา x 60 นาที/ชั่วโมง x 24 ชั่วโมง/วัน x 250 วัน/ปี) (0.25 x 5 x 60 x 24 x 250)	450,000	บาท/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (กำลังไฟฟ้าที่ลดลง x ค่าไฟฟ้า x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี) (1 x 2.8 x 24 x 250)	16,800	บาท/ปี
มูลค่ารวมที่ประหยัดได้สุทธิ (ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ + ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้) (16,800 + 450,000)	466,800	บาท/ปี
● ระยะเวลาคืนทุน	0.26	เดือน

ผลการปรับปรุง

- ปริมาณน้ำใช้ลดลง 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
- พลังงานที่ใช้ลดลง 0.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก
(พลังงานที่ใช้ลดลงต่อวัน ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(1 x 24 ÷ 250)
- มูลค่าที่ประหยัดได้สุทธิ 466,800 บาท/ปี

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า ทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง
- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรน้ำ และลดปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่แม่น้ำ

4.4 การจัดการน้ำเสีย

น้ำเสียสำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว เกิดจากน้ำทิ้งจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือกในโรงสีข้าวหนึ่ง หรือน้ำทิ้งจากการใช้งานหม้อไอน้ำ หรือน้ำทิ้งจากการใช้งานเครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งน้ำทิ้งเหล่านี้เป็นน้ำเสียที่ต้องได้รับการบำบัดให้ได้ตามที่กฎหมายกำหนดก่อนระบายทิ้งสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียดังกล่าวต้องทราบลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีคุณภาพอย่างไร มีปริมาณไขมัน ความสกปรก รวมทั้งตะกอนแขวนลอย ในปริมาณเท่าใด จึงจะสามารถออกแบบให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ นั่นคือถ้าเป็นระบบที่ใช้ไฟฟ้าจะต้องมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้ลดค่าใช้จ่าย รวมทั้งน้ำทิ้งจะมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

4.4.1 การสร้างบ่อดักไขมันแยกออกจากบ่อบำบัดน้ำเสีย

ปัญหาจากไขมันเกิดขึ้นจากการใช้เครื่องจักรไอน้ำแบบลูกสูบซึ่งต้องการน้ำมันในการหล่อลื่นเครื่องจักร น้ำมันเครื่องใช้แล้วในแต่ละวันสามารถเก็บรวบรวมและนำไปจำหน่ายได้ แต่ปัจจุบันโรงสีข้าวส่วนใหญ่ไม่มีบ่อร์บรวบหรือบ่อร์บรวบออกแบบไม่เหมาะสม ทำให้น้ำมันปนเปื้อนไปกับน้ำทิ้งเกิดเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 160 ตันต่อวัน มีระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี มีน้ำเสียเกิดขึ้น 2 ส่วน ปริมาตรรวมกัน 110 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน คือน้ำจากการชะพาเฉ้าของเตาเผา ซึ่งเป็นน้ำที่หมุนเวียนภายใน และน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนจากเครื่องจักรไอน้ำที่ใช้ไขมันหล่อลื่นลูกสูบ ซึ่งมีปริมาณการใช้ 400 ลิตร ต่อเดือน (1 เดือนทำงานประมาณ 26 วัน) หรือคิดเป็นปริมาณไขมันปนเปื้อน 15 ลิตรต่อวัน (น้ำมันเครื่องใช้แล้วมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 0.95) น้ำเสียจากทั้งสองส่วนใช้บ่อดักตะกอนบ่อเดียวกัน ทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดการ ทำให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียลดลง และคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบบำบัดยังคงมีความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

จัดสร้างบ่อดักไขมันเพื่อดักจับไขมันในน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนน้ำมันจากเครื่องจักรก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงสีข้าว จะทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น น้ำที่ผ่านออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันลดลง และไขมันที่แยกได้จากบ่อดักไขมันยังเป็นผลพลอยได้จากน้ำเสียที่สามารถนำไปขายได้

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายการก่อสร้างบ่อดักไขมัน ประกอบด้วยค่าวัสดุในการทำบ่อแยกไขมัน ขนาดรองรับปริมาณน้ำได้ไม่น้อยกว่า 30 ลูกบาศก์เมตร เพื่อดักไขมันปนเปื้อนที่เกิดจากน้ำเสียที่ ระยะเวลาเก็บกักประมาณ 6 ชั่วโมง ไขมันหรือน้ำมันเครื่องใช้แล้วที่รวบรวมได้จะจำหน่ายเป็น รายได้ของโรงสีข้าวต่อไป

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (สร้างบ่อดักไขมัน) 8,000 บาท
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
 - ปริมาณน้ำมันเครื่องที่ถูกดักจากบ่อดักไขมันแห่งใหม่ 15 ลิตร/วัน
 - ราคาน้ำมันเครื่องใช้แล้ว 1 บาท/ลิตร
 - รายได้จากการขายน้ำมันเครื่องใช้แล้ว 3,750 บาท/ปี
 - (ปริมาณน้ำมันเครื่อง x ราคาขาย x 250 วัน/ปี)
- ระยะเวลาคืนทุน 2.13 ปี

ผลการปรับปรุง

- ลดปริมาณน้ำมันปนเปื้อนได้ 130 มิลลิกรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร
(ปริมาณน้ำมัน ÷ ปริมาตรน้ำเสีย x ความถ่วงจำเพาะน้ำมัน)
(150 ÷ (110 x 1,000) x (0.95 x 10⁶))
- รายได้จากการขายน้ำมันเครื่องใช้แล้ว 3,750 บาท/ปี

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดการปนเปื้อนของน้ำมันสู่สิ่งแวดล้อม 3,750 ลิตร/ปี

4.4.2 การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวนึ่งแห่งหนึ่งมีน้ำเสียเกิดขึ้นจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าวประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียถูกบำบัดด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon) ซึ่งประกอบด้วยบ่อบำบัดจำนวน 5 บ่อ บ่อที่ 1 เป็นบ่อตกตะกอน บ่อที่ 2 ถึง บ่อที่ 5 เป็นบ่อเติมอากาศ 4 บ่อเรียงต่อกัน รายละเอียดบ่อบำบัดและระยะเวลาพักเก็บมีดังนี้

บ่อที่	ขนาด (ก.ข.ย.ล.)	ปริมาตร (ลบ.ม.)	ระยะเวลาพักเก็บ (วัน)
1. บ่อตกตะกอน	21 x 102 x 2.5	5355	17.85
2. บ่อเติมอากาศ 1	66 x 100 x 2.4	15,840	52.80
3. บ่อเติมอากาศ 2	10 x 106 x 2.3	2,438	8.13
4. บ่อเติมอากาศ 3	38 x 58 x 2.2	4,848	16.16
5. บ่อเติมอากาศ 4	55 x 38 x 2.1	4,389	14.63

เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาพักเก็บกับค่ากำหนดการออกแบบ พบว่า ระยะเวลาพักเก็บน้ำเสียของบ่อตกตะกอนและบ่อเติมอากาศมีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้มาก และเมื่อคำนวณประสิทธิภาพการลดลงของค่าบีโอดี สรุปได้ดังนี้

บ่อที่	ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี (%)	ค่าบีโอดีเข้าระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าบีโอดีออกจากระบบ (มิลลิกรัม/ลิตร)
1. บ่อตกตะกอน	20	610	488 (610 x (100%-20%))
2. บ่อเติมอากาศ 1	80	488	73.2 (488 x (100%-20%))
3. บ่อเติมอากาศ 2	80	73.2	10.98 (73.2 x (100%-20%))
4. บ่อเติมอากาศ 3	80	ไม่จำเป็นต้องบำบัดเนื่องจากน้ำออกจากบ่อเติมอากาศ 2 มีค่าได้ตามมาตรฐานที่กำหนด	
5. บ่อเติมอากาศ 4	80		

ผลการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งที่ผ่านบ่อเติมอากาศ 5 มีค่าบีโอดีและค่าซีโอดีสูงเกินกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง ซึ่งมีสาเหตุที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย อาทิ อัตราการเติมอากาศไม่เพียงพอ ตำแหน่งทางเข้า-ออกของน้ำในแต่ละบ่อไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการไหลลัดวงจร มีวัชพืชรากในบ่อมาก ไม่มีการตกตะกอนที่สะสมในบ่อบำบัด และไม่มีบ่อตกตะกอนสุดท้าย เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

น้ำที่ผ่านบ่อเติมอากาศ 2 จากการคำนวณพบว่า สามารถลดค่าบีโอดีได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนดแล้ว ดังนั้นการเติมอากาศต่อไปในบ่อเติมอากาศ 3 และ 4 นอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานแล้ว การเติมอากาศจนถึงบ่อบำบัดสุดท้าย โดยไม่มีการตกตะกอนก่อนระบาย

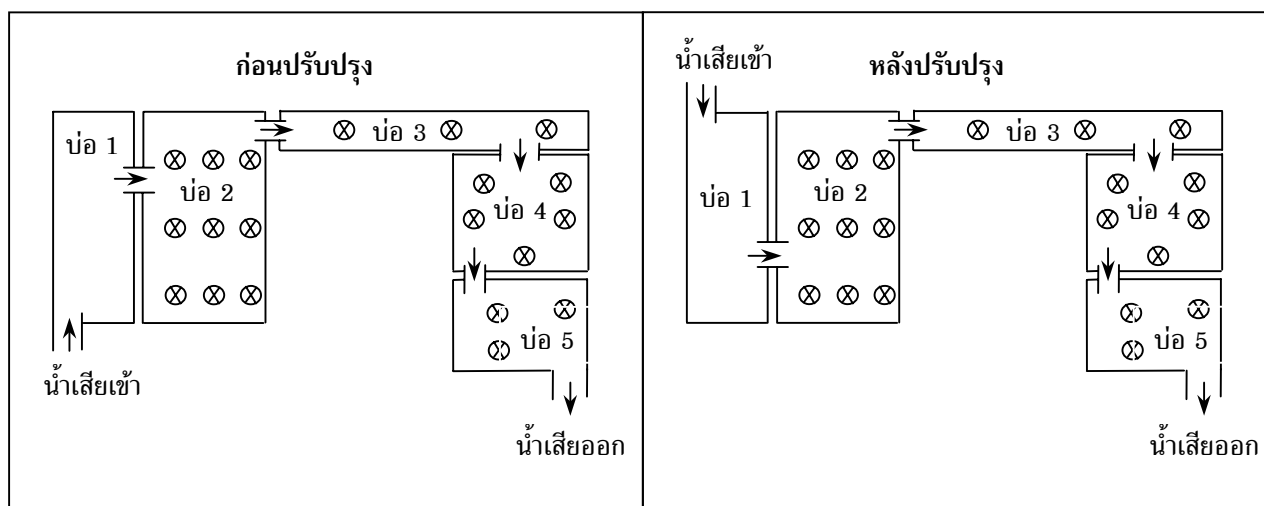
ออกสู่สิ่งแวดล้อม จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด ดังนั้น โรงสีข้าวควรดำเนินการดังต่อไปนี้

ระยะแรก

- ตรวจสอบระบบเติมอากาศในบ่อที่ 2 และ 3 (บ่อเติมอากาศที่ 1 และ 2) ให้ทำงานได้ตลอดเวลาและเปิดใช้งานทุกเครื่อง โดยต้องมีปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร ตลอดทั่วทั้งบ่อ
- ทำการปรับเปลี่ยนตำแหน่งน้ำเสียเข้าระบบและตำแหน่งท่อน้ำเสียจากบ่อที่ 1 เข้าบ่อที่ 2 เพราะท่อเดิมใกล้กับทางเข้าบ่อที่ 3 อาจทำให้เกิดการไหลลัดวงจรได้
- ตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งที่ออกจากบ่อที่ 3 เมื่อคุณภาพน้ำได้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ดำเนินการต่อในระยะที่ 2

ระยะที่ 2

- หยุดการเดินเครื่องเติมอากาศในบ่อที่ 4 และ 5 และตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัด กรณีคุณภาพน้ำทิ้งมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ให้เดินเครื่องเติมอากาศในบ่อที่ 4 และตรวจสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศในบ่อต่างๆ โดยเฉพาะบ่อที่ 2 และ 3 ทั้งนี้บ่อสุดท้าย ให้ปรับเปลี่ยนเป็นบ่อดกตะกอนอย่างถาวร



การคำนวณค่าใช้จ่าย

การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนในการทำเขื่อนกันดิน เพื่อเปลี่ยนแนวท่อน้ำทางเข้าและทางออกของบ่อที่ 1

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 50,000 บาท
(ปรับปรุงระบบท่อส่ง)
- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้
จำนวนเครื่องเติมอากาศที่สามารถหยุดทำงานได้ 9 เครื่อง
กำลังไฟฟ้าของเครื่องเติมอากาศ 0.4 กิโลวัตต์/เครื่อง
ราคาค่าไฟฟ้า 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง 60,480 บาท/ปี
(จำนวนเครื่อง x กำลังไฟฟ้า x ราคาค่าไฟฟ้า x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี)
(9 x 0.4 x 2.8 x 24 x 250)
- ระยะเวลาคืนทุน 10 เดือน

ผลการปรับปรุง

- พลังงานไฟฟ้าลดลง 0.47 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/กิโลกรัมบีโอดี
(กำลังไฟฟ้าที่ลดลง ÷ อัตราการไหลของน้ำเสีย ÷ ความเข้มข้นของบีโอดี)
((9 x 0.4) ÷ (300 ÷ 24) ÷ 610) x 1000
- ค่าใช้จ่ายลดลง (0.47 x 2.8) 1.32 บาท/กิโลกรัมบีโอดี

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดปัญหาน้ำเสียระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

4.5 การจัดการฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองจัดเป็นมลภาวะทางอากาศที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยเฉพาะกับพนักงานของโรงสีข้าวเอง และชุมชนที่อยู่ใกล้เคียง การลดปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น นอกจากจะลดปัญหามลภาวะแล้วยังจะทำให้โรงสีข้าวสามารถเข้าสู่ระบบควบคุมคุณภาพต่าง ๆ ได้ เช่น ระบบควบคุมคุณภาพอาหาร GMP หรือ HACCP ได้ง่ายขึ้น และมีรายรับเพิ่มขึ้นจากการจำหน่ายฝุ่นละอองที่รวบรวมได้เพิ่มขึ้น

4.5.1 การติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีฟัด

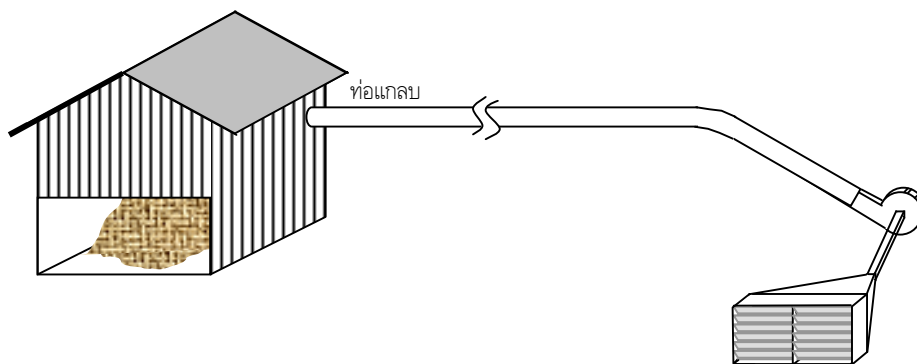
ปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากโรงสีข้าว สาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้ลมส่งแกลบจากตู้สีฟัดไปยังยังู้งเก็บแกลบหรือกองแกลบ เป็นผลให้โรงสีข้าวส่วนมากได้รับการร้องเรียนจากผู้ที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง และยังสูญเสียแกลบที่ปลิวออกนอกยังู้งเก็บแกลบ แนวทางที่น่าเสนอแม้จะมีผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับข้อเสนออื่น ๆ แต่มีประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อสังคม และต่อชุมชนโดยรอบที่ยากแก่การจะประเมินในรูปของตัวเงินได้

ข้อมูลพื้นฐาน

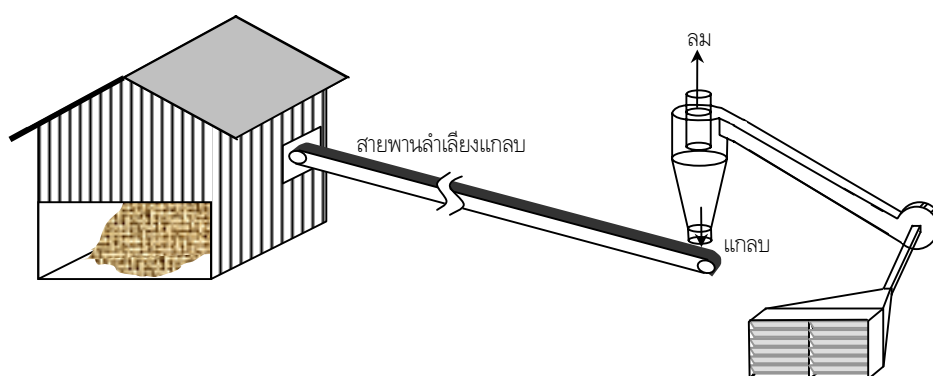
โรงสีข้าวแห่งหนึ่งลำเลียงแกลบที่ได้จากขั้นตอนการแยกแกลบ (จากตู้สีฟัด) โดยใช้ลม ดังรูปที่ 4-10 แกลบที่ถูกลำเลียงมาตามท่อลม จะตกลงสู่ยังู้งเก็บแกลบ ส่วนลมจะระบายออกทางด้านหน้ายังู้งเก็บแกลบซึ่งเป็นผนังเปิดโล่งเป็นส่วนใหญ่ ลมจะพัดพาแกลบเล็กปลิวออกทางด้านหน้ายังู้งเก็บแกลบ เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองบริเวณใกล้เคียง จากการตรวจวัดพบว่า อัตราการระบายฝุ่นจากยังู้งเก็บแกลบของโรงสีข้าวแห่งนั้นมีค่าเท่ากับ 3,050 มิลลิกรัมต่อนาที หรือ 0.183 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการไหลของอากาศที่ปลายท่อลมเท่ากับ 250 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที มีพัดลมดูดแกลบขนาด 20 แรงม้า กำลังไฟฟ้าขณะทำงานตรวจวัดได้เท่ากับ 9 กิโลวัตต์ โรงสีข้าวมีกำลังการผลิต 150 ตันต่อวัน ระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี

ข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการแยกแกลบออกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้องด้วยตู้สีฟัด โรงสีข้าวสามารถติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีฟัดเพื่อแยกลมออกจากแกลบ แกลบที่ถูกแยกออกจะตกลงบนสายพานลำเลียงไปยังยังู้งเก็บแกลบ ดังรูปที่ 4-11 (กำลังไฟฟ้าใช้งานของระบบลำเลียงประมาณ 2 กิโลวัตต์) ส่วนพัดลมดูดแกลบ โรงสีข้าวสามารถปรับให้มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 200 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง



รูปที่ 4-10 การลำเลียงแกลบโดยใช้ลม



รูปที่ 4-11 การติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีผัด

การคำนวณค่าใช้จ่าย

การติดตั้งไซโคลนมีค่าใช้จ่ายหลักได้แก่ การก่อสร้าง/ซื้อไซโคลน และระบบสายพานลำเลียงแกลบที่ออกจากไซโคลนไปยังถังเก็บแกลบ (ไม่รวมค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการติดตั้งวัสดุปิดคลุมระบบสายพานลำเลียง) และค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนมอเตอร์ของพัดลมดูดแกลบให้มีพิกัดเหมาะสมกับการใช้งาน (มอเตอร์ใหม่ขนาด 15 แรงม้า ใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 6 กิโลวัตต์)

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

• ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้ง

ไซโคลน	50,000	บาท
ระบบสายพานลำเลียง	150,000	บาท
ขนาดมอเตอร์เดิม (20 แรงม้า)	15	กิโลวัตต์
ขนาดมอเตอร์ใหม่ (15 แรงม้า)	11	กิโลวัตต์
ราคามอเตอร์เดิม	37,500	บาทต่อเครื่อง
ราคามอเตอร์ใหม่	33,000	บาทต่อเครื่อง
มูลค่าซากของมอเตอร์เก่า	15	เปอร์เซ็นต์
เงินลงทุนติดตั้งมอเตอร์	27,375	บาท
[ราคามอเตอร์ใหม่ - (ราคามอเตอร์เดิม x มูลค่าซาก)]		
[33,000 - (37,500 x (15/100))]		
ค่าใช้จ่ายในการลงทุนรวม	227,375	บาท

• ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

สมมติให้	กำลังไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง	9	กิโลวัตต์
	กำลังไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	6	กิโลวัตต์
	กำลังไฟฟ้าระบบลำเลียง	2	กิโลวัตต์
	ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
	มวลแลกเปลี่ยนที่สูญเสียจากการฟุ้งกระจาย	0.183	กิโลกรัม/ชั่วโมง
	มูลค่าแลกเปลี่ยน	0.6	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าที่สามารถประหยัดได้			
	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	16,800	บาท/ปี
(กำลังไฟฟ้าที่ลดลงสุทธิ x ราคาไฟฟ้า x 24 ชั่วโมงต่อวัน x 250 วันต่อปี)			
((9 - (6+2)) x 2.8 x 24 x 250)			
	มูลค่าของแลกเปลี่ยนที่ฟุ้งกระจาย	660	บาท/ปี
(มวลแลกเปลี่ยนที่สูญเสีย x ราคาแลกเปลี่ยน x 24 ชั่วโมงต่อวัน x 250 วันต่อปี)			
(0.183 x 0.6 x 24 x 250)			
	มูลค่าที่ประหยัดได้รวม	17,460	บาท/ปี
(16,800 + 660)			

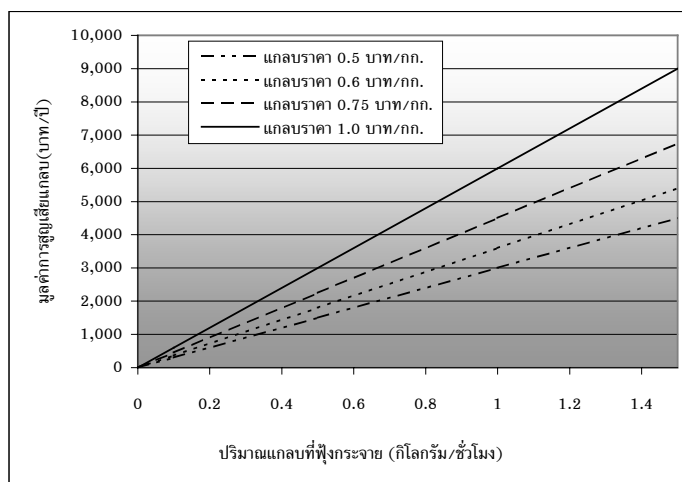
- ระยะเวลาคืนทุน 13 ปี
(เงินลงทุน ÷ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้)
(227,375 ÷ 17,460)

ผลการปรับปรุง

- ผู้ปล่อยมลพิษ 0.0293 กิโลกรัม/ตันข้าวเปลือก
(ปริมาณฝุ่นแลกเปลี่ยนที่รวบรวมได้ x ชั่วโมงที่ทำงานต่อวัน ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(0.183 x 24 ÷ 150)
- รายรับจากการขายแลกเปลี่ยน 660 บาท/ปี

$$\begin{aligned} & \text{กำลังไฟฟ้าที่ลดลงสุทธิ} \times \text{ราคาไฟฟ้า} \times \text{ชั่วโมงทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี} \\ & + \\ & \text{ปริมาณแกลบที่ฟุ้งกระจาย} \times \text{ราคาแกลบ} \times \text{ชั่วโมงทำงานต่อวัน} \times \text{วันทำงานต่อปี} \end{aligned}$$

สำหรับโรงสีข้าวอื่น ๆ ผลการประเมินข้างต้นสามารถคำนวณมูลค่าการสูญเสีย
มวลแกลบเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้ดังรูปที่ 4-12



หมายเหตุ: โรงสีข้าวทำงาน 24 ชม./วัน 250 วัน/ปี

รูปที่ 4-12 มูลค่าการสูญเสียแกลบไปกับการฟุ้งกระจาย

ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ลดการฟุ้งกระจายของฝุ่นที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่ต้องใช้ลมในการลำเลียงแกลบ
- ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

4.5.2 การปรับปรุงระบบบำบัดมลพิษทางอากาศหรือระบบรวบรวมเถ้าลอย

ข้อมูลพื้นฐาน

โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตข้าวหนึ่ง 400 ตันต่อวัน มีระยะเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน เปิดดำเนินการ 250 วันต่อปี ติดตั้งหม้อไอน้ำเพื่อผลิตไอน้ำโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง จำนวน 1 เครื่อง ก๊าซเสียที่เกิดขึ้นถูกบำบัดด้วยไซโคลน ก่อนปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศทางปล่องระบาย มีอัตราการไหลของอากาศเสียประมาณ 30,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากการตรวจวัดความเข้มข้นของฝุ่นละออง พบว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,200 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีค่าความเข้มข้นที่ระบายออกไม่เกินกว่า 320 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร โรงสีข้าวต้องปรับลดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นละอองลงประมาณ 880 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ข้อเสนอแนะ

การปรับปรุงระบบบำบัดมลพิษทางอากาศให้เหมาะสมกับปริมาณก๊าซเสียสามารถลดปริมาณฝุ่นละอองที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้วิธีหนึ่ง สิ่งที่ได้กลับคืนจากการปรับปรุงคือสามารถรวบรวมฝุ่นละอองจากปล่องระบายและจำหน่ายเป็นแถ้าแกลบได้มากขึ้น ระบบบำบัดมลพิษทางอากาศที่เหมาะสม คือ การใช้ระบบ Multi-Cyclone หรือใช้ไซโคลนประสิทธิภาพสูงที่ออกแบบถูกต้องตามหลักวิศวกรรม ทดแทนระบบเดิมที่มีอยู่

การคำนวณค่าใช้จ่าย

เงินลงทุนเริ่มต้นของการปรับปรุง ได้จาก ค่าอุปกรณ์ Multi-cyclone ค่าแรงและค่าที่ปรึกษา โดยไซโคลนชุดเดิมจะไม่นำมาคิดเป็นมูลค่าซาก และอุปกรณ์ชุดเดิมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกับอุปกรณ์ชุดใหม่ที่ติดตั้งได้

ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

● ค่าใช้จ่ายในการลงทุน		
อัตราการไหลของอากาศ	30,000	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
ขนาด Multi-cyclone	144	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ชุด
จำนวน Multi-cyclone (พิเศษ)	208	ชุด
ราคา Multi-cyclone	1,000	บาท/ชุด
ค่าแรง ค่าที่ปรึกษา	40	เปอร์เซ็นต์ของราคาอุปกรณ์
รวมเงินลงทุนติดตั้ง Multi-cyclone	291,200	บาท
$(208 \times 1,000 \times ((100\% + 40\%) / 100\%))$		

- ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

ความเข้มข้นของฝุ่นละออง	1,200	มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
มาตรฐานความเข้มข้นฝุ่นที่ปล่อยระบาย (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2548)	320	มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ความเข้มข้นฝุ่นละอองที่ต้องปรับลด (1,200 – 320)	880	มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ปริมาณฝุ่นละอองที่รวบรวมได้ (ความเข้มข้นที่ปรับลด x อัตราการไหลของอากาศ x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี) (880 x 30,000 x 24 x 250) / 1,000,000	158,400	กิโลกรัม/ปี
ราคาเถ้าแกลบ	0.5	บาท/กิโลกรัม
รายรับที่เพิ่มขึ้นจากการขายเถ้าแกลบ (ปริมาณฝุ่นละอองที่รวบรวม x ราคาเถ้าแกลบ) (158,400 x 0.5)	79,200	บาท/ปี
- ระยะเวลาคืนทุน 3.7 ปี

ผลการปรับปรุง

- ฝุ่นละอองลดลง 1.58 กิโลกรัม/ตันข้าวเปลือกหนึ่ง
(ปริมาณฝุ่นที่รวบรวมได้ ÷ วันที่ทำงานต่อปี ÷ กำลังการผลิตต่อวัน)
(158,400 ÷ 250 ÷ 400)
- รายรับจากการขายเถ้าแกลบ 79,200 บาท/ปี

ทั้งนี้ ปัจจัยที่มีผลต่อการประเมิน ได้แก่ อัตราการไหลของอากาศเสีย ปริมาณฝุ่นละอองที่ต้องระบายออกตามเกณฑ์มาตรฐาน มีผลต่อเงินลงทุน ผลตอบแทนที่ได้ และระยะเวลาคืนทุนต้นทุน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4-4 เงินลงทุนการติดตั้งระบบ Multi-cyclone

อัตราการไหลของอากาศ (ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง)	เงินลงทุน (บาท)
5,000	48,611
10,000	97,222
15,000	145,833
20,000	194,444
25,000	243,055
30,000	291,666
40,000	388,888

ตารางที่ 4-5 ผลพลอยได้จากการขายฝุ่นเถ้าแกลบ

ปริมาณเถ้าลอยที่รวบรวมได้เพิ่มขึ้น (มก./ลบ.ม.)	รายได้จากการขายเถ้าแกลบที่รวบรวมได้ (บาท/ปี) ที่อัตราการไหลก๊าซไอเสีย (ลบ.ม./ชม.)					
	5,000	10,000	15,000	20,000	25,000	30,000
100	1,500	3,000	4,500	6,000	7,500	9,000
200	3,000	6,000	9,000	12,000	15,000	18,000
400	6,000	12,000	18,000	24,000	30,000	36,000
600	9,000	18,000	27,000	36,000	45,000	54,000
800	12,000	24,000	36,000	48,000	60,000	72,000
1,000	15,000	30,000	45,000	60,000	75,000	90,000

ตารางที่ 4-6 ระยะเวลาคืนทุนเทียบกับปริมาณฝุ่นที่รวบรวมได้

● ระยะเวลาคืนทุน	ปริมาณฝุ่นที่สามารถลดลงได้	ระยะเวลาคืนทุน
	(มก./ลบ.ม.)	(ปี)
	100	32.4
	200	16.2
	400	8.1
	600	5.4
	800	4.1
	1,000	3.2

ประโยชน์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

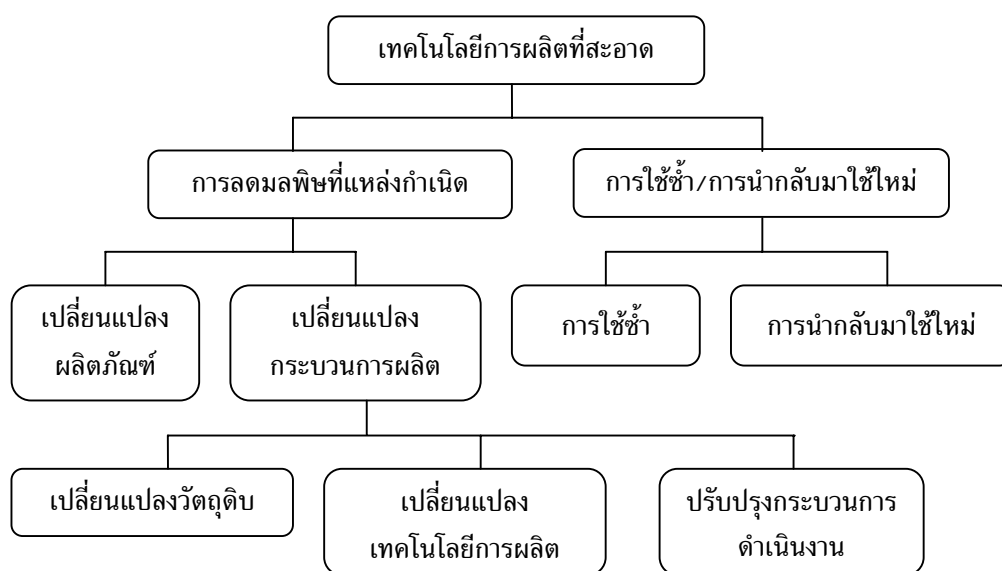
- ลดปริมาณฝุ่นที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม

บทที่ 5

การเริ่มต้นกับเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

“เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด” ผู้ปฏิบัติงานหลายท่านคงเคยได้ยินคำ ๆ นี้ แต่ไม่ทราบว่าเป็นเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดคืออะไร สามารถนำมาปฏิบัติใช้ในโรงงานได้อย่างไร มีความจำเป็นมากน้อยเพียงใดในการนำมาใช้ และเมื่อนำมาปฏิบัติแล้วจะได้ประโยชน์อย่างไร ในบทนี้จะกล่าวถึงความหมายของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด วิธีการเริ่มต้นในการปฏิบัติและประโยชน์ที่ได้รับจากการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาปฏิบัติในโรงงาน

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตหรือผลิตภัณฑ์ การใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้มีของเสียเกิดขึ้นน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดจึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนในการผลิตไปพร้อมกัน วิธีการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ดังรูปที่ 5-1



รูปที่ 5-1 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

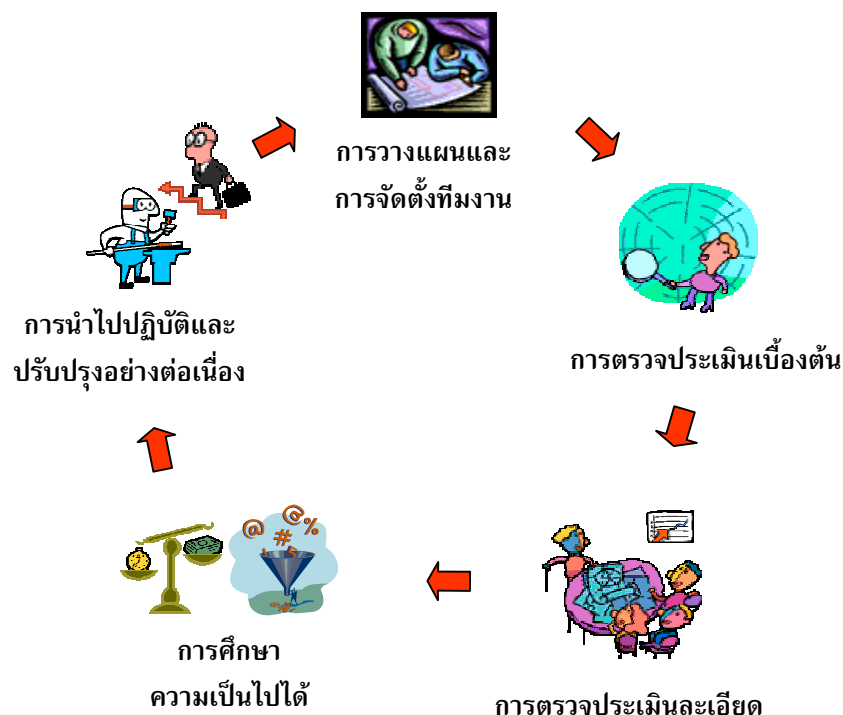
1. ลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลกำไร
2. ลดการสูญเสียวัตถุดิบ
3. เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตและการป้องกันมลพิษ
4. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน
5. ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถอยู่ร่วมกับชุมชนได้อย่างยั่งยืน

การตรวจสอบความจำเป็นที่จะนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาปฏิบัติใช้กับโรงงาน สามารถประเมินได้จากแบบประเมินดังตัวอย่างตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 แบบประเมินเบื้องต้นสำหรับผู้บริหาร

หัวข้อ	ท่านคิดว่าโรงงานของท่านมีปัญหาเหล่านี้หรือไม่	
	มี	ไม่มี
1. มีปัญหาเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมหรือข้าวตันต่ำ		
2. มีการตกหล่นสูญเสียวัตถุดิบสูง		
3. มีค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้าสูง		
4. มีการใช้พลังงานเชื้อเพลิงสูง		
5. มีปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง		
6. มีปัญหาร้องเรียนจากชุมชนรอบข้าง		
7. มีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องจักร		
8. มีความต้องการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิต		

เมื่อประเมินแล้วพบว่า โรงงานของท่านมีปัญหาข้อใดข้อหนึ่ง แสดงว่าท่านมีความจำเป็นในการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดมาปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ท่านสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนการดำเนินงานของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด 5 ขั้นตอนดังนี้



ขั้นตอนที่ 1 การวางแผนและการจัดตั้งทีมงาน

เมื่อผู้บริหารและพนักงานได้ตระหนักถึงความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต การลดการสูญเสียวัตถุดิบ การประหยัดการใช้พลังงาน และการแก้ปัญหาจากประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเข้ามาแก้ไขปัญหาดังกล่าว เหล่านี้ผู้บริหารจะต้องสร้างความเข้าใจถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดและผลที่ได้รับ จะต้องจัดให้มีการฝึกอบรม ให้ความรู้เบื้องต้นถึงหลักการและวิธีการปฏิบัติให้แก่พนักงานที่ทำงานที่ต่างๆ เช่น ฝ่ายบัญชี ฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง เป็นต้น จากนั้นคัดเลือกตัวแทนเพื่อจัดตั้งทีมงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โดยควรมีตัวแทนจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องพร้อมทั้งคัดเลือกหัวหน้าทีม ซึ่งควรจะเป็นผู้บริหารหรือเจ้าของกิจการ โดยให้ทีมงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดจัดทำบันทึกข้อมูลทั่วไปของบริษัท และกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการดำเนินงาน ให้ชัดเจน ดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 การวางแผนการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

1. ข้อมูลทั่วไป			
1.1	ชื่อโรงสีข้าว _____		
1.2	ที่อยู่ _____		
1.3	ประเภทธุรกิจ	สีข้าว _____	กำลังการผลิตสูงสุด _____ เกวียน/วัน กำลังการผลิตปัจจุบัน _____ เกวียน/วัน
1.4	ระยะเวลาการทำงาน	จำนวน _____ ชั่วโมงต่อวัน	วันต่อสัปดาห์ _____
1.5	วัตถุดิบหลัก	พันธุ์ข้าว _____	สัดส่วน _____ % พันธุ์ข้าว _____ สัดส่วน _____ %
1.6	ผลิตภัณฑ์	1. ข้าวเต็มเมล็ด _____ % 5. รำหยาบ _____ % 2. ข้าวหักใหญ่ _____ % 6. รำละเอียด _____ % 3. ข้าวหัก _____ % 7. แกลบ _____ % 4. ปลายข้าวสีวัน _____ %	
2. ข้อมูลการจัดการองค์กร			
2.1	จำนวนพนักงาน/เจ้าหน้าที่	ระดับบริหาร _____ คน ระดับปฏิบัติการ (ธุรการ) _____ คน ระดับปฏิบัติการ (การผลิต) _____ คน อื่น ๆ _____ คน	
2.2	ระยะเวลาการทำงาน	พนักงานสำนักงาน _____ คน ระยะเวลาทำงานตั้งแต่เวลา น. ถึง น. กะที่ 1 จำนวนพนักงาน _____ คน ระยะเวลาทำงานตั้งแต่เวลา น. ถึง น. กะที่ 2 จำนวนพนักงาน _____ คน ระยะเวลาทำงานตั้งแต่เวลา น. ถึง น. กะที่ 3 จำนวนพนักงาน _____ คน ระยะเวลาทำงานตั้งแต่เวลา น. ถึง น.	
3. การวางแผนการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด			
3.1	เป้าหมายการดำเนินการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด		
	1. ปริมาณข้าวต้น	 เปอร์เซ็นต์	
	2. ปริมาณข้าวรวม	 เปอร์เซ็นต์	
	3. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก	
	4. ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบ ¹	 ตันแกลบ/ตันข้าวเปลือก	
	5. ปริมาณการใช้น้ำ ²	 ลูกบาศก์เมตร/ตันข้าวเปลือกนี้	
3.2	ระยะเวลาดำเนินงาน	ตั้งแต่ _____	ถึง _____
3.3	ทีมงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด		
	ชื่อ-นามสกุล	ตำแหน่ง	
	1. _____	_____	
	2. _____	_____	
	3. _____	_____	
	4. _____	_____	
	5. _____	_____	

หมายเหตุ : ¹ เฉพาะโรงสีข้าวที่ใช้เชื้อเพลิงแกลบสำหรับเตาเผา (หม้อไอน้ำหรือเครื่องอบแห้ง)

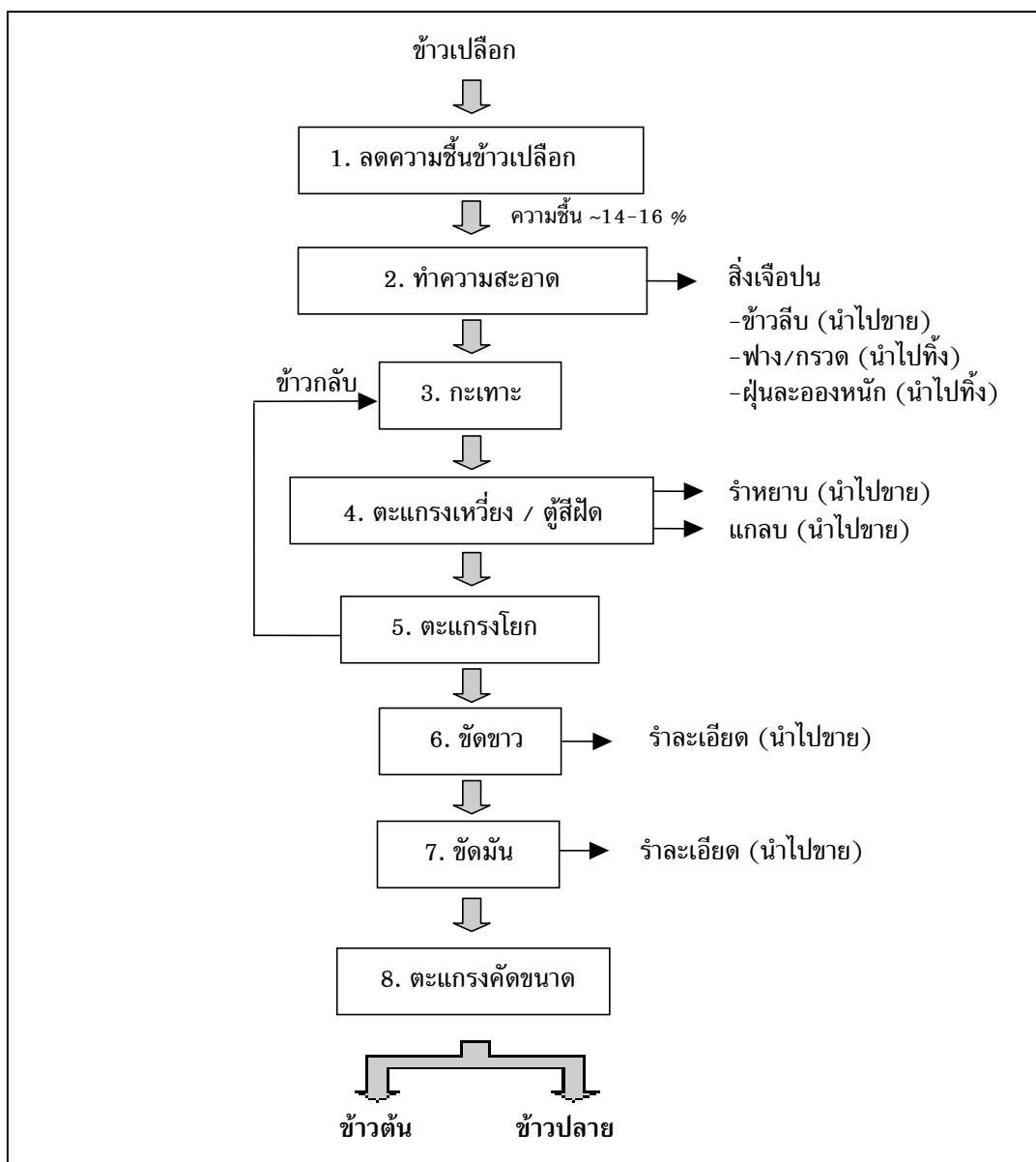
² เฉพาะโรงสีชาวนึ่ง

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจประเมินเบื้องต้น

วัตถุประสงค์หลักของการตรวจประเมินเบื้องต้น คือ เพื่อให้ทราบถึงบริเวณที่เป็นปัญหาของโรงงาน เพื่อกำหนดเป็นประเด็นในการตรวจประเมินละเอียดต่อไป โดยปกติจะใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

1) การจัดทำแผนภาพกระบวนการผลิต

จัดทำแผนภาพกระบวนการผลิตข้าวของโรงสีข้าว เพื่อประเมินสารป้อนเข้าและสารที่ออกทั้งหมดของกระบวนการ ตัวอย่างกระบวนการผลิตข้าวของโรงสีข้าวแห่งหนึ่งแสดงในรูปที่ 5-2



รูปที่ 5-2 ขั้นตอนการผลิตข้าว

2) การรวบรวมข้อมูล

เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของโรงงาน ประกอบด้วยข้อมูลของผลิตภัณฑ์และข้อมูลค่าใช้จ่ายด้านต่างๆ ได้แก่ ปริมาณวัตถุดิบ การใช้ไฟฟ้า และการใช้น้ำ เพื่อจัดลำดับความสำคัญ โดยใช้ข้อมูลอย่างน้อย 12 เดือน ดังตัวอย่างการบันทึกข้อมูลของโรงสีข้าวแห่งหนึ่งแสดงในตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ และทรัพยากรในกระบวนการสีข้าว

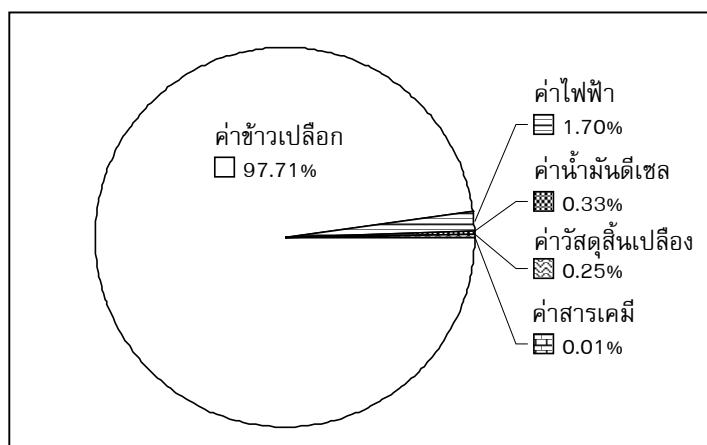
ส่วนที่ 1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และทรัพยากร

รายการ	หน่วย	ปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร												ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1. ข้าวเปลือก	ตัน	1,526	2,590	1,636	1,086	803	1,345	1,122	1,482	1,799	1,963	-	-	6,000
2. วัสดุสิ้นเปลือง ¹	บาท	6,785	25,605	24,500	11,950	17,010	19,655	30,765	29,240	28,955	-	-	-	-
3. สารเคมี	บาท	800	0	800	0	800	0	800	0	800	-	-	-	-
4. น้ำมันดีเซล	ลิตร	2,568	1,893	1,921	2,185	2,309	1,481	1,103	2,377	1,607	-	-	-	15
5. ไฟฟ้า ²	kWh	54,500	72,860	55,500	36,620	29,160	49,680	45,340	58,880	69,340	-	-	-	2.86

หมายเหตุ : ¹ วัสดุสิ้นเปลือง อาทิ สายพาน ลูกยางกะเทาะ กระสอบ ตะแกรงขัดขาว/ขัดมัน เป็นต้น

² จากบิลค่าไฟฟ้า

จากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่างโรงสีข้าวแห่งหนึ่ง ทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบและทรัพยากร โดยทีมงานสามารถนำข้อมูลที่ได้แสดงในรูปของสัดส่วนค่าใช้จ่าย ดังรูปที่ 5-3 ซึ่งช่วยให้ทีมงานตัดสินใจเลือกปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตได้ง่ายขึ้น อาทิ ข้าวเปลือกมีสัดส่วนค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุด การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเข้ามาปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต ย่อมส่งผลให้ประหยัดค่าใช้จ่ายได้สูงขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 5-3 กราฟแสดงสัดส่วนค่าใช้จ่ายของโรงสีข้าว

ส่วนที่ 2 ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ได้

ผลิตภัณฑ์	หน่วย	ปริมาณการผลิต												ราคาเฉลี่ย ต่อหน่วย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1. ข้าวต้น	ตัน	649	928	713	477	351	594	480	655	774	840	-	-	14,000
2. ข้าวรวม	ตัน	946	1,306	1,014	673	498	834	696	919	1,116	1,217	-	-	10,000

ส่วนที่ 3 ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าว

ปัจจัย	หน่วย	ประสิทธิภาพการผลิต											
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1. ข้าวต้น	%	42.5	35.8	43.6	43.9	43.7	44.2	42.8	44.2	43.0	42.8	-	-
2. ข้าวรวม	%	62.0	50.4	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	-	-
3. ไฟฟ้า	kWh/ตันข้าวเปลือก	35.7	28.1	33.9	33.7	36.3	36.9	40.4	39.7	38.5	-	-	-
4. ความต้องการ กำลังไฟฟ้าสูงสุด ¹	kW	148	152	150	144	148	148	144	150	150	-	-	-
5. ตัวประกอบภาระ ²	%	49.5	68.9	49.7	35.3	26.5	46.6	42.3	52.8	64.2	-	-	-

หมายเหตุ : ¹ จากบิลค่าไฟฟ้า

$$^2 \text{ ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) x 100}}{\text{ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์) x จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \%$$

ในการคำนวณประสิทธิภาพการผลิตของแต่ละปัจจัย จะใช้การคำนวณดังสมการที่ 5-1

$$\text{ปัจจัย} = \frac{\text{ปริมาณการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากร}}{\text{ปริมาณข้าวเปลือกที่ป้อนเข้า}} \dots (5-1)$$

สำหรับข้าวต้นและข้าวรวม จะแสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ สามารถคำนวณดังสมการที่ 5-2

$$\text{ปัจจัย} = \frac{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้}}{\text{ปริมาณข้าวเปลือกที่ป้อนเข้า}} \times 100 \dots (5-2)$$

ตัวอย่างปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งใช้กำหนดเป้าหมายในการดำเนินงานด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เช่น

1. ปริมาณข้าวต้น ในหน่วย เปอร์เซ็นต์
2. ปริมาณข้าวรวม ในหน่วย เปอร์เซ็นต์
3. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ในหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวเปลือก
ในหน่วย กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวรวม

ข้าวต้นและข้าวรวมที่เป็นผลิตภัณฑ์ของโรงสีข้าว ค่าปัจจัยของเดือนที่ดีที่สุดจะเป็นข้อมูลของเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมในเดือนที่สูงที่สุด สำหรับวัตถุดิบหรือทรัพยากร เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และปริมาณการใช้เชื้อเพลิง เป็นต้น ค่าปัจจัยของเดือนที่ดีที่สุด จะเป็นเดือนที่มีการใช้วัตถุดิบหรือทรัพยากรต่อปริมาณต้นข้าวเปลือกที่ต่ำที่สุด

ข้อมูลค่าปัจจัยของเดือนที่ดีที่สุด เป็นค่าที่บ่งชี้ให้เห็นถึงโอกาสที่โรงสีข้าวสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพ ดังแสดงในตัวอย่างคำนวณโอกาสที่สามารถประหยัดการใช้ไฟฟ้าได้ ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณ

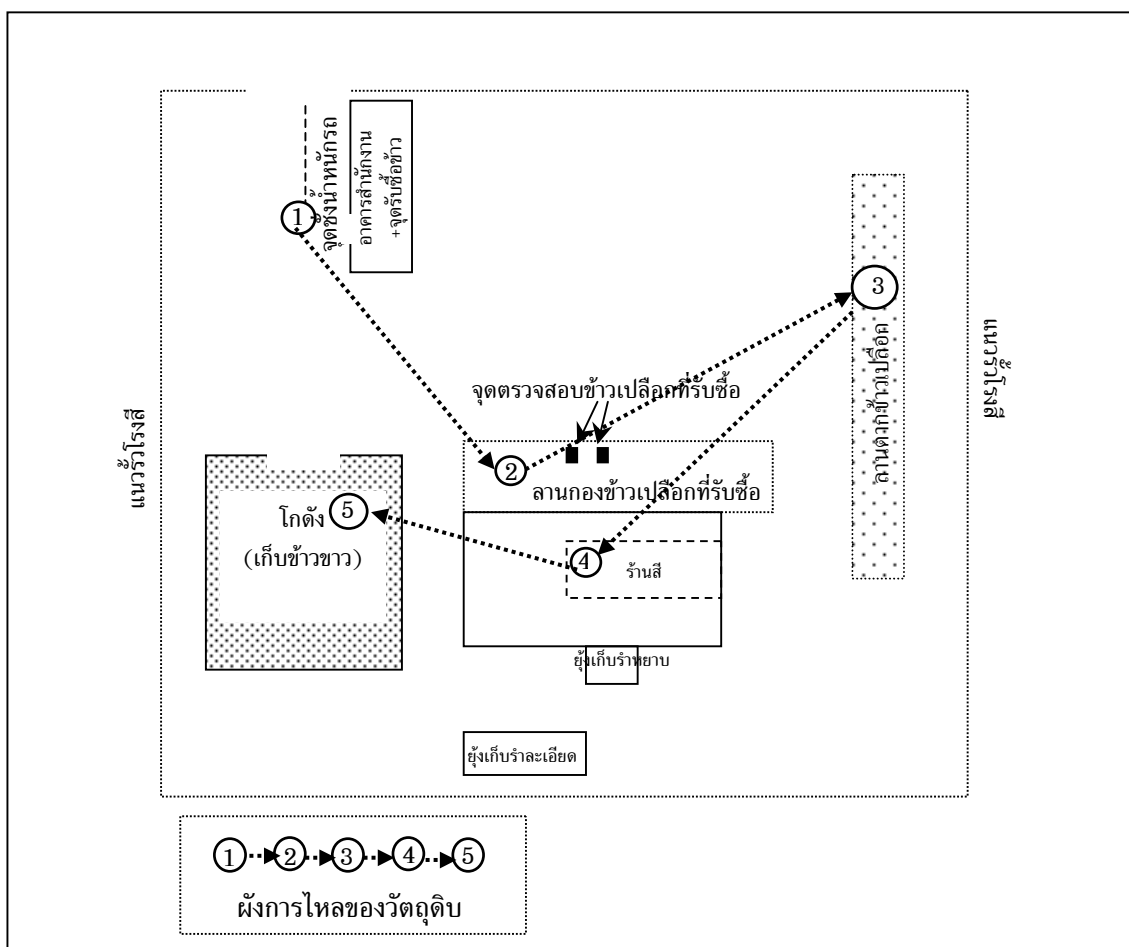
โรงสีข้าวแห่งหนึ่งในเดือนกรกฎาคม มีปริมาณการสีข้าวเปลือก 1,122 ตันข้าวเปลือก และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 45,340 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นค่าปัจจัยของการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ $45,340/1,122 = 40.4$ กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันข้าวเปลือก และในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าปัจจัยของการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 28.1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันข้าวเปลือก โดยที่เดือนกุมภาพันธ์เป็นเดือนที่ใช้ไฟฟ้าต่อตันข้าวเปลือกต่ำที่สุด (เดือนที่ดีที่สุด) ดังนั้นถ้าโรงสีข้าวมีการดำเนินงานได้ดีเท่ากับเดือนที่ดีที่สุดจะสามารถประหยัดได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{มูลค่าที่ประหยัดได้} &= (\text{ค่าปัจจัยของเดือนที่สนใจ}-\text{ค่าปัจจัยของเดือนที่ดีที่สุด}) \times \\ &\quad \text{กำลังการผลิตของเดือนที่สนใจ} \times \text{ราคาต่อหน่วยของปัจจัยที่สนใจ} \\ &= (40.4-28.1) \times 1,122 \times 2.86 \\ &= 39,470 \text{ บาท/เดือน}\end{aligned}$$

วิธีการลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้ไฟฟ้า นอกเหนือจากการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ยังสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์) ได้อีกทางหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากโรงสีข้าวจะต้องเสียค่าธรรมเนียมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งมีสัดส่วนค่อนข้างสูงเป็นอันดับสองรองจากค่าพลังงานไฟฟ้า โรงสีข้าวจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้า นอกจากนี้ ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นตัวประกอบหนึ่งที่จะแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร ถ้าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูงแต่ค่าตัวประกอบภาระมีค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น (อ้างอิงจากหัวข้อ 4.2.1 ข้อ 3) ประสิทธิภาพของการใช้ไฟฟ้าจะต่ำ แต่ถ้าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำและมีตัวประกอบภาระสูง (ใช้เท่าที่จำเป็นจริงๆ ในกระบวนการผลิตของโรงงาน) ประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าจะสูง ดังนั้นการเก็บข้อมูลในแต่ละเดือนจะช่วยชี้วัดให้เห็นว่าเดือนใดที่มีค่าตัวประกอบภาระต่ำกว่าสภาพการทำงานจริง ย่อมมีโอกาสในการปรับปรุงเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

3) การเดินสำรวจ

ขณะเดินสำรวจพื้นที่ของโรงงานให้ทำการเขียนแผนผังโรงงาน แผนผังการไหลของวัตถุดิบ ดังรูปที่ 5-4 จากนั้นบันทึกข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในโรงสีข้าว จัดทำสมดุลมวล และตรวจสอบการทำงานเบื้องต้นบริเวณหน่วยการผลิตต่างๆ ดังตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการตรวจประเมินเบื้องต้น พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างผลผลิตที่ออกแต่ละหน่วยการผลิต เพื่อตรวจสอบการสูญเสียผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นตอนใด



รูปที่ 5-4 แสดงตัวอย่างแผนผังโรงงานและแผนผังการไหลของวัตถุดิบ

ผังการไหลของวัตถุดิบสามารถบ่งชี้ให้ทราบถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการขนส่ง อาทิ การตกหล่นของข้าวเปลือก การแตกหักจากการถูกล้อรถบรรทุก ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ นำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิต อาทิ การจัดผังโรงสีข้าว การใช้ระบบขนส่งที่ลดการสูญเสีย เช่น สายพานลำเลียง การจัดระบบวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์แบบ First In – First Out และการลดปัญหาผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองระหว่างการขนส่ง

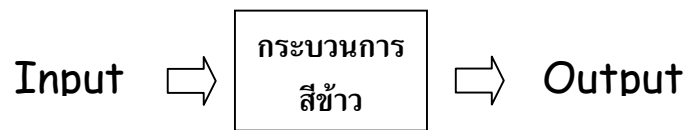
สำหรับการเดินสำรวจจะต้องบันทึกข้อมูลด้านการผลิตในแต่ละขั้นตอนอย่างคร่าวๆ ได้แก่ คุณลักษณะของเครื่องจักร พิกัดการติดตั้ง กำลังการผลิต และความสูญเสียที่สังเกตเห็นได้ พร้อมทั้งจัดทำสมุดมวลและตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานเบื้องต้น โดยมีตัวอย่างการบันทึกข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการสีข้าวดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการตรวจประเมินเบื้องต้น

ส่วนที่ 1 ข้อมูลเครื่องจักรที่ใช้ในโรงสีข้าว

ลำดับ	เครื่องจักร	รหัสเครื่อง/ ยี่ห้อ	ชั่วโมงการเดิน เครื่องต่อวัน	ขนาด แรงม้า (hp)	ระบบไฟฟ้า		อายุ เครื่อง (ปี)
					2 เฟส	3 เฟส	
1	กะเทาะเปลือก	1	24	7.5	☐	☒	5
2	กะเทาะเปลือก	2	24	7.5	☐	☒	4
3	ตู้สีฟัด	-	24	20	☐	☒	5
4	ตะแกรงแห่ียงแกลบ	-	24	5	☐	☒	5
5	ตะแกรงโยก	2	24	10	☐	☒	5
6	ตะแกรงแห่ียง	1	24	3	☐	☒	5
7	ตะแกรงแห่ียง	2	24	3	☐	☒	5
8	เครื่องขัดขาว	1/1	24	20	☐	☒	3
9	เครื่องขัดขาว	1/2	24	20	☐	☒	5
10	เครื่องขัดขาว	2/1	24	20	☐	☒	3
11	เครื่องขัดขาว	2/2	24	20	☐	☒	3
12	เครื่องขัดขาว	3	24	20	☐	☒	3
13	ตะแกรงกลม	1	24	5	☐	☒	5
14	กะพ้อ (10 ชุด ๆ ละ)	1	24	2	☐	☒	4
15	ตะแกรงทำความสะอาด	1	24	3	☐	☒	3

ส่วนที่ 2 การทำสมดุลมวลสาร (เบื้องต้น)



สารป้อนเข้า	ชื่อหน่วยการผลิต	สารที่ออก (ตามช่อง)
1. ข้าวเปลือก (บ่อข้าว) 2. 3.	ตะแกรงทำความสะอาด	1. ฝุ่น (ยุง) 2. ฟาง (ชั้นพื้น) 3. ข้าวเปลือก (ไปถึงพัก)
1. ข้าวเปลือก (จากตะแกรงทำความสะอาด) 2. 3.	กะเทาะข้าวเปลือก	1. ข้าวกะเทาะ 2. รำหยาบ 3.
1. ข้าวเปลือก - ข้าวกล้อง 2. 3.	ตะแกรงโยก	1. ข้าวเปลือก (กลับไปกะเทาะ) 2. ข้าวกล้อง (ขัดขาว) 3.
1. ข้าวกล้อง (เต็มเมล็ด) 2. 3.	ขัดขาว	1. ข้าวขาว 2. รำละเอียด 3.

ส่วนที่ 3 การตรวจสอบการทำงานเบื้องต้นบริเวณหน่วยการผลิตต่าง ๆ

1. การรับซื้อข้าวเปลือก (ช่วงเวลาที่ตรวจประเมิน)

พันธุ์ข้าว	แหล่งที่มา	ปริมาณ (ตัน)	คุณภาพข้าวรับซื้อหรือเก็บ			เกณฑ์การควบคุม
			%ข้าวตัน	%ความชื้น	อุณหภูมิ (°C)	
1. ก	_____	200	50	14	28	-
2. ข	_____	100	48	14.5	30	-
3.						
4.						
5.						

บันทึกเพิ่มเติม _____อายุเครื่องวัดความชื้นที่ใช้ในปัจจุบัน __1__ ปี _____
ได้รับการตรวจสอบ / ปรับเทียบ โดย _____เมื่อปี __2547__ _____

สรุปปัญหา

- เปอร์เซ็นต์ข้าวตันที่ตรวจวัดขณะรับซื้อ โรงสีข้าวนิยมใช้อัตราการกะเทาะสูง ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันต่ำกว่าการสีข้าวจริง
- การตรวจวัดความชื้น โรงสีข้าวนิยมใส่ข้าวตัวอย่างในปริมาณมากกว่าที่ระบุในคู่มือใช้งาน ส่งผลให้ความชื้นข้าวที่ตรวจวัดได้แตกต่างจากความเป็นจริง หากนำค่าความชื้นดังกล่าวไปใช้ควบคุมการลดความชื้น จะได้ข้าวเปลือกที่มีความชื้นคลาดเคลื่อนจากค่าที่ต้องการ
- อุณหภูมิข้าวบ่งบอกถึงระยะเวลาการขนส่ง และการเก็บรักษาข้าวเปลือกก่อนนำเข้าโรงสีข้าว อุณหภูมิข้าวที่สูงอาจส่งผลให้คุณภาพข้าวลดลง อาทิ ความขาว เป็นต้น

2. ลานตากข้าวเปลือก (ช่วงเวลาตรวจประเมิน)

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
อุปกรณ์ที่ใช้	จำนวน	ขนาดเครื่องยนต์	น้ำมันที่ใช้
- รถตัก	2 คัน	cc	5 ลิตร/วัน
- รถไถ	- คัน	- cc	- ลิตร/วัน
- รถเกลี่ย	- คัน	- cc	- ลิตร/วัน
- รถบรรทุก	3 คัน	cc	300 ลิตร/วัน
- อื่นๆ _____	คัน	cc	ลิตร/วัน
พื้นที่ลานตาก (ประมาณ)		200	ตารางเมตร
ความหนาของข้าวเปลือกที่ตาก		3 - 5	เซนติเมตร
ระยะเวลาการทำงาน		4 - 6	ชั่วโมง/วัน
ความถี่ในการเกลี่ยข้าว		4	ครั้ง/ชั่วโมง
ความชื้นข้าวเปลือก			
- ก่อนตาก		20 - 25	%
- หลังตาก		14 - 16	%
จำนวนคนงานกวาดลานตาก		3	คน
ปัญหาฝุ่นจากการตากข้าว	☐ ไม่มี	☒ มี _____	
การป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น	☒ ไม่มี	☐ มี _____	

สรุปปัญหา

- การลดความชื้นข้าวเปลือกโดยการตากลาน มักทำให้เกิดการแตกหักของข้าวเพิ่มขึ้นจากการใช้รถตักและรถเกลี่ยข้าว ปริมาณการแตกหักของข้าวจะขึ้นกับตัวแปรต่างๆ อาทิ ความชื้นข้าวเปลือกหลังตาก ความหนาของข้าวเปลือกขณะตาก และความถี่ในการเกลี่ยข้าว เป็นต้น
- ข้าวเปลือกเมื่อความชื้นลดลง จะก่อให้เกิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย ซึ่งยากต่อการหลีกเลี่ยง
- ข้าวเปลือกที่ถูกกะเทาะในขั้นตอนการตาก (กรณีที่ใช้รถเกลี่ยข้าววิ่งด้วยความเร็วสูง) เมื่อนำไปเก็บรักษาก่อนเข้ากระบวนการสีนานกว่า 1 เดือน จะส่งผลให้ข้าวเกิดเมล็ดเหลือง

3. การเก็บรักษาข้าวเปลือก

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว/แหล่งที่มา	
การเก็บรักษาข้าวเปลือก	☒ กองไว้ในอาคารโรงสี	☐ เก็บในไซโล	☐ อื่นๆ _____
ลักษณะอาคารเก็บข้าวเปลือก	☐ อาคารปิดมิดชิด ☐ อาคารเปิดโล่ง 4 ด้าน	☒ อาคารเปิดโล่งบางส่วน	☐ อื่นๆ _____
กรณีใช้ไซโลเก็บรักษาข้าวเปลือก	มีจำนวนไซโล		ลูก
	ไซโลมีขนาดความจุ		ตัน
ปริมาณข้าวเปลือกที่กักเก็บ	500		เกวียน
ระยะเวลาการเก็บข้าวเปลือก	1		เดือน
ความชื้นข้าวเปลือกที่กักเก็บ	14		เปอร์เซ็นต์
อุณหภูมิของข้าวเปลือกที่กักเก็บ	30		องศาเซลเซียส
ความถี่ในการกลับข้าวเปลือกหรือเป่าลม	ไม่มี		ครั้งต่อ _____
ลักษณะและวิธีการเก็บรักษาข้าวเปลือก			
ปัญหาฝุ่นบริเวณเก็บรักษาข้าวเปลือก		☐ ไม่มี	☒ มีจากการขนย้าย
การป้องกันและแก้ไขปัญหาฝุ่น		☒ ไม่มี	☐ มี _____

สรุปปัญหา

- ปัญหาคุณภาพข้าวเปลือกเปลี่ยนแปลงจากการเก็บรักษาข้าวเปลือกเป็นเวลานาน มักเกิดขึ้นกับโรงสีข้าวที่ใช้วิธีกองข้าวเปลือกโดยไม่มี การกลับกองหรือเป่าลม หรือมีการเป่าลมแต่ไม่กระจายทั่วทั้งกองข้าวเปลือก สังเกตได้จากข้าวมีเมล็ดสีเหลือง หรืออุณหภูมิบริเวณกลางกองส่วนที่ลึกเข้าไปจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส และเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงกว่า 14 เปอร์เซ็นต์

4. ทำความสะอาดข้าวเปลือก (ตะแกรงสั่น)

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
จำนวนตะแกรงสั่น	_____ 1 _____ ตัว	อายุตะแกรงสั่น	_____ 3 _____ ปี
ขนาดมอเตอร์ตะแกรงสั่น	_____ 3 _____ แรงม้า	ระยะเวลาการเดินเครื่อง	___ 24 ___ ชั่วโมง/วัน
กำลังการผลิตสูงสุด	_ 100 _ เกวียน/วัน	กำลังการผลิตปัจจุบัน	___ 80 ___ เกวียน/วัน
การใช้ลมช่วยทำความสะอาด	☒ มี ☐ ไม่มี		
ลักษณะลม	☒ ดุด ☐ เป่า		
วิธีการป้อนข้าวเปลือก	☐ สายพาน ☒ กะป้อ ☐ อื่นๆ _____		
การควบคุมปริมาณข้าวเปลือกขาเข้า	☒ ไม่มี ☐ มี วิธี _____		
ถึงพักข้าวขาเข้า	☐ มี ☒ ไม่มี ☐ อื่นๆ _____		
ถึงพักข้าวขาออก	☒ มี ☐ ไม่มี 1 อื่นๆ _____		
ความถี่ในการปรับแต่งตะแกรง	1	ครั้งต่อ _ เดือน _____	
ความถี่ในการซ่อมบำรุงตะแกรง	2	ครั้งต่อ __ ปี _____	
รายละเอียดการปรับแต่งเครื่อง/ซ่อมบำรุง - เปลี่ยนตะแกรง			
ฝุ่นจากตะแกรงสั่น	☐ ไม่มี ☒ มี		
การตกหล่นของข้าวเปลือก	☐ ไม่มี ☒ มี __ช่องออกฟาง__		

สรุปปัญหา

- ความถี่ในการซ่อมบำรุงต่ำ และพบฝุ่นฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงทำความสะอาดมาก

5. เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

ข้อมูลวันที่	พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา		
จำนวนเครื่องกะเทาะ	ยี่ห้อ.....-.....รุ่น.....-.....	จำนวน	เครื่อง
	ยี่ห้อ.....-.....รุ่น.....-.....	จำนวน	เครื่อง
อายุเครื่องกะเทาะ	4 - 5..... ปี	ระยะเวลาการเดินเครื่อง	___24___ ชั่วโมง/วัน
กำลังการผลิตสูงสุด	100..... เกวียน/วัน	กำลังการผลิตปัจจุบัน	___80___ เกวียน/วัน
ปริมาณข้าวเปลือกเข้า (ช่วงเก็บข้อมูล)		80	เกวียน/วัน
มีการหยุดเดินเครื่องกะเทาะเพื่อพักลูกยางทุก ๆ กี่ชั่วโมง		-	ชั่วโมง
ขนาดมอเตอร์	ยี่ห้อ mitsubishi	7.5 แรงม้า	อายุมอเตอร์ 4 ปี
	ยี่ห้อ mitsubishi	7.5 แรงม้า	อายุมอเตอร์ 5 ปี
กรณีไม่ใช้มอเตอร์ โปรตาระบุแหล่งต้นกำลัง (เช่น จากระบบส่งกำลังหลักแล้วทอดด้วยมูเล่)			
ชนิดของลูกกะเทาะ	☒ ลูกยาง ☐ หินไม่ (หินจาน) ☐ อื่น ๆ		
อัตราการกะเทาะข้าวเปลือก	80.....เปอร์เซ็นต์	ปรับโดย.....คนงาน.....	
อายุการใช้งานของลูกกะเทาะที่กำหนดไว้	48		ชั่วโมง
	200		เกวียน
ระยะเวลาการใช้งานจริงของลูกกะเทาะ	30		ชั่วโมง
	150		เกวียน
ถึงพักข้าวเปลือกก่อนเข้าเครื่อง	☐ ไม่มี ☒ มี ขนาด.....1 ตัน.....		
การขนถ่ายข้าวเปลือกเข้าเครื่องกะเทาะโดย	☒ กะพ้อ ☐ คนงาน ☐ อื่น ๆ		
การควบคุมปริมาณข้าวเปลือกเข้า	☐ ไม่มี ☒ มี วิธี ..ลิ้น.....		
การปรับเครื่องกะเทาะ	☒ ใช้สายตา ☐ ใช้เครื่องวัด ☐ อื่น ๆ		
ความถี่ในการปรับแต่งเครื่องกะเทาะ	1		ครั้งต่อ _เดือน___
ความถี่ในการซ่อมบำรุงเครื่องกะเทาะ	4		ครั้งต่อปี
ปริมาณลูกกะเทาะสำรอง	10		ลูก
ระยะเวลาการเก็บลูกยางกะเทาะสำรอง	1 - 2		สัปดาห์
รายละเอียดการทำงานและซ่อมบำรุงเครื่องกะเทาะ			
การตกลงของข้าว	☐ ไม่มี ☒ มีบริเวณ _ช่องออก___		

สรุปปัญหา

- โรงสีไม่มีการจัดบันทึกการใช้ลูกยางกะเทาะ
- ถึงพักข้าวเปลือกก่อนเข้าเครื่องกะเทาะส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ทำให้ป้อนข้าวเปลือกเข้าเครื่องไม่สม่ำเสมอ

6. เครื่องแยกแกลบ (ตู่สีฝัด)

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
เครื่องแยกแกลบอยู่ร่วมกับเครื่องกะเทาะ	☐ ใช่ ☒ ไม่ใช่		
จำนวนตู่สีฝัด	_____ 1 _____ ตู่	อายุตู่สีฝัด	_____ 5 _____ ปี
กำลังการผลิตสูงสุด	___200___ เกวียน/วัน	กำลังการผลิตปัจจุบัน	_____ 80 _____ เกวียน/วัน
ขนาดของพัดลม	___20___ kW (HP)	ระยะเวลาเดินเครื่อง	___24___ ชั่วโมง/วัน
ลักษณะของช่องทางเข้าอากาศ	☐ เหมือนเดิมที่ออกแบบ ☒ มีการปรับแต่ง โดย...ลดจำนวนซิกแซก...		
ลักษณะของท่อทางออกอากาศ	☒ กลม ขนาด.....0.5 เมตร..... ☐ เหลี่ยม ขนาด..... ☐ อื่นๆ		
ความถี่ในการปรับแต่งตู่สีฝัด	1	ครั้งต่อ ปี _____	
ความถี่ในการซ่อมบำรุงตู่สีฝัด	1	ครั้งต่อปี	
การปรับแต่งและซ่อมบำรุง - ซ่อมใบพัดลม			
การตกหล่นของข้าว	☐ ไม่มี ☒ มีบริเวณ - ช่องออกแกลบ - หน้าตู่		

สรุปปัญหา

- ผู้ดูแลเครื่องให้ความสำคัญในการปรับแต่งเครื่องน้อยมาก

7. เครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง (ตะแกรงโยก)

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
จำนวนเครื่องแยกข้าวเปลือก-ข้าวกล้องทั้งหมด			เครื่อง
ปกติเดินเครื่อง จำนวน	_____ 2 _____ เครื่อง	ระยะเวลาเดินเครื่อง	_____ 24 _____ ชั่วโมง/วัน
กำลังการผลิตสูงสุด	_____ 60 _____ เกวียน/วัน	กำลังการผลิตปัจจุบัน	_____ 40 _____ เกวียน/วัน
ลักษณะของหีบ	☒ ไม้ ☐ โลหะ		
ชนิดรูตะแกรงโยก	☒ รูธรรมดา ☐ รูจัมโบ้ ☐ อื่นๆ _____		
จำนวนช่อง (ชั้น x ช่องต่อชั้น)	20 x 3		
ขนาดมอเตอร์	_____ 10 _____ kW (HP)	อายุมอเตอร์	_____ 5 _____ ปี
ความถี่ของการสั่น	รอบ/นาที 90	องศาของตะแกรงโยก	องศา 4
ถึงพักข้าวกล้องก่อนเข้าเครื่อง	☒ ไม่มี ☐ มี		
ขนถ่ายข้าวเข้าเครื่องโดยวิธี	☐ กะพ้อ ☒ ลงโดยตรง		
การควบคุมปริมาณข้าวขาเข้า	☒ ไม่มี ☐ มี โดยวิธี _____		
จำนวนครั้งในการแยก	1		
ความถี่ในการปรับแต่งเครื่อง	1		
ความถี่ในการซ่อมบำรุงเครื่อง	1		
การปรับแต่งและซ่อมบำรุงเครื่อง - เปลี่ยนแผ่นโลหะของช่องแยก			
การตกหล่นของข้าว	☒ ไม่มี ☐ มีบริเวณ _____		

สรุปปัญหา

- รูตะแกรงโยกที่ชำรุด ผู้ดูแลเครื่องไม่นิยมซ่อมแซมให้ใช้งานได้ แต่จะแก้ปัญหาโดยการ
อุดปิดรูตะแกรง

8. เครื่องขัดขาว

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
จำนวนเครื่องขัดขาว	5 เครื่อง	ปกติเดินเครื่อง จำนวน	5 เครื่อง
อายุเครื่องขัดขาว		3 - 5	ปี
จำนวนครั้งที่ขัดขาว		3	ครั้ง
ระยะเวลาเดินเครื่อง		24	ชั่วโมง/วัน
กำลังการผลิตสูงสุด		150	เกวียน/วัน
กำลังการผลิตปัจจุบัน		80	เกวียน/วัน
ชนิดเครื่องขัด	☐ แนวนอน ☒ แนวตั้ง ☐ อื่นๆ _____		
อุณหภูมิภายในเครื่องขัด		40 - 45	องศาเซลเซียส
ปริมาณกระแสไฟฟ้า		16 - 20	แอมป์
มีการแยกข้าวหักเล็กหรือปลายข้าวออกก่อนหรือไม่	☐ ไม่มี ☒ มี __ตะแกรงเหวี่ยง__		
ขนาดมอเตอร์หินขัด	20 แรงม้า	อายุมอเตอร์	3 - 5 ปี
ขนาดมอเตอร์พัดลมดูดรำ	แรงม้า	อายุมอเตอร์	ปี
ลักษณะลมที่ใช้	☒ ลมดูด ☐ ลมเป่า		
การควบคุมปริมาณข้าวขาเข้า	☐ ไม่มี ☒ มี โดยวิธี _____		
ถึงพักข้าวขาเข้า	☐ ไม่มี ☒ มี ขนาด __ลิ้นและใช้คนปรับ__ ระยะเวลาพักข้าว __1__ ตัน __ชั่วโมง__		
ถึงพักข้าวขาออก	☒ ไม่มี ☐ มี ขนาด _____ ระยะเวลาพักข้าว __ชั่วโมง__		
การเปลี่ยนลูกหินขัด	- ตามคู่มือกำหนดไว้ให้เปลี่ยนเมื่อ _____ - ปัจจุบันจะเปลี่ยนเมื่อ __ใช้งานได้ 1 - 2 เดือน__		
การปรับระดับความขาวของเครื่อง	☒ ใช้สายตา ☐ ใช้เครื่องวัดความขาว ☐ อื่นๆ _____		
ความถี่ในการปรับแต่งเครื่องขัดขาว		1	ครั้งต่อ __วัน__
ความถี่ในการซ่อมบำรุงเครื่องขัดขาว		20	ครั้งต่อปี
การปรับแต่งและซ่อมบำรุงเครื่อง	- พอกหินขัด - ปรับแต่งผิว		
การตกหล่นของข้าว	☐ ไม่มี ☒ มี __ทางออก__		

สรุปปัญหา

- การป้อนข้าวลงหินขัดไม่สม่ำเสมอ ทำให้แรงดันในห้องขัดไม่คงที่ ยากต่อการควบคุม
- ผู้ดูแลเครื่องอาศัยความชำนาญในการตรวจสอบความขาว โดยไม่ใช้เครื่องมือวัด ส่งผลให้มีการขัดเนื้อแป้งออกมากเกินไปจนความจำเป็น
- ถึงพักข้าวส่วนใหญ่มิขนาดเล็กลง ทำให้ระยะเวลาการพักข้าวสั้น

4) การสรุปประเด็นปัญหา

จากประเด็นปัญหาที่ได้จากการเดินสำรวจ ผู้บริหารหรือหัวหน้าทีมจัดให้มีการประชุมทีมงานเพื่อสรุปประเด็นการสูญเสีย สาเหตุการสูญเสีย และจัดลำดับความสำคัญของประเด็นปัญหา พร้อมแนวทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่สามารถดำเนินการได้ทันที และกำหนดประเด็นสำหรับการตรวจประเมินละเอียด ดังตารางที่ 5-4

ในการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละประเด็นปัญหา สามารถทำได้โดยการประเมินใน 3 ด้าน คือ ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์ และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

■ การประเมินความเป็นไปได้เชิงเทคนิค

เป็นการพิจารณาประเด็นปัญหาที่ดำเนินการปรับปรุงแล้วทำให้ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรหรือปริมาณของเสียได้มาก โดยพิจารณาความยากง่ายของวิธีการแก้ไข และให้คะแนนค่าความเป็นไปได้ดังนี้

- การให้คะแนน
- 1 หมายถึง แก้ไขได้ยาก ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติงาน
 - 2 หมายถึง แก้ไขได้ปานกลาง ทีมงานสามารถปฏิบัติได้โดยได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ
 - 3 หมายถึง แก้ไขได้ง่าย ทีมงานสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง

■ การประเมินผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์

เป็นการพิจารณาประเด็นปัญหาที่ดำเนินการปรับปรุงแล้วให้ผลตอบแทนทางด้านการเงิน หรือช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ โดยให้คะแนนดังนี้

- การให้คะแนน
- 1 หมายถึง ให้ผลตอบแทนด้านการเงินหรือช่วยลดต้นทุนได้น้อย
 - 2 หมายถึง ให้ผลตอบแทนด้านการเงินหรือช่วยลดต้นทุนได้ปานกลาง
 - 3 หมายถึง ให้ผลตอบแทนด้านการเงินหรือช่วยลดต้นทุนได้มาก

■ การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม

เป็นการพิจารณาประเด็นปัญหาที่ดำเนินการปรับปรุงแล้วทำให้ลดผลกระทบหรือปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยใช้ปริมาณของมลพิษที่ลดลงภายในโรงสีข้าวเป็นเกณฑ์ในการให้คะแนนดังนี้

- การให้คะแนน
- 1 หมายถึง ลดปริมาณมลพิษได้น้อย
 - 2 หมายถึง ลดปริมาณมลพิษได้ปานกลาง
 - 3 หมายถึง ลดปริมาณมลพิษได้มาก

ตารางที่ 5-4 ตัวอย่างสรุปผลการตรวจประเมินเบื้องต้น

ส่วนที่ 1 ประเด็นปัญหา/การสูญเสียและการจัดลำดับความสำคัญ

กระบวนการ	ปัญหา/การสูญเสีย	สาเหตุ	วิธีการแก้ไขหรือ การศึกษาเพิ่มเติม	การจัดลำดับความสำคัญ			คะแนน รวม (1-27)
				เทคนิค (1-3)	เศรษฐศาสตร์ (1-3)	สิ่งแวดล้อม (1-3)	
1.ตากข้าวเปลือก	-เกิดข้าวหัก -เกิดข้าวกะเทาะเปลือก	-ใบเกลี่ยหุ้มยางไม่ เรียบร้อย -รถวิ่งเกลี่ยข้าวด้วย ความเร็ว	-หุ้มยางให้เรียบร้อย -ลดความเร็ว	3	3	2	18
2.ทำความสะอาด ข้าวเปลือก	-มีข้าวเปลือกปนไปกับ ฟางข้าว -มีฝุ่นฟุ้งกระจาย	-	-ศึกษาเพิ่มเติม	2	3	3	18
3.กะเทาะ ข้าวเปลือก	ไม่ทราบประสิทธิภาพ	-	-ศึกษาเพิ่มเติม	2	3	1	6
4.คัดแยก ข้าวเปลือกออก จากข้าวกล้อง	มีข้าวกล้องปนกับ ข้าวเปลือกกลับไป กะเทาะ	-การปรับตั้งเครื่อง -ขาดการตรวจสอบ	-ปรับตั้งการทำงานของ เครื่องให้เหมาะสม -เพิ่มความถี่ในการ ตรวจสอบ -ศึกษาเพิ่มเติม	3	3	1	9
5.ขัดขาว	-มีข้าวหักมาก -สิ้นเปลืองพลังงาน	-การปรับตั้งเครื่อง -ขาดการตรวจสอบ	-ปรับตั้งการทำงานของ เครื่องให้เหมาะสม -เพิ่มความถี่ในการ ตรวจสอบ -ศึกษาเพิ่มเติม	2	3	1	6
6.พลังงานไฟฟ้า	-ค่าตัวประกอบภาระต่ำ	-เดินเครื่องจักร พร้อมกัน	-จัดลำดับการเดิน มอเตอร์ -ศึกษาเพิ่มเติม	2	2	1	4

คะแนนรวม เท่ากับ ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค x ผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์หรือการช่วยลดต้นทุน x ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม
คะแนนรวม ระหว่าง 10-27 มีความสำคัญ ระดับสูง
4-9 มีความสำคัญ ระดับปานกลาง
1-3 มีความสำคัญ ระดับต่ำ

หมายเหตุ : ทีมงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสามารถกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนได้ตามความเหมาะสมของแต่ละโรงสีข้าว

ส่วนที่ 2 ทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่สามารถดำเนินการได้ทันที

กระบวนการ	ปัญหา/การสูญเสีย	ทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	ประโยชน์ที่ได้รับ	กำหนดวันเริ่มปฏิบัติ
1. ตากข้าวเปลือก	เกิดข้าวหัก	- หุ้มยางรถตกให้เรียบร้อย	ลดการสูญเสียวัตถุดิบ	
2. คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง (ตะแกรงโยก)	มีข้าวกล้องปนข้าวเปลือกกลับไปกะเทาะ	- ปรับแต่งเครื่อง - เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบ	ลดการสูญเสียวัตถุดิบ	
3. คัดแยกแกลบ (ตะแกรงเหวี่ยง)	มีข้าวกล้องและแกลบปนไปกับข้าวกลับ	- ปรับแต่งเครื่อง - เพิ่มความถี่ในการตรวจสอบ	ลดการสูญเสียวัตถุดิบ	
4. ชัดขาว	เกิดการสูญเสียข้าวสารจากการขัดสี	- ปรับตั้งการทำงานของเครื่องให้เหมาะสม	ลดการสูญเสียผลิตภัณฑ์	

ส่วนที่ 3 การกำหนดประเด็นสำหรับการตรวจประเมินละเอียด

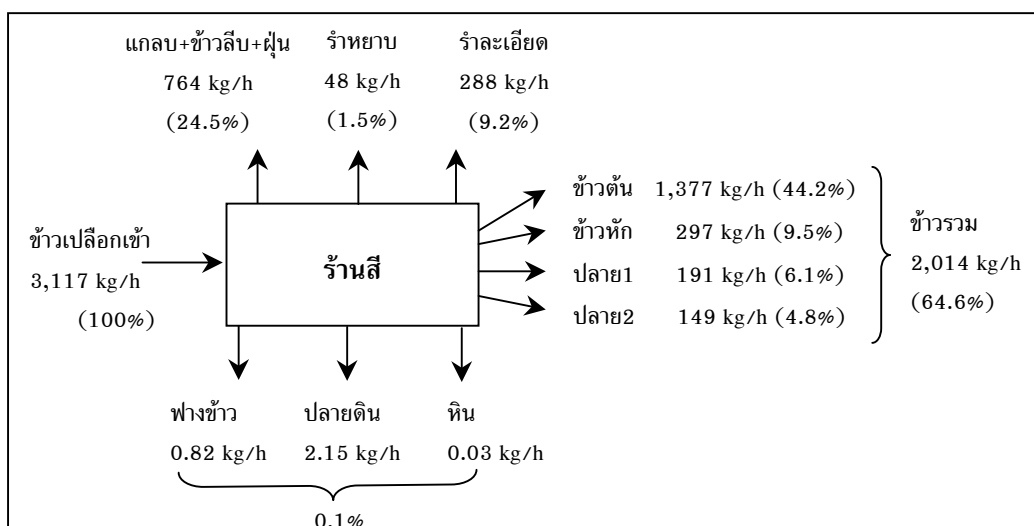
กระบวนการ	ปัญหา/การสูญเสีย	วิธีการตรวจประเมิน
1. ทำความสะอาดข้าวเปลือก	มีข้าวเปลือกปนไปกับฟางข้าว	- ตรวจสอบการทำงานของตะแกรง - ตรวจสอบช่องทางออกของฟาง
2. กะเทาะข้าวเปลือก	ไม่ทราบประสิทธิภาพ	- ตรวจวัดปริมาณข้าวที่เข้าและออก - ตรวจวัดอัตราการกะเทาะ
3. คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง	มีข้าวกล้องปนข้าวเปลือกกลับไปกะเทาะ	- ตรวจวัดปริมาณข้าวที่เข้าและออกจากตะแกรงโยก - ตรวจสอบสัดส่วนของข้าวกล้องที่ปนไปกับข้าวเปลือก - ตรวจสอบการทำงานของตะแกรง
4. ชัดขาว	สูญเสียผลิตภัณฑ์และพลังงาน	- ตรวจวัดปริมาณข้าวที่เข้าและออกจากเครื่องขัดขาว - ตรวจวัดคุณภาพข้าวที่ออกจากเครื่องฯ ได้แก่ อุณหภูมิเมล็ดข้าว ปริมาณข้าวหักและความขาว

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจประเมินละเอียด

วัตถุประสงค์หลักของการตรวจประเมินละเอียด คือ เพื่อให้ทราบถึง ปริมาณการสูญเสียที่เกิดขึ้นในหน่วยการผลิตที่สนใจ และสาเหตุของการสูญเสีย พร้อมทั้งระดมสมองเพื่อประเมินโอกาสในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต และลดการสูญเสียที่เกิดขึ้น โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญ คือ

1) การทำสมดุลมวลสาร

บันทึกปริมาณข้าวเปลือกที่ป้อนเข้าสู่โรงสี ผลิตรั้ว และผลพลอยได้ที่ออกมาทั้งหมด ในหน่วยตันต่อชั่วโมง ดังตารางที่ 5-5 และจัดทำสมดุลมวลสารอย่างละเอียดเฉพาะหน่วยการผลิตที่สำคัญและเกิดการสูญเสียได้ง่าย ดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 แสดงสมดุลมวลสาร

ตารางที่ 5-5 การทำสมดุลมวลสาร

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
เวลา		จำนวนชั่วโมง	24

สารป้อนเข้า	ปริมาณ		สารออก	ปริมาณ		
	กิโลกรัม	(ตัน/ชั่วโมง)		กิโลกรัม	%	(ตัน/ชั่วโมง)
1. ข้าวเปลือก	74,808	3.117	1. ข้าวตัน	33,048	44.2	1.377
			2. ปลายใหญ่	4,584	6.1	0.191
			3. ปลายเล็ก	3,576	4.8	0.149
			4. ข้าวหัก	7,128	9.5	0.297
			5. แกลบ	18,336	24.5	0.764
			6. รำหยาบ	1,152	1.5	0.048
			7. รำละเอียด	6,912	9.2	0.288
			8. สิ่งเจือปน	72	0.1	0.003
			9.			
			10.			
			11.			
รวมมวลสารขาเข้า	74,808	3.117	รวมมวลสารขาออก	74,808	100	3.117

สรุปปัญหา

- จากผลการทำสมดุลมวล โรงสีข้าวสีข้าวได้ข้าวตัน 44.2% และข้าวรวม 64.6% แสดงให้เห็นว่าโรงสีข้าวสีข้าวได้ปริมาณข้าวตันต่ำ ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากข้าวเปลือกที่เข้าสู่กระบวนการสีข้าวมีคุณภาพต่ำ ประกอบกับเครื่องจักรในโรงสีข้าวมีจำนวนมากและสลับซับซ้อน ส่งผลให้การสัมผัสของข้าวกับเครื่องจักรมีปริมาณมาก จึงเกิดการแตกหักสูง

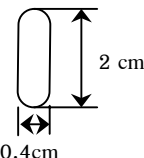
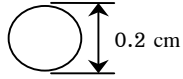
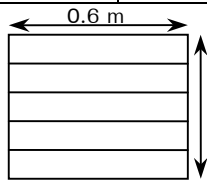
2) การตรวจประเมินหาสาเหตุของการสูญเสีย

เป็นการตรวจประเมินเครื่องจักรที่สำคัญของกระบวนการสีข้าวตามขั้นตอนของการผลิตพร้อมทั้งเก็บตัวอย่างผลผลิตที่ได้ ตั้งแต่ตะแกรงทำความสะอาดจนถึงเครื่องขัดขาว รวมถึงการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรโดยบันทึกตารางที่ 5-6

ตารางที่ 5-6 การตรวจประเมินหาสาเหตุของการสูญเสีย

ส่วนที่ 1 ด้านการผลิต

1.1 ทำความสะอาดข้าวเปลือก (ตะแกรงสั่น)

ข้อมูลวันที่		ตะแกรงหมายเลขที่	
ขนาดมอเตอร์ตะแกรงสั่น		3	แรงม้า
การกินกระแส		3	แอมป์
ความชื้นข้าวเปลือกเข้า		14	%RH
กำลังการผลิต		5	ตันต่อชั่วโมง
• ข้าวเปลือกเข้า		3.117	ตันต่อชั่วโมง
• ข้าวเปลือกออก		3.114	ตันต่อชั่วโมง
• ล้างเจือปนหนัก (ฟางข้าว)		0.001	ตันต่อชั่วโมง
• ข้าวลีบ		0.002	ตันต่อชั่วโมง
• ฝุ่นละออง/ปลายดิน/ขี้ล้าปน		0.001	ตันต่อชั่วโมง
ขนาดของตะแกรง		ขนาดรูตะแกรงบน 	ขนาดรูตะแกรกล่าง 
ความเร็วลมของนกกะจอก	 ขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.27 ตร.ม.		3.0 เมตร/วินาที
เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ	0.6 เมตร	อัตราการไหลของลม	0.95 ลบ.ม./วินาที
มุมเอียงของตะแกรงสั่น		10	องศา
ความสามารถในการดูดฝุ่น	☐ หหมด ☒ ไม่หหมด		
สภาพโดยทั่วไปของตะแกรงสั่น	☐ สภาพปกติ		
	☒ ไม่ได้รับการดูแลที่ดี (มีฟางล้นตะแกรง)		
	☒ ขาดต้องซ่อม		
	☐ ควรเปลี่ยนตะแกรงใหม่		

• ประสิทธิภาพตะแกรงสั่น

วันที่	เวลา	ข้าวเปลือก		สิ่งปลอมปน		
		ข้าวเปลือก (%)	สิ่งปลอมปน (%)	ปริมาณสิ่งปลอมปน (%)		ข้าวเปลือกที่ปน (%)
				เศษใหญ่ (ฟางข้าว)	ฝุ่นละออง (ปลายดิน/ขี้ล้าปน)	
1.	1. 08:00	99	0.1	0.08	0.02	0
	2. 14:00					
	3. 20:00					
2.	1. 08:00	99	0.1	0.07	0.03	0
	2. 14:00					
	3. 20:00					
3.	1. 08:00	98	0.2	0.15	0.05	0
	2. 14:00					
	3. 20:00					
เฉลี่ย		99	0.1	0.1	0.03	0

หมายเหตุ : การกระจายตัวของข้าว

☐ ดี
☒ ไม่ดี

สรุปปัญหา

- โรงสีข้าวส่วนใหญ่นิยมใช้อัตราการป้อนข้าวเปลือกสูง และปรับมุมเอียงตะแกรงให้มีความชันมาก เพื่อให้ได้อัตราการผลิตสมดุลกับเครื่องจักรอื่นๆ ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ สิ่งเจือปนยังคงปนกับข้าวเปลือกเข้าสู่กระบวนการสีข้าว ซึ่งอาจเกิดความเสียหายต่อเครื่องจักร และก่อให้เกิดฝุ่นละอองฟุ้งกระจาย

1.2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
เครื่องกะเทาะหมายเลข	1	ยี่ห้อ	
ขนาดมอเตอร์ที่ใช้		7.5	แรงม้า
การกินกระแส		7 – 8	แอมป์
กำลังการผลิต		2	ตันต่อชั่วโมง
อัตราการกะเทาะข้าวเปลือกเฉลี่ย		80 – 90	เปอร์เซ็นต์
ชนิดของลูกยางที่ใช้		☒ แข็ง สี _____ ☐ อ่อน สี _____	
ขนาดลูกยาง (เส้นผ่าศูนย์กลาง × ความกว้างลูกยาง)		10 x 10	นิ้ว
ความเร็วรอบลูกยาง	ลูกเร็ว	1,090	RPM
	ลูกช้า	837	RPM
อุณหภูมิลูกยาง	ลูกเร็ว	85	องศาเซลเซียส
	ลูกช้า	85	องศาเซลเซียส
การฟักลูกยาง	☒ ไม่มี ☐ มี โดย _____		
การสลับลูกยาง	☒ ไม่มี ☐ มี โดย _____		
ระยะเวลาการเปลี่ยนลูกยาง		150 – 200	ตันต่อคู่

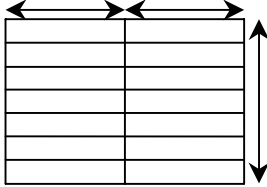
• ประสิทธิภาพเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

วันที่	เวลา	ขาเข้า					ขาออก				
		อุณหภูมิ ข้าว (°C)	ข้าวเปลือก (%)	ข้าว เต็มเมล็ด (%)	ข้าวหัก (%)	แกลบ (%)	อุณหภูมิ ข้าว (°C)	ข้าวเปลือก (%)	ข้าว เต็มเมล็ด (%)	ข้าวหัก (%)	แกลบ (%)
1.	1. 08:00	25	97.6	0	0	2.4	31	11.5	67.9	0.1	20.5
	2. 14:00	30					34				
	3. 22:00	25					31				
2.	1. 08:00	25	96.7	1.3	0.1	2.0	30	10.2	68.2	0.5	21.1
	2. 14:00	28					28				
	3. 22:00	26					32				
3.	1. 08:00	25	97.8	0.1	0.2	2.1	32	10.9	67.5	0.8	20.8
	2. 14:00	28					30				
	3. 22:00	28					35				
เฉลี่ย											

สรุปปัญหา

- โรงสีข้าวส่วนใหญ่ให้ความสำคัญเฉพาะอัตราการกะเทาะข้าวเปลือก โดยขาดการดูแลการใช้ลูกยางกะเทาะที่เหมาะสม คือขาดการฟักลูกยาง สลับลูกยาง และการใช้ลมดูดในห้องกะเทาะเพื่อลดฝุ่นและระบายความร้อน รวมทั้งไม่มีการจดบันทึกการใช้ลูกยางกะเทาะ ทำให้ยากต่อการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

1.3 เครื่องแยกแกลบ (ตู่สีฝัด) + ตะแกรงเหียงข้าวกาก

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
ตู่สีฝัดหมายเลข			
กำลังการผลิต	3	ตันต่อชั่วโมง	
• ข้าวเข้า	3	ตันต่อชั่วโมง/เครื่อง	
• ข้าวเปลือก+ข้าวกล้องออก	1.9	ตันต่อชั่วโมง/เครื่อง	
• ข้าวเปลือกออก	0.4	ตันต่อชั่วโมง/เครื่อง	
• แกลบออก	0.7	ตันต่อชั่วโมง/เครื่อง	
ความเร็วลมตู่สีฝัด (เมตร/วินาที) 2.8	 ขนาดพื้นที่หน้าตัด 1.65 ตร.ม.		
ตะแกรงเหียงข้าวกากมีท่อดูดฝุ่นหรือไม่	☒ ไม่มี ☐ มี ขนาดท่อ _____ ตร.ม. ความเร็วลม _____ เมตร/วินาที		
การตกหล่นของข้าว	☐ ไม่มี ☒ มีบริเวณ หน้าตู่		

• ประสิทธิภาพเครื่องแยกแกลบ (ตู่สีฝัด)

วันที่	เวลา	ข้าวเปลือก (%)			ข้าวเปลือก-ข้าวกล้อง (%)			แกลบ (%)		
		ข้าวเปลือก	ข้าวกล้องที่ปน	แกลบที่ปน	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	แกลบที่ปน	แกลบ	ข้าวกล้องที่ปน	ข้าวเปลือกที่ปน
1.	08:00	8.8	0.5	0.1	2.6	67.4	0.3	20.3	0.1	0
	14:00									
	22:00									
2.	08:00	8.9	0.4	0	1.3	67.8	0.8	20.8	0.5	0
	14:00									
	22:00									
3.	08:00	9.8	0.6	0.	1.1	67.5	0.1	20.9	0.1	0
	14:00									
	22:00									
เฉลี่ย										

สรุปปัญหา

- การกระจายข้าวลงตู่สีฝัดไม่เต็มพื้นที่หน้าตัด ทำให้ลมดูดไม่สม่ำเสมอ เกิดการสูญเสียข้าวหักปนไปกับแกลบ และมีแกลบหลงเหลือปนไปกับข้าว ส่งผลต่อประสิทธิภาพการคัดแยกของตะแกรงโยก
- ปริมาณลมดูดแกลบจากตู่สีฝัด ที่ส่งไปยังเก็บหรือกองเก็บนอกอาคาร มักก่อให้เกิดปัญหาฝุ่นฟุ้งกระจายเป็นบริเวณกว้าง

1.4 เครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง (ตะแกรงโยก)

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
เครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องหมายเลข	1 / 1		
ขนาดมอเตอร์ที่ใช้	10	แรงม้า	
การกินกระแส	2	แอมป์	
กำลังการผลิต	2.5	ตันต่อชั่วโมง	
• ข้าวเข้า	2.5	ตันต่อชั่วโมง	
• ข้าวเปลือกออก	2.3	ตันต่อชั่วโมง	
• ข้าวกล้องออก	0.2	ตันต่อชั่วโมง	
ลักษณะของหีบ	☒ ไม้ ☐ โลหะ		
จำนวนช่องแยก (ชั้น x ช่องต่อชั้น)	20 x 3		
ความถี่ของการสั่น	250	ครั้ง/นาที	
องศาของตะแกรงโยก	4	องศา	

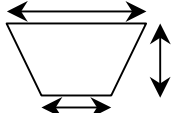
• ประสิทธิภาพเครื่องแยกข้าวเปลือก-ข้าวกล้อง (ตะแกรงโยก)

วันที่	เวลา	ขาเข้า		ขาออก				
		ข้าวเปลือก-ข้าวกล้อง (%)		ข้าวเปลือก (%)			ข้าวกล้อง (%)	
		ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง ที่ปน	แกลบที่ปน	ข้าวกล้อง	ข้าวเปลือก ที่ปน
1.	1.	13.8	85.6	13.7	2.8	0.6	82.8	0.1
	2.							
	3.							
2.	1.	11.7	87.8	11.7	5.6	0.5	82.2	0
	2.							
	3.							
3.	1.	15.0	84.6	15.0	4.8	0.4	79.8	0
	2.							
	3.							
เฉลี่ย								

สรุปปัญหา

- โรงสีข้าวนิยมปรับตะแกรงโยกให้สามารถแยกได้ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซนต์ แต่ข้าวเปลือกที่กลับไปกะเทาะจะมีข้าวกล้องปนมาก

1.5 เครื่องขัดขาว

ข้อมูลวันที่		พันธุ์ข้าว / แหล่งที่มา	
หมายเลขเครื่องขัดขาว	1/1		
ขนาดมอเตอร์ที่ใช้	20 แรงม้า	การกินกระแส	17 แอมป์
กำลังการผลิต		3	ตันต่อชั่วโมง
• ข้าวเข้า		2.3	ตันต่อชั่วโมง
• ข้าวขาวออก		2.0	ตันต่อชั่วโมง
• รำออก		0.3	ตันต่อชั่วโมง
ขนาดลูกหินขัด			
ความเร็วรอบของลูกหิน	250 RPM	ความเร็วเชิงเส้นที่ผิว	10.5 เมตร/วินาที
ความถี่ในการหล่อหิน	7 – 8 เดือนต่อครั้ง	ความหนาของหินหล่อ	1 นิ้ว

• ประสิทธิภาพเครื่องขัด

วันที่	เวลา	ขาเข้า		ขาออก	
		อุณหภูมิข้าว (°C)	ความชื้น (%)	อุณหภูมิข้าว (°C)	ความชื้น (%)
1.	08:00	34	13.8	40	13.6
	14:00	35	14.0	43	13.8
	22:00	32	13.8	41	13.8
2.	08:00	33	14.0	45	13.7
	14:00	34	14.0	45	14.0
	22:00	30	13.8	40	13.8
3.	08:00	35	13.9	46	13.6
	14:00	35	14.0	45	13.8
	22:00	32	14.0	43	13.9
เฉลี่ย					

• คุณภาพข้าว (เครื่องขัดขาว)

วันที่	เวลา	ขาเข้า					ขาออก						
		% ความขาว	% ความโปร่งใส	Milling Degree	ข้าวเข้า (%)		% ความขาว	% ความโปร่งใส	Milling Degree	ข้าวออก (%)		รำออก (%)	
					เต็มเมล็ด	ข้าวหัก				เต็มเมล็ด	ข้าวหัก	รำ	ข้าวปน
1.	1.	30.3	0.2	0	89.5	10.5	48.4	1.2	128	66.1	21.7	12.2	0
2.	2.	33.3	0.4	0	90.5	9.5	53.1	1.2	157	67.5	19.4	13.1	0
3.	3.	32.8	0.4	0	86.7	13.3	50.1	1.2	145	64.8	23.4	11.8	0
เฉลี่ย													

สรุปปัญหา

– โรงสีข้าวสูญเสียเนื้อแป้งไปกับรำจากการขัดข้าวให้ได้ความขาวสูง และทำให้ข้าวแตกหักเพิ่มขึ้น

ส่วนที่ 2 ด้านการใช้พลังงาน

2.1 รายละเอียดหม้อแปลงไฟฟ้า

รายการ		รายละเอียด
1. หม้อแปลงไฟฟ้า	พิกัด	300 เควีเอ
	Power factor	0.9
	แรงดันด้านสูง	22 กิโลโวลต์
	แรงดันด้านต่ำ	380/240 โวลต์
	ระบบระบายความร้อน	ธรรมชาติ
	ปีที่ติดตั้ง	1996
	Impedance	-
	Primary amp	10
	Secondary amp	200
	จำนวนเฟส	3
	จำนวนสาย	4
2. Capacitor	ขนาด	15 กิโลวาร์
	จำนวน	6 ชุด

2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร

วันที่ทำการตรวจวัด _____

ลำดับ	เครื่องจักร	รหัสเครื่อง /ยี่ห้อ	ชั่วโมงการ เดินเครื่อง ต่อวัน	ขนาด แรงม้า (hp)	การกิน กระแส (Amp)	ความ เร็วรอบ (rpm)	กำลัง ไฟฟ้า (kW)	ตัวประกอบ ภาระของ มอเตอร์ (%)	พลังงานไฟฟ้า ที่ใช้ต่อวัน (kWh)	สัดส่วน (ร้อยละ)
1	ตะแกรงทำความสะอาด	-	24	3	1.7	1440	1.1	49.2	26.4	1.78
2	กะเพาะ	1	24	7.5	5.0	138	3.3	59.0	79.2	5.35
3	ตู้อบ	-	24	20	13.5	1456	8.9	59.7	213.6	14.42
4	ตะแกรงโยก	-	24	7.5	2.3	1436	1.5	26.8	36.0	2.43
5	เครื่องขัดขาว	1/1	24	20	14.4	1451	9.5	63.7	228.0	15.40
6	เครื่องขัดขาว	1 /2	24	20	14.4	1448	9.5	63.7	228.0	15.40
7	เครื่องขัดขาว	2/1	24	20	14.2	1440	9.3	62.3	223.2	15.07
8	เครื่องขัดขาว	2/2	24	20	14.5	1441	9.6	64.3	230.4	15.56
9	เครื่องขัดขาว	3	24	20	13.6	1450	9.0	60.3	216.0	14.59
10										

สรุปปัญหา

- จากการตรวจวัด จะเห็นว่าตัวประกอบภาระของมอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ในกระบวนการสีข้าวมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 75 แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรบางส่วนใช้งานต่ำกว่าขีดการติดตั้ง สามารถปรับปรุงโดยใช้แนวทางการจัดการวิธีการทำงานตามเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และแนวทางการปรับเปลี่ยนเครื่องจักรมาใช้เพื่อให้ค่าตัวประกอบภาระการทำงานอยู่ในระดับมาตรฐานได้
- เครื่องจักรที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดและมีค่าตัวประกอบภาระของมอเตอร์ต่ำ สามารถปรับปรุงเพื่อให้เกิดผลการประหยัดได้ดีกว่า

2.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการสีข้าว

รายละเอียด		วันที่/เวลา		ค่าเฉลี่ย
		ครั้งที่ 1 (24 ชั่วโมง)	ครั้งที่ 2 (24 ชั่วโมง)	
		-----	-----	
แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย (โวลต์)	U1	368.7	370.1	-
	U2	369.1	370.5	-
	U3	369.5	368.2	-
กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย (แอมแปร์)	I1	201.8	202.5	-
	I2	200.1	198.7	-
	I3	199.8	203.1	-
เพาเวอร์แฟคเตอร์	PF1	0.78	0.79	-
	PF2	0.79	0.77	-
	PF3	0.78	0.80	-
ความถี่ (เฮิรซ์)		50.01	50.01	-
พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	P1	35.51	34.18	-
	P2	33.69	32.73	-
	P3	33.25	34.5	-
	รวม	103	101	102
ความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุด (กิโลวัตต์)		158	156	158 (ค่าสูงสุด)

สรุปปัญหา

- แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยบ่งบอกให้ทราบว่าควรปรับปรุงหม้อแปลงไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของโหลดหรือไม่
- ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะช่วยบ่งบอกถึงโอกาสหรือความจำเป็นในการปรับปรุงเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า (กรณีค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำกว่า 0.85)
- ในการทำงานวันละ 24 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบภาระ (พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย*100/ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด) ที่เหมาะสมมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หากค่าตัวประกอบภาระต่ำ จะชี้ให้เห็นว่าโรงงานควรมีการปรับปรุง โดยการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดตามแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

3) การสร้างข้อเสนอวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

เมื่อทราบประเด็นปัญหาในแต่ละกระบวนการผลิตแล้ว จะทำการระดมความเห็นเพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสม โดยอาศัยประสบการณ์ เอกสารตำราทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด ดังตัวอย่างผลการตรวจประเมินละเอียดของโรงสีข้าวในตารางที่ 5-7

ตารางที่ 5-7 ตัวอย่างผลการตรวจประเมินละเอียดของโรงสีข้าว

กระบวนการผลิต	ปัญหาและการสูญเสีย	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต	การดำเนินการ	
			ดำเนินการได้ทันที	ต้องศึกษาเพิ่มเติม
1. ทำความสะอาดข้าวเปลือก	- ข้าวเปลือกปนไปกับดอกหญ้า/ปาล์สดิน 1% หรือประมาณ 0.02 กก./ชม.	- ตะแกรงชำรุด ต้องเปลี่ยนแผ่นตะแกรงสำหรับแนวทางป้องกัน ควรกำหนดแผนการตรวจสอบตะแกรงเป็นประจำ	✓	
2. กะเทาะข้าวเปลือก	- ข้าวแตกหักอยู่ในช่วง 4.9-5.4%	- ให้มีการพักลูกยางกะเทาะทุก ๆ 2-4 ชั่วโมง (ครั้งละประมาณ 5 นาที) เพื่อลดการแตกหักของข้าว	✓	
	- พิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่ติดตั้งสูงกว่าการใช้งานจริง	- กรณีจำเป็นต้องเปลี่ยนมอเตอร์ให้ลดขนาดมอเตอร์ลง	✓	
3. คัดแยกแกลบ	- ตู้สีฟัดมีแกลบปนออกมาประมาณ 8%	- เพิ่มปริมาณลมหน้าตู้สีฟัด	✓	
	- โรงสีใช้ระบบลมเพื่อลำเลียงแกลบไปยังถังเก็บแกลบ ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากพัดลมและยังเป็นการสูญเสียแกลบจากช่องระบายลมออกของถังเก็บแกลบ	- เลือกใช้เครื่องแยกแกลบระบบปิด ใช้สายพานลำเลียงแกลบหรือกะพ้อลำเลียงไปยังถังเก็บแกลบแทนการใช้ระบบลมส่ง		✓
4. คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง	- มีข้าวกล้องปนไปกับข้าวเปลือกกลับไปที่กะเทาะซ้ำ	- เพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง		✓
	- ชัดขาวครั้งที่ 1 มีการขัดมากทำให้ข้าวแตกหักและค่า Milling Degree สูง	- ลดแรงดันในห้องขัดขาวครั้งที่ 1 - ลดความเร็วรอบหินขัด		✓ ✓
	- ติดตั้งขนาดมอเตอร์เครื่องขัดขาวสูงกว่าที่ใช้งานจริง	- กรณีจำเป็นต้องเปลี่ยนมอเตอร์ให้ลดขนาดมอเตอร์ลง	✓	
5. การใช้ไฟฟ้าภายในร้านสี	- เครื่องจักรที่ใช้ในร้านสีมีค่าตัวประกอบภาระของมอเตอร์ เมื่อเทียบกับพิกัดการติดตั้งต่ำกว่า 75 %	- ปรับปรุงโดยการเพิ่มอัตราการผลิตให้สอดคล้องกับพิกัดติดตั้ง - ปรับเปลี่ยนขนาดพิกัดมอเตอร์ให้ลดลงสำหรับเครื่องจักรบางประเภท	✓	✓

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษาความเป็นไปได้

เมื่อได้วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตแล้ว ทีมงานจะต้องนำวิธีการหรือทางเลือกนั้นมาประเมินความเป็นไปได้ใน 3 ด้าน ได้แก่ การประเมินด้านเทคนิค การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์ และการประเมินด้านสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- **การประเมินด้านเทคนิค** ต้องประเมินความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคของวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตที่อาจเป็นผลกระทบต่อการบวนการผลิต อัตราการผลิต ช่วงเวลาหยุดการผลิต และคุณภาพของผลิตภัณฑ์

- **การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์** จะประเมินความคุ้มค่าของค่าใช้จ่ายในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ทั้งนี้ทีมงานจะต้องรวบรวมข้อมูลเพื่อคำนวณเงินลงทุน เงินค่าดำเนินการ รวมทั้งวิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับ ดังตารางที่ 5-8 เพื่อให้ผู้บริหารใช้ในการตัดสินใจและคัดเลือกทางเลือกในการแก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสมกับขีดความสามารถของโรงงานต่อไป

ตารางที่ 5-8 สำหรับประเมินด้านเศรษฐศาสตร์

ประเด็นปัญหา	ข้อเสนอเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	เงินลงทุน (บาท)	ผลที่ได้รับ (บาท/ปี)	ระยะเวลา คืนทุน (ปี)	หมายเหตุ
	ข้อเสนอที่ไม่ใช้เงินลงทุน				
	ข้อเสนอที่ใช้เงินลงทุน				

- **การประเมินด้านสิ่งแวดล้อม** การประเมินด้านสิ่งแวดล้อมเป็นการคาดการณ์ว่าเมื่อดำเนินการปรับปรุงแล้วจะสามารถลดมลพิษที่เกิดขึ้นจากกระบวนการต่างๆ ได้มากน้อยเพียงใดอยู่ในเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนดหรือไม่

ทีมงานสามารถสรุปประเด็นปัญหาในแต่ละวิธีการได้ในตารางที่ 5-9

ตารางที่ 5-9 ตัวอย่างแบบฟอร์มสรุปผลการประเมิน

ประเด็น	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิต/การป้องกันมลพิษ	ความเป็นไปได้ ทางเทคนิค	ความเป็นไปได้ทาง เศรษฐศาสตร์		ความเป็นไปได้ทาง สิ่งแวดล้อม
			เงินลงทุน	ค่าใช้จ่ายที่ ประหยัดได้	
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น และเปอร์เซ็นต์ข้าวรวม	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตที่ 1	มาก/ปานกลาง /น้อย			ลดฝุ่นละออง ได้_____ต่อปี
	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตที่ 2	มาก/ปานกลาง /น้อย			ลดฝุ่นละออง ได้_____ต่อปี
2. การใช้ไฟฟ้า	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตที่ 1	มาก/ปานกลาง /น้อย			ลดการใช้ไฟฟ้า ได้_____ต่อปี
	วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ การผลิตที่ 2	มาก/ปานกลาง /น้อย			ลดการใช้ไฟฟ้า ได้_____ต่อปี

ขั้นตอนที่ 5 การนำไปปฏิบัติและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

เมื่อได้วิธีการป้องกันมลพิษ/ทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ผ่านการประเมินความเป็นไปได้ว่าเหมาะสมในการนำมาปฏิบัติใช้ และได้ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงตามทางเลือกที่ทีมงานได้นำเสนอไปแล้วนั้น ทีมงานยังมีหน้าที่ในการตรวจติดตามว่าทางเลือกที่ได้ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงไปแล้วนั้นสามารถให้ผลตามที่ทีมงานได้ประเมินความเป็นไปได้ไว้มากน้อยเพียงใด มีอุปสรรคหรือปัญหาอื่นใดเกิดขึ้นอีกหรือไม่ หากมีปัญหาก็สามารถแก้ไขได้อย่างไร แต่หากการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงให้ผลตามที่ทีมงานได้ประเมินไว้ ทีมงานควรตรวจหาประเด็นการสูญเสียหรือประเด็นปัญหาอื่นๆ เพิ่มเติมอยู่เสมอเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในโรงงานตลอดไป

ภาคผนวก ก. กระบวนการผลิต

กระบวนการสีข้าว เป็นกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร ประกอบด้วย ขั้นตอนการกะเทาะข้าวเปลือก การขัดข้าว และการแยกข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักออกจากกัน ข้าวเต็มเมล็ดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการสีข้าวที่มีราคาสูงที่สุด คุณภาพหรือประสิทธิภาพการสีข้าวของโรงสีข้าวจึงพิจารณาจากข้าวเต็มเมล็ดเป็นหลัก ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จากโรงสีข้าว ขึ้นกับพันธุ์ข้าว วิธีการปลูกข้าว วิธีการเก็บเกี่ยวข้าว การลดความชื้นข้าวเปลือก การเก็บรักษาข้าวเปลือก และการสีข้าว

1. กระบวนการสีข้าว

กระบวนการสีข้าวประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ
8 ขั้นตอน คือ

1.1 การลดความชื้นข้าวเปลือก

คือกระบวนการลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหมาะสมสำหรับการสีข้าวและได้เปอร์เซ็นต์ข้าวตันสูง ความชื้นของเมล็ดข้าวแสดงได้ 2 แบบ คือ

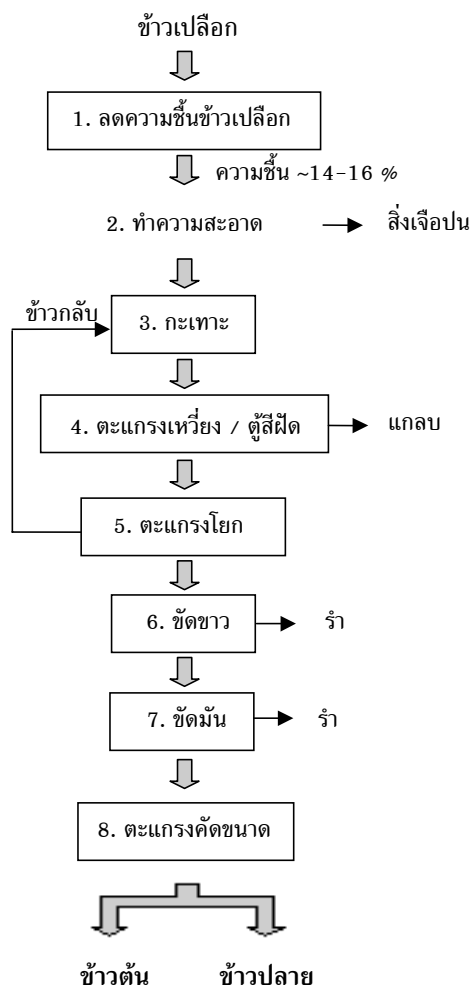
- ความชื้นมาตรฐานเปียก ความชื้นแบบนี้นิยมใช้ในการค้า แสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ (รายงานฉบับนี้ จะอ้างอิงความชื้นมาตรฐานเปียกเป็นหลัก)

$$Mw = \frac{(w-d) \times 100}{w}$$

โดยที่ Mw คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, เปอร์เซ็นต์

w คือ มวลของวัสดุ, กิโลกรัม

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, กิโลกรัม



- ความชื้นมาตรฐานแห้ง นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎี เนื่องจากมวลของวัสดุแห้งจะมีค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง

$$Md = \frac{(w-d)}{d} \times 100$$

โดยที่ Md คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, เปอร์เซ็นต์

ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการสีข้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 12-14 เปอร์เซ็นต์ มาตรฐานเปียก (14-16 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง) วิธีการอบลดความชื้นแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีธรรมชาติ และวิธีทางกล วิธีทางธรรมชาติอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์โดยการตากลาน และวิธีทางกลมีอุปกรณ์ที่ใช้หลายรูปแบบตามประเภทของเครื่องอบ ส่วนประกอบของเครื่องอบโดยทั่วไปประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ห้องอบแห้ง ซึ่งมีทั้งแบบเมล็ดพืชอยู่กับที่และแบบเมล็ดเคลื่อนที่ 2) แหล่งกำเนิดความร้อน 3) พัดลมที่มีหน้าที่ดูดหรือส่งอากาศร้อน

สำหรับเครื่องอบข้าวเปลือกที่มีขายในประเทศไทย สามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ เครื่องอบแห้งแบบกระบะ เครื่องอบแห้งแบบข้าวเปลือกไหล เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไชด์เบด และเครื่องอบแห้งแบบถังหมุนเวียน (ขุนพล, 2544)

⇒ เครื่องอบแห้งแบบกระบะ

เครื่องอบแห้งแบบกระบะมีลักษณะการอบแห้งแบบเป็นงวด (Batch) อากาศอบแห้งมีอุณหภูมิประมาณ 49-71 องศาเซลเซียส ใช้อัตราการไหลเฉพาะของอากาศ 6-11 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรของเมล็ดข้าวเปลือก ชั้นข้าวเปลือกหนาประมาณ 1 เมตร ข้อดีคือ การจัดการง่าย ไม่ยุ่งยาก แต่ข้อเสียคือ เกิดการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึง ข้าวเปลือกที่อยู่ด้านล่างจะร้อนและแห้งมากกว่าส่วนที่อยู่ด้านบน ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นไม่สม่ำเสมอ โดยเฉพาะข้าวเมล็ดยาวแบบข้าวไทยจะมีโอกาสแตกหักได้ง่ายมาก เพราะตลอดเวลาการอบข้าวเปลือกจะไม่มีการพลิกตัว

⇒ เครื่องอบแห้งแบบข้าวเปลือกไหล

เครื่องอบแห้งแบบนี้ต่างจากเครื่องอบแห้งแบบข้าวเปลือกอยู่กับที่ ตรงที่ข้าวเปลือกมีการไหลในขณะที่ทำการอบแห้ง โดยทั่วไปข้าวเปลือกจะไหลจากบนลงล่างโดยแรงโน้มถ่วง อัตราการไหลของข้าวเปลือกขึ้นกับตัวควบคุมการไหล ซึ่งอาจใช้คนปรับโดยดูจากความชื้นเป็นตัวควบคุมการทำงานของตัวควบคุมการไหล ข้าวเปลือกที่แห้งแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการระเหยของน้ำน้อยลง เครื่องอบแห้งชนิดนี้สามารถแบ่งย่อยได้ คือ 1) **แบบไหลขวาง (Cross Flow Dryer)** และ 2) **แบบข้าวเปลือกไหลคลุกเคล้า (LSU)** เครื่องอบแห้งทั้งสองแบบนี้เหมาะกับงานในระดับกลางและใหญ่ เพราะใช้อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศสูง ทำให้การอบแห้งเป็นไปอย่างรวดเร็ว

1) เครื่องอบแห้งแบบไหลขวาง (Cross Flow Dryer)

ข้าวเปลือกจะไหลจากด้านบนลงด้านล่างผ่านช่องแคบซึ่งกว้างประมาณ 0.30–0.45 เมตร และไหลออกจากด้านล่างของเครื่องอบแห้งด้วยตัวควบคุมการไหล การไหลของข้าวเปลือกและอากาศจะมีทิศทางตั้งฉากกัน อัตราการไหลจำเพาะของอากาศอยู่ในช่วง 38–76 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรของเมล็ดข้าวเปลือก อัตราการไหลของข้าวเปลือกขึ้นอยู่กับตัวควบคุมการไหล ซึ่งติดตั้งอยู่ที่ส่วนล่างของเครื่องอบแห้ง ปัญหาของเครื่องอบแห้งชนิดนี้ เช่นเดียวกับเครื่องอบแห้งแบบเป็นวง คือการเกิดเกรเดียนต์ความชื้นในชั้นข้าวเปลือก แต่ข้าวเปลือกชื้นและแห้งบางส่วนจะผสมกันบริเวณทางออกของเครื่องอบแห้ง ทำให้ลดปัญหาดังกล่าวลงได้ ส่วนปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นเสมอคือการอุดตันที่ช่องทางออกของเครื่องอบแห้ง ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบตัวควบคุมการไหลอย่างสม่ำเสมอ

2) เครื่องอบแห้งแบบข้าวเปลือกไหลคลุกเคล้า (LSU)

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งเป็นถังทรงเหลี่ยมมีท่อลมเข้า และออกรูปสามเหลี่ยมขวางการไหลของเมล็ด ทำให้ข้าวเปลือกไหลเป็นแบบซิกแซ็ก ท่อลมเข้ามีลักษณะเปิดออกทางด้านหน้าและปิดทางด้านหลัง ส่วนท่อลมออกเป็นไปในลักษณะปิดด้านหน้าและเปิดให้ลมออกทางด้านหลัง การวางตำแหน่งท่อลมในแต่ละแถวจะวางสลับกัน ทำให้ข้าวเปลือกมีการคลุกเคล้ากันขณะอบแห้ง ข้าวเปลือกจะแห้งได้สม่ำเสมอขึ้น เนื่องจากข้าวมีการพลิกตัวตลอดเวลา เครื่องอบแห้งแบบ LSU ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดท่อลมขนานกัน และชนิดท่อลมเข้าและลมออกไขว้ตั้งฉากกัน สำหรับชนิดท่อลมเข้าและออกไขว้ตั้งฉากกัน การลงทุนจะแพงกว่า แต่ข้าวพลิกตัวได้ 3 มิติ ทำให้อบได้สม่ำเสมอและช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้ตัวถัง

⇒ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิดไชด์เบด (Fluidized Bed Dryer)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนมีค่าสูง ข้าวเปลือกจะถูกเป่าด้วยอากาศร้อนความเร็วสูงจนเอาชนะแรงโน้มถ่วงของข้าวเปลือก ทำให้ข้าวเปลือกลอยอยู่ในอากาศได้ มีลักษณะเหมือนของไหล จากการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเทคนิคฟลูอิดไชด์ พบว่าอัตราส่วนความชื้นของข้าวเปลือกในเบดเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก่อนไหลเข้าเบด และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ จากผลการทดลองสรุปว่าอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเบดไม่ควรสูงกว่า 115°C เพื่อป้องกันการเกิด Gelatinization Effect และเพื่อหลีกเลี่ยงการแตกหักของข้าว ควรจำกัดความชื้นสุดท้ายของข้าวเปลือกไม่ให้ต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานเปียก)

⇒ เครื่องอบแห้งแบบถังหมุนเวียน (Recirculating Batch Dryer)

เครื่องอบแห้งชนิดนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน คือส่วนอบแห้ง (Drying Section) ถังพัก (Tempering Bin) อุปกรณ์ลำเลียง (Conveying Apparatus) เตากำเนิดความร้อน (Burner) และพัดลม (Fan) การทำงานเริ่มจากการลำเลียงข้าวเปลือกความชื้นสูงด้วยกะป้อลำเลียง (Bucket Elevator) ไปยังด้านบนของเครื่องผ่านจานกระจายข้าว (Distributor) เพื่อให้ข้าวมีการกระจายตัว เมื่อบรรจุข้าวเต็มถังจึงเปิดเครื่องทำงานตั้งอุณหภูมิของอากาศร้อน หรือตั้งค่าความชื้นที่ต้องการ เมื่อเครื่องเริ่มทำงานข้าวเปลือกจะเริ่มเคลื่อนเข้าช่องข้าว พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกผ่านเตากำเนิดความร้อนเป็นอากาศร้อนไหลผ่านช่องข้าวอบแห้งเพื่ออบแห้งข้าวเปลือกชั้นข้าวเปลือกเคลื่อนที่ออกด้วยอุปกรณ์ลำเลียงแบบเพลารอติว (Rotary Vane Discharge) ซึ่งติดตั้งอยู่ใต้ช่องข้าวเปลือกทั้ง 4 ช่อง ข้าวเปลือกหลังจากเคลื่อนที่ไหลผ่านตะแกรงในส่วนอบแห้งแล้ว จะถูกลำเลียงออกส่งต่อไปให้อุปกรณ์ลำเลียงแบบสกรู (Auger) หรือแบบรางเขย่า (Vibrator)

1.2 ขั้นตอนการทำความสะอาด

ข้าวเปลือกที่มีความชื้นประมาณ 14-16 เปอร์เซ็นต์ จะถูกทำความสะอาดเพื่อกำจัด ฟาง กรวด หิน ดิน ทราย หรือสิ่งสกปรกต่างๆ ออกจากข้าวเปลือก เครื่องจักรที่ใช้ทำความสะอาดมี 4 แบบ คือ

- เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรง มีหน้าที่ทำความสะอาดข้าวเปลือก ป้องกันไม่ให้สิ่งเจือปนทำความเสียหายต่อเครื่องสีข้าว โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันระหว่างข้าวเปลือก และสิ่งเจือปน ชุดทำความสะอาดข้าวเปลือกประกอบด้วยชุดพัดลมทำหน้าที่ดูดฝุ่นที่มีขนาดเล็ก รวมถึงเมล็ดข้าวลีบออกบริเวณช่องทางเข้าเครื่องเป็นลำดับแรก ข้าวเปลือกและสิ่งที่หนักจะตกลงสู่ชุดตะแกรงเอียง จำนวน 2 ชั้น และสั่นตามทิศทางของตะแกรงเอียง ตะแกรงบนลักษณะเป็นตาข่ายทำหน้าที่คัดแยกสิ่งที่เจือปนขนาดใหญ่ เช่น ฟาง เศษเชือก และใบข้าว ข้าวเปลือกจะลอดผ่านตะแกรงบนลงสู่ตะแกรงชั้นที่ 2 ซึ่งมีรูตะแกรงเล็กจะดักข้าวเปลือกไว้ โดยปล่อยให้สิ่งเจือปนขนาดเล็กลอดผ่านไป ข้อเสียของเครื่องทำความสะอาดชนิดนี้คือ ไม่สามารถแยกเมล็ดวัชพืช เศษดิน หรือเศษหิน ที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงข้าวเปลือก

- เครื่องทำความสะอาดแบบตะแกรงหมุน ประกอบด้วยชุดลมดูด/เป่า เพื่อแยกเอาฝุ่นหรือสิ่งเจือปนน้ำหนักเบา เช่น ข้าวเมล็ดลีบออกไปก่อน ข้าวเปลือกจะไหลลงสู่ลูกกลิ้งทรงกระบอกวางแนวนอน ผิวของลูกกลิ้งมีลักษณะเป็นช่องขนาดเล็กทำหน้าที่แยกสิ่งเจือปนขนาดเล็กแต่หนักออก ข้าวเปลือกที่เหลือจะตกลงสู่ลูกกลิ้งตะแกรงล่างซึ่งมีขนาดช่องที่ข้าวเปลือกสามารถลอดผ่านได้ สิ่งเจือปนที่ใหญ่กว่าข้าวเปลือกจะถูกกักไว้และแยกออกไปอีกทาง

- เครื่องแยกหิน ใช้หลักการของความแตกต่างระหว่างน้ำหนักของข้าวเปลือกและเศษหิน โดยอาศัยลมในการเป่า ภายในเครื่องประกอบด้วยตะแกรงเอียงที่มีข้อเหวี่ยง เคลื่อนที่กลับไปกลับมาตามทิศทางการเอียงของตะแกรง ลมที่เป่าจากพัดลมที่ติดตั้งทางด้านล่างจะทำให้ข้าวเปลือกลอยขึ้นจากตะแกรง และไหลลงสู่ด้านท้ายของตะแกรง ส่วนเศษหินจะเคลื่อนตัวขึ้นด้านบนของตะแกรง ซึ่งมีพัดลมอีกตัวหนึ่งคอยดูดข้าวที่อาจติดมากับเศษหินให้แยกออกไปอีกครั้งหนึ่ง

- เครื่องแยกเศษเหล็ก แม่เหล็กอาจติดตั้งกับกะป้อลำเลียง หรือชุดเครื่องทำความสะอาด เครื่องแยกเศษเหล็กมีอยู่หลายแบบ เช่น แม่เหล็กถาวรแบบทรงกระบอก มีแม่เหล็กถาวรรูปครึ่งวงกลมอยู่ด้านใน ทำงานโดยกระบอกจะหมุนอยู่ตลอดเวลา และมีข้าวโปรยจากทางด้านบนของกระบอก ทำให้เศษเหล็กที่ปนมาถูกแรงดูดติดกับผิวทรงกระบอกเนื่องจากแม่เหล็ก แต่เมื่อกระบอกเคลื่อนที่ผ่านแม่เหล็กครึ่งวงกลมเศษเหล็กจะหลุดและแยกออกไปอีกทาง

1.3 ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก

ขั้นตอนนี้ข้าวเปลือกที่สะอาดจะถูกลำเลียงมายังเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก สิ่งที่ได้จากขั้นตอนกะเทาะ คือ ข้าวกลิ้ง รำหยาบ และแกลบ (ประมาณ 20-24 เปอร์เซ็นต์ของข้าวเปลือก) นอกจากนี้ยังมีข้าวเปลือกที่ไม่ผ่านการกะเทาะ และข้าวหักเนื่องจากการกะเทาะปนออกมาด้วย เครื่องกะเทาะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบลูกยาง (Rubber Roll Husker) ซึ่งนิยมใช้มากที่สุด และแบบไม้หินแนวนอน (Under Runner Disc Husker)

- เครื่องกะเทาะแบบไม้หิน อาศัยหลักการกดและบีบของไม้หินเพื่อกะเทาะเปลือก โดยมีข้าวเปลือกอยู่ระหว่างกลางของจานหินไม้ ระยะห่างระหว่างจานไม้หินน้อยกว่าความยาวของข้าวเปลือกเล็กน้อย จานบนยึดติดกับโครง ตรงกลางเป็นช่องว่างให้ข้าวเปลือกไหลลงมา จานล่างจะหมุน ข้าวเปลือกที่ร่วงสู่จานล่างจะถูกทำให้ตั้งขึ้นด้วยแรงหมุนและเคลื่อนที่ออกจากจุดศูนย์กลางผ่านหน้าหินขัด ส่วนบนของข้าวเปลือกที่สัมผัสกับไม้หินจะถูกกดให้เปลือกหลุดออก

- เครื่องกะเทาะแบบลูกยาง เป็นแบบที่นิยมและแพร่หลายในปัจจุบัน สามารถลดปัญหาการแตกหักของข้าว อาศัยหลักการบีบและดึงให้เปลือกแยกออกโดยลูกกลิ้งมีอัตราการหมุนต่างกัน หรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกกลิ้งต่างกัน โดยทั่วไปนิยมใช้ลูกยางที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันเนื่องจากสะดวกในการทดแทนอะไหล่ ลูกกลิ้งหรือลูกยางจะหมุนทิศทางตรงข้ามกัน โดยมีข้าวเปลือกไหลลงตรงกลางระหว่างลูกยางซึ่งจะถูกกะเทาะออกเป็นข้าวกลิ้ง แกลบ และรำหยาบ โดยมีข้าวเปลือกบางส่วนที่ไม่ถูกกะเทาะปนออกมาด้วย

1.4 ขั้นตอนการแยกแกลบ

ข้าวเปลือกที่ผ่านการกะเทาะจะลำเลียงมายังเครื่องแยกแกลบ เพื่อแยกแกลบและรำหยาบออกจากข้าวโดยอาศัยแรงลม บางครั้งจะมีตะแกรงเหวี่ยงซึ่งมีหลายชั้นและขนาดของรูตะแกรงแต่ละชั้นแตกต่างกัน ทำหน้าที่คัดแยกข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวหักออกจากกันเพื่อให้ง่ายต่อการแยกแกลบ

- เครื่องแยกแกลบแบบลมดูดและตะแกรงเหวี่ยง ประกอบด้วยตะแกรง 2 ขนาด ทำหน้าที่แยกรำหยาบและฝุ่นออกก่อนและแยกข้าวหักออกจากข้าวกล้องอีกชั้นหนึ่ง จากนั้นแกลบจะถูกดูดออกไป

- เครื่องแยกแกลบบระบบปิด อาศัยลมดูดแกลบและเมล็ดข้าวที่ไม่สมบูรณ์ออกจากข้าวเปลือกและข้าวกล้อง ลมจะหมุนเวียนภายในลักษณะคล้ายไซโคลน จึงเรียกว่าระบบปิด ทางออกของเครื่องแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ ทางออกข้าวกล้องและข้าวเปลือก ทางออกเมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ และช่องทางออกแกลบ ซึ่งจะไม่สามารถแยกรำหยาบและฝุ่นละอองจึงควรติดตั้งตะแกรงแยกฝุ่น รำและปลายข้าวก่อนผ่านเข้าสู่เครื่องแยกแกลบ

- ตุ้สัฝัฝ ลักษณะเป็นตุ้สัฝัฝเหลี่ยมผืนผ้า ด้านบนแบ่งเป็นช่องทางเข้าสำหรับข้าวจากที่คัดแยกโดยตะแกรงเหวี่ยง ด้านหน้าของตุ้สัฝัฝแบ่งเป็นช่องเท่ากับช่องทางเข้าด้านบน แต่ละช่องมีไม้วางเป็นมุมเอียงสลับกัน (หน้าซิกแซ็ก) เมื่อข้าวผสมผ่านเข้ามาจะมีลมดูดเอาส่วนที่มีน้ำหนักเบาออกไปด้วยพัดลมที่ติดตั้งด้านท้ายของตุ้

1.5 ขั้นตอนการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง

ข้าวเปลือกที่หลงเหลือจากขั้นตอนกะเทาะและผ่านการแยกแกลบออกแล้ว จะไหลรวมกับข้าวกล้องและผ่านเข้าสู่เครื่องแยก โดยอาศัยความแตกต่างของลักษณะจำเพาะระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือก เช่น ความถ่วงจำเพาะ ขนาดความยาว ความหนา และข้าวเปลือกมีการลอยตัวมากกว่าข้าวกล้อง เครื่องแยกแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

- ตะแกรงโยกแบบซิกแซ็ก ออกแบบโดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะและการลอยตัวที่ต่างกันระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือก ภายในจะมีแผ่นเหล็กกันเป็นช่องแบบฟันปลา ตัวตะแกรงวางเฉียง โดยมีข้าวปล่อยลงตรงกลางของแนวช่องซิกแซ็ก การโยกของตะแกรงเคลื่อนที่ไปมาทางด้านซ้าย-ขวา ข้าวเปลือกจะไหลออกทางด้านบน ส่วนข้าวกล้องที่มีลักษณะสั้นกว่าและความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะไหลลงด้านล่าง

- ตะแกรงโยกแบบถาดแยก ใช้งานในประเทศญี่ปุ่นและตะวันออกไกลในบางประเทศ โครงสร้างตะแกรงทำด้วยเหล็กประกอบด้วยถาดหลุมตั้งแต่ 3-7 ถาดวางซ้อนกันในแนวดิ่ง การเคลื่อนที่ของถาดเคลื่อนขึ้นลง ทำให้ผลผลิตเกิดการกระโดด ข้าวกล้องจะถูกแยกออกบริเวณตอนบนของถาด ตอนกลางเป็นส่วนผสมระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือก และทางตอนล่างเป็นข้าวเปลือก ทำให้เครื่องมีทางออก 3 ทาง คือ ทางออกข้าวกล้องที่แยกออกนำไปขัดสีต่อไป ทางออกข้าวเปลือกถูกนำกลับไปที่กะเทาะใหม่ ส่วนของข้าวผสมระหว่างข้าวกล้องและข้าวเปลือกจะถูกนำกลับมาแยกอีกครั้ง

- ตะแกรงโยกแบบตะแกรง มีโครงสร้างแบบง่าย โดยอาศัยข้อแตกต่างของความหนาและความกว้างระหว่างข้าวกล้องกับข้าวเปลือก ตัวตะแกรงประกอบด้วยตะแกรงโยก 6-15 ชั้น ตะแกรงลักษณะเป็นลวดถี่ให้ข้าวกล้องลอดลงสู่ด้านล่างได้ แต่ไม่ให้ข้าวเปลือกผ่าน

1.6 ขั้นตอนการขัดขาว

แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกจะขัดข้าวกล้องเพียงเล็กน้อย เรียกว่า หินขัดข้าวถลอก ขั้นต่อมาจะขัดข้าวให้มีความขาวตามความต้องการ ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวหักน้อยกว่าการขัดขาวเพียงขั้นตอนเดียว เครื่องขัดขาวมีใช้งาน 2 แบบ คือ

- เครื่องขัดขาวแนวตั้งแบบชุดผิวเมล็ดข้าว ประเทศในเอเชียนิยมใช้เครื่องนี้อย่างแพร่หลายและเป็นต้นแบบของเครื่องขัดขาวผิวเมล็ดข้าวด้วยความเร็วสูง เครื่องขัดขาวนี้มีลักษณะคล้ายกรวยทำเป็นตะกร้าที่มีรูตะแกรงครอบลูกโม่เหล็กเคลือบผิวด้วยหินกากเพชรซึ่งหมุนได้ จึงทำให้เกิดการชุดผิวเมล็ดข้าวกับผิวตะแกรงและผิวหินกากเพชรที่เคลือบลูกโม่เหล็กไว้ทำให้ชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวกล้องหลุดผ่านตะแกรงเป็นรำข้าว ส่วนข้าวขาวจะแยกออกอีกทาง

- เครื่องขัดขาวแนวนอน เป็นเครื่องขัดขาวร่วมกันทั้งแบบใช้ความเร็วสูง และใช้ความเร็วต่ำในการชุดผิวเมล็ดข้าวและชุดผิวเมล็ดข้าวตามลำดับ โดยให้ข้าวกล้องผ่านเครื่องชุดผิวเมล็ดข้าวด้วยความเร็วสูง แล้วจึงผ่านเข้าเครื่องชุดผิวเมล็ดข้าว ด้วยหลักการเสียดสีของเมล็ดข้าวกล้องกันเองด้วยความเร็วต่ำ จะทำให้ผิวข้าวเรียบ สวย และข้าวหักลดลง

1.7 ขั้นตอนการขัดมันข้าวสาร

เครื่องขัดมันมีจุดประสงค์เพื่อขจัดรำที่ผิวข้าวออกให้หมด ทำให้ผิวข้าวสารมีความเรียบมัน เครื่องขัดมันแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- เครื่องขัดมันแบบแนวตั้ง มีลักษณะคล้ายเครื่องขัดข้าวแบบแนวตั้ง แต่ผิวกระบอกรูปกรวยจะบุด้วยไม้และตอกขึ้นแผ่นหนึ่งเป็นเส้นติดไว้ และหมุนด้วยความเร็วต่ำกว่า การขัดผิวเกิดจากแผ่นหนึ่งลูบกับผิวข้าวสาร แยกรำออกทางหนึ่ง และข้าวสารที่มีผิวมันขึ้นจะแยกออกอีกทางหนึ่ง

- เครื่องขัดมันแบบแนวนอน มีลักษณะคล้ายเครื่องขัดข้าวแบบแนวนอน แต่ผิวกระบอกติดด้วยแผ่นหนึ่งเป็นเส้น (ขนาด 8x17 เซนติเมตร) ด้วยสกรู และหมุนด้วยความเร็วต่ำกว่าเครื่องขัดข้าว การขัดผิวเกิดจากแผ่นหนึ่งลูบผิวข้าวสาร ทำให้รำหลุดผ่านตะแกรงไปทางหนึ่ง และข้าวสารผิวมันจะแยกออกอีกทาง

- เครื่องขัดมันแบบฉีดน้ำ จุดประสงค์ในการขจัดรำที่ติดร่องของผิวข้าวให้หลุดออกจนหมด จะทำให้เก็บรักษาข้าวสารได้นานขึ้น ช่วยให้ผิวข้าวมันวาวขึ้น ลดความร้อนในการขัดข้าว และทำให้ข้าวสารไม่สูญเสียความชื้นมากเกินไป นอกจากนี้ยังช่วยลดการแตกหักของข้าวสารได้อีกด้วย ลักษณะของเครื่องคล้ายคลึงกับเครื่องขัดข้าวแนวนอนความเร็วต่ำแบบเมล็ดข้าวสารเสียดสีกันเอง ลูกกลิ้งจะยาวกว่า และมีความเร็วต่ำกว่าทำให้การฉีดน้ำ และลมที่มาตามท่อส่งแรงดันไปยังลูกกลิ้งตามแกน โดยมีหัวฉีดอยู่ตอนต้นของลูกกลิ้งจนข้าวมีความชื้นเพิ่มขึ้น 0.3-0.4 เปอร์เซ็นต์ เคลื่อนต่อไปในส่วนกลางของลูกกลิ้ง เมื่อรำถูกความชื้นจะทำให้หลุดออกจากผิวข้าวได้ง่ายขึ้น ขณะที่เมล็ดข้าวสารเสียดสีกันเอง แรงลมดูดจะดึงรำออกไปทางหนึ่ง ส่วนข้าวสารที่ผิวมันจะแยกออกไปอีกทางหนึ่ง

1.8 ขั้นตอนการคัดขนาด

การคัดขนาดข้าวโดยการแยกข้าวหักออกจากต้นข้าว และนำส่วนหักไปแยกขนาดของข้าวหักอีกครั้งเป็นข้าวหักและปลายข้าว โดยทั่วไปการแบ่งขนาดข้าวแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบ 8 ส่วน ตามวิธีการทั่วไป และ 10 ส่วน ตามมาตรฐานข้าวไทย ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ของข้าว เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักเล็ก และปลายข้าว

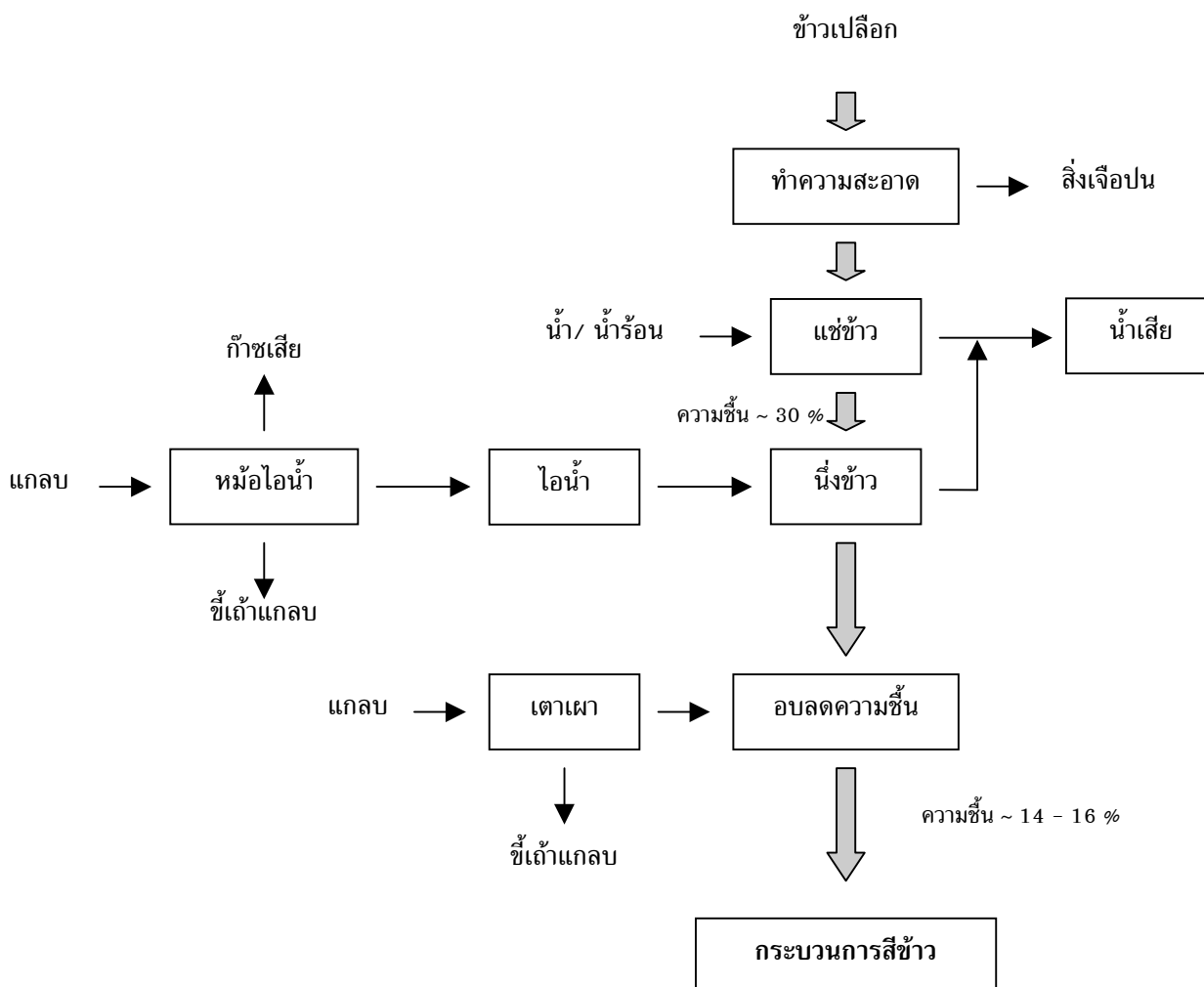
- เครื่องคัดขนาดด้วยลูกกลิ้งหมุน มีลักษณะผิวลูกกลิ้ง 3 แบบ คือ แบบเส้นสวดพันรอบลูกกลิ้ง แบบเจาะแผ่นเหล็กเป็นร่อง และแบบตะแกรงเป็นร่อง ซึ่งใช้หลักการของความหนาและความหนาร่วมกับความกว้างเพื่อแยกขนาดของเมล็ดข้าวที่ต่างกันทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวหัก โดยลูกกลิ้งจะหมุนรอบตัวเพื่อแยกส่วนที่ค้ำบนร่องออกจากส่วนที่ผ่านร่องไปได้

- เครื่องคัดขนาดด้วยลูกกลิ้งเจาะเป็นร่องทึบ ใช้คัดแยกข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวหัก โดยหลักการเจาะแผ่นเหล็กเป็นร่องทึบด้วยรูปร่างและความยาวต่างกัน เพื่อแยกขนาดของข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวหัก ถ้าข้าวสารขนาดที่เข้าไปอยู่ในร่องได้มีขนาดเล็กกว่าร่องก็จะหลุดออกมาก่อน ข้าวสารที่มีขนาดที่พอดีร่อง จึงทำให้สามารถคัดขนาดได้ 3 ระดับ คือที่ไม่ลงร่องเลย ลงร่องขนาดเล็ก และลงร่องขนาดพอดี แยกออกมาในเวลาที่แตกต่างกันตามร่องเปิด

- เครื่องคัดขนาดด้วยตะแกรงโยกในแนวนอนรอบแกนแบบสกรู มีแกนที่ใช้ห้อยติดกับตู้สี่เหลี่ยม ภายในมีตะแกรงเป็นชั้น ๆ 4 ถึง 5 ชั้น เพื่อร่อนแยกขนาดข้าวออกตามช่องต่าง ๆ สอดคล้องกับขนาดตะแกรง เป็นข้าวเต็มเมล็ด ข้าวหักใหญ่ ข้าวหักเล็ก และปลายข้าว ถ้าร่อนแยกข้าวเปลือกก็จะได้ข้าวเปลือกขนาดต่าง ๆ กัน

2. กระบวนการนึ่งข้าว

กระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง เป็นกระบวนการที่เหมือนกับกระบวนการสีข้าว แต่เพิ่มเติมขั้นตอนการทำให้ข้าวสุกด้วยกระบวนการความร้อนชื้น (Hydrothermal Process) เพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และเพื่อลดการแตกหักระหว่างการสี โดยมีขั้นตอนการผลิตข้าวหนึ่งดังนี้



2.1 การทำความสะอาด

เป็นการแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก เช่น เศษหญ้า เมล็ดพืช กรวด ดิน ทราย ตลอดจนลักษณะข้าวเปลือกที่ไม่เหมาะสม โดยใช้เครื่องทำความสะอาด เช่นเดียวกับการทำความสะอาดข้าวเปลือกธรรมดาทั่วไป แต่เพิ่มเครื่องทำความสะอาดโดยวิธีการลอยข้าวเปลือกในน้ำเพื่อ

แยกหิน ดิน ทราย และข้าวเปลือกที่ไม่สมบูรณ์ เช่น เมล็ดที่มีท้องไข่มาก เมล็ดลีบ เมล็ดอ่อน ซึ่งมักเบากว่าข้าวเปลือกธรรมดา จึงลอยขึ้นบนผิวน้ำ ทำให้สามารถแยกออกได้ง่าย

2.2 การแช่ข้าวเปลือก

เพื่อจุดประสงค์ให้น้ำที่แช่ซึมผ่านเปลือกเข้าสู่เนื้อในเมล็ดจนอึดตัวแต่ไม่ทำให้เปลือกนอกปริแตกออกจากกัน ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยแช่น้ำอุ่นประมาณ 60–70 องศาเซลเซียส โดยอิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำใช้แช่ ระยะเวลาในการแช่ข้าวเปลือก และคุณสมบัติในด้านความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของข้าวหนึ่ง โดยข้าวหนึ่งจะมีสีเข้มขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเจลาทีไนซ์ของเนื้อแป้งซึ่งไม่ควรเกิน 70°C และระยะเวลาการแช่น้อย 3 ชั่วโมง แต่ไม่ควรเกิน 5 ชั่วโมง ความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้แช่ควรประมาณ 5 จะทำให้ข้าวหนึ่งมีสีอ่อน แต่ถ้าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจะทำให้ได้ข้าวหนึ่งสีเข้มขึ้น ส่วนกลิ่นและรสชาติหรือกลิ่นรสของข้าวหนึ่งมีผลจากการแช่ข้าวเปลือก เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาในการแช่ที่นานจะมีผลต่อการย่อยสลายของสารอาหารที่มีในเมล็ดข้าว

2.3 การนึ่งด้วยไอน้ำ

การนึ่งข้าวมีวัตถุประสงค์ในการเพิ่มปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหลังจากการสี ปรับปรุงคุณสมบัติของข้าวเปลือกหนึ่งให้เก็บรักษาได้ดีขึ้น และเพิ่มคุณค่าทางอาหารของข้าว การนึ่งข้าวเปลือกด้วยไอน้ำ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

- ความชื้นในข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจากการควบแน่นของไอน้ำที่กระทบข้าวเปลือก
- สารอาหารที่ละลายได้ในน้ำจะกระจายภายในเมล็ดข้าวเปลือก
- ความร้อนจากไอน้ำทำให้เนื้อแป้งภายในเมล็ดข้าวเกิดเจลาทีไนซ์
- รอยร้าวของผิวเมล็ดข้าวเชื่อมประสานกันจากการเจลาทีไนซ์ของเนื้อแป้งในเนื้อเมล็ดข้าว ทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวแน่นและเกาะตัวกัน
- เปลือกชั้นในที่หุ้มเนื้อในเมล็ด เช่น เพอริคาร์พและแอลิวโรน และส่วนคัพภะจะนิ่มขึ้น และติดแน่นกับเนื้อในเมล็ด ทำให้แยกออกยากในขั้นตอนการสีข้าวเปลือกหนึ่ง
- ความร้อนจากไอน้ำมีผลให้หยุดการงอกของข้าวเปลือก ทำลายสปอร์ของเชื้อราไข่แมลง ตัวอ่อนของแมลง หรือมอด และเอนไซม์ถูกทำลาย มีผลให้สามารถเก็บรักษาข้าวเปลือกหนึ่งได้นาน

2.4 การทำแห้ง

เพื่อจุดประสงค์ในการลดความชื้นในข้าวเปลือกที่ผ่านการนึ่งให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการสี และการเก็บรักษา กระบวนการทำแห้งข้าวเปลือกหนึ่งแตกต่างจากการทำแห้งข้าวเปลือกธรรมดา เนื่องจากข้าวเปลือกหนึ่งมีความชื้นสูง และเนื้อสัมผัสของเมล็ดข้าวแตกต่างเพราะเนื้อแป้งในเนื้อเมล็ดข้าวเกิดการเจลลิ่งไนซ์ ทำให้ลักษณะเนื้อแน่น เกาะตัวกัน ต้องใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 100 องศาเซลเซียส และการหยุดพักข้าวประมาณ 2-48 ชั่วโมง การหยุดพักทำให้เกิดการปรับสภาพความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกหนึ่ง (Conditioning หรือ Tempering) มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และระยะเวลาในการทำให้อ่าวเปลือกหนึ่งแห้งระยะที่สอง เพื่อให้ได้ข้าวสารนึ่งหลังจากการสีเป็นข้าวเต็มเมล็ดมากขึ้น เมล็ดข้าวไม่ร้าวหรือหักง่ายในขั้นการสี

2.5 การสีข้าวเปลือก

เพื่อจุดประสงค์ในการกะเทาะเปลือกหุ้มแข็งออกเป็นข้าวกล้องนึ่ง และทำการขัดข้าวกล้องนึ่งให้ได้เป็นข้าวสารนึ่ง โดยผ่านขั้นตอนการสีทำนองเดียวกันกับการสีข้าวเปลือกธรรมดา การกะเทาะและการขัดข้าวได้ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการกะเทาะเปลือก และขัดข้าวเปลือกที่คุณภาพต่ำ

2.6 การคัดแยกข้าวสารนึ่ง

เพื่อจุดประสงค์ในการคัดแยกเมล็ดข้าวสารนึ่งที่มีสีคล้ำเกินไปหรือสีอื่นนอกเหนือจากสีข้าวนึ่งปกติที่มีสีนวลออกเหลืองหรือสีฟางข้าว ในปัจจุบันนิยมใช้เครื่องคัดแยกข้าวระบบอัตโนมัติ โดยใช้หลักการโฟโตอิเล็กทริก ซึ่งทำงานเนื่องจากความเข้มของแสงที่สะท้อนเมื่อเมล็ดข้าวผ่านแสง ทำให้เมล็ดข้าวสีปกติ และสีคล้ำแตกต่างกัน ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถคัดแยกข้าวสีคล้ำออกจากข้าวสีปกติได้

ภาคผนวก ข.

สภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร อุปกรณ์/ เครื่องจักรของโรงงานที่ทำการตรวจประเมิน

จากโรงสีข้าวนำร่องที่ทำการตรวจประเมินจำนวน 11 โรงงาน สามารถสรุปสภาพ
และลักษณะการใช้ทรัพยากร อุปกรณ์/เครื่องจักร ได้ดังตารางที่ ข-1

ตารางที่ ข-1 สรุปสภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร อุปกรณ์/เครื่องจักรของโรงสีข้าวนําร่อง

รายละเอียด	โรงสีข้าวนําร่อง										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ข้อมูลทั่วไป											
1. ชนิดข้าว	ข้าวเหนียว		ข้าวหอมมะลิ				ข้าวขาว			ข้าวนึ่ง	
2. การดำเนินการ											
2.1 สีข้าว	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2.2 อบข้าว	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3. ระยะเวลาการสี (โดยทั่วไป)	24 ชม.	24 ชม.	24 ชม.	กลางคืน	กลางคืน	กลางวัน	24 ชม.	24 ชม.	24 ชม.	24 ชม.	กลางวัน
4. กำลังการผลิต											
4.1 สูงสุด	150	100	180	200	180	250	550	200	250	400	100
4.2 ขณะตรวจประเมิน	92	75	157	162	179	171	559	194	93	299	105
เครื่องจักรที่ใช้สีข้าว											
5. สภาพโดยรวม	ดี	ดี	ดี	ชำรุด	ดี	ดี	ดี	ดี	ดี	ชำรุด บางส่วน	ดี
6. เครื่องกะเทาะเปลือก											
6.1 การพักลูกยาง	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี (หลังประเมินเบื้องต้น)	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
6.2 การแยกข้าวกลับ	มี	มี	มี	ไม่มี	มี	มี	มี	มี	มี	มี	ไม่มี

ตารางที่ ข-1 สรุปสภาพและลักษณะการใช้ทรัพยากร อุปกรณ์/เครื่องจักรของโรงสีเข้ำนร่อง (ต่อ)

รายละเอียด	โรงสีเข้ำนร่อง										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
เครื่องจักรที่ใช้สีเข้ำน											
7. เครื่องสีเข้ำน											
7.1 จำนวนครั้งการสี	3	4	2	3	2	2	1	2	4	3	3
7.2 ความชื้นหลังสี (%)	58.4	60.8	41.6	47.4	45.4	41.7	44.5	45.6	36.8	26.7	22.9
7.3 ค่า Milling Degree หลังสี (%)	173	184	114	139	129	115	122	127	84	46	18
หม้อไอน้ำ											
8. การใช้หม้อไอน้ำ	ไม่มี	ไม่มี	มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	มี	มี	มี	มี
9. ระบบบำบัดฝุ่น	-	-		-	-	-	-	ม่านน้ำ		ไซโคลนกลุ่ม	
การใช้ไฟฟ้า											
10. ระบบการใช้	ปกติ	ปกติ	ปกติ	TOU	ปกติ	ปกติ	TOU	TOU	ปกติ	TOU	ปกติ (โรงสี) TOU (โรงสี)
11. ประเภทการใช้	30	30	30	30	30	30	40	30	30	40	30
12. ระบบส่งกำลัง (มอเตอร์ไฟฟ้า)	เพลาขาว	สายเครื่องจักร	-	เพลาขาว	สายเครื่องจักร	เพลาขาว	สายเครื่องจักร	-	-	เพลาขาว	-
อื่น ๆ											
13. การจัดการกาก	ยัง (เปิดโล่ง 1 ด้าน)	ยัง (ปิดมิดชิด)	กองในที่โล่ง	กองในที่โล่ง	กองในที่โล่ง	ยัง (เปิดโล่ง 1 ด้าน)	ยัง (ปิดมิดชิด)	ยัง (ปิดมิดชิด)	กองในที่โล่ง	ยัง (ปิดมิดชิด)	กองในที่โล่ง

ภาคผนวก ค.

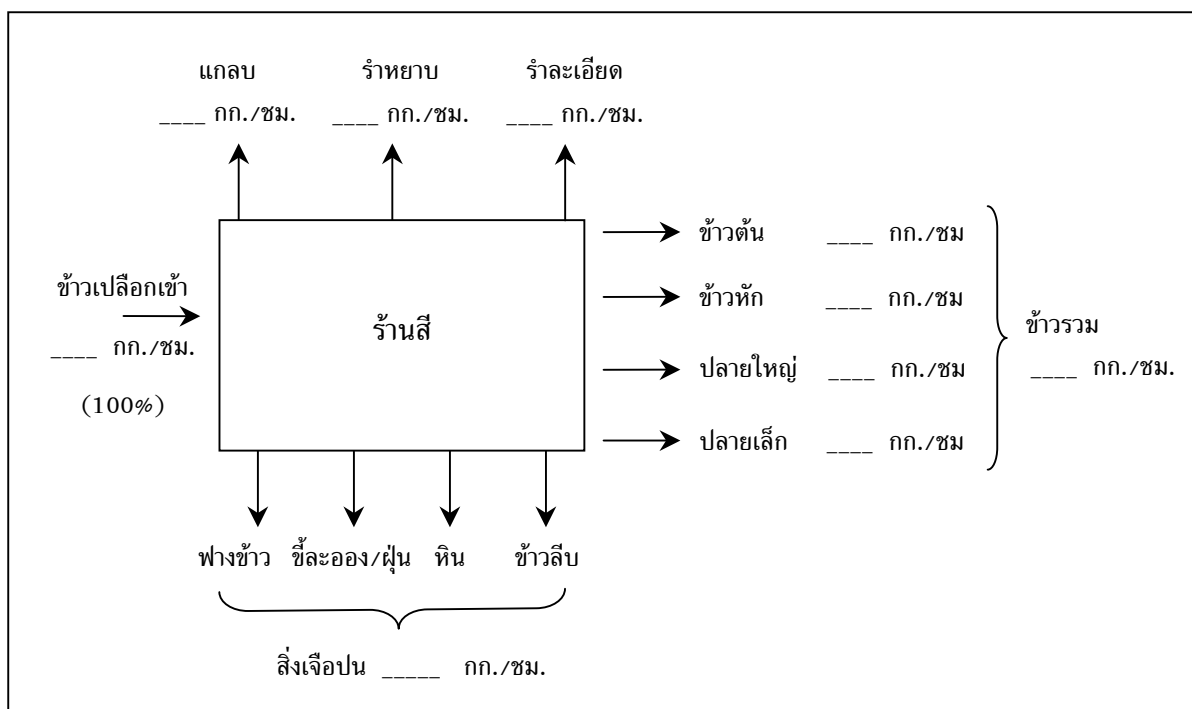
รายละเอียดการคำนวณ

รายละเอียดการคำนวณหรือการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่รวบรวมไว้ในภาคผนวกนี้ประกอบด้วย

1. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน
2. การลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยการจัดลัดับการเริ่มต้นเครื่องจักร
3. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU
4. การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทดแทนเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ
5. การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแกลบอัตโนมัติ
6. การปรับปรุงระบบบำบัดฝุ่นละอองจากปล่องระบายของหม้อไอน้ำ
7. การประเมินประสิทธิผลการคัดแยกของตะแกรงทำความสะอาดและตะแกรงโยก

1. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน

จากการศึกษาโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 11 โรงงาน พบว่า ปัจจุบันโรงสีข้าวส่วนใหญ่ใช้วิธีตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันอย่างง่ายโดยการคำนวณปริมาณข้าวตันหรือข้าวรวมที่สีได้ในแต่ละวันหรือแต่ละรอบการผลิตเทียบกับปริมาณข้าวเปลือกที่รับซื้อ ปัญหาที่พบคือความชื้นข้าวเปลือกที่รับซื้อแต่ละช่วงแตกต่างกัน ปริมาณสิ่งเจือปนที่ปนมาต่างกัน คุณภาพความขาวของข้าวที่ต้องการสำหรับลูกค้าซึ่งแต่ละครั้งอาจไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตันแต่ละครั้งจึงอาจแตกต่างกัน โรงสีข้าวควรพิจารณาตรวจวัดโดยการทำสมดุลมวลของร้านสีเพื่อให้ทราบถึงจุดที่เกิดปัญหา โดยการตรวจสอบจุดต่างๆ ให้ครบถ้วนดังนี้



น้ำหนักที่หายไปจากการลดความชื้น สามารถประมาณค่าได้จากตารางที่ ค-1 หรือใช้สูตรคำนวณได้ดังนี้

น้ำหนักแห้งก่อนลดความชื้น = น้ำหนักแห้งหลังลดความชื้น

$$M_1(1-MC_1) = M_2(1-MC_2)$$

โดย M_1 = น้ำหนักข้าวเปลือกก่อนลดความชื้น

M_2 = น้ำหนักข้าวเปลือกหลังลดความชื้น

MC_1 = ความชื้นข้าวเปลือกก่อนลดความชื้น

MC_2 = ความชื้นข้าวเปลือกหลังลดความชื้น

ตารางที่ ค-1 น้ำหนัก (กก.) ที่หายไป หลังอบลดความชื้นข้าวเปลือก 1 ตัน

ความชื้นเริ่มต้น (%)	ความชื้นหลังการอบ (%)							
	20	19	18	17	16	15	14	13
30	125.0	135.8	146.3	156.6	166.7	176.5	186.0	195.4
29	112.5	123.5	134.1	144.6	154.8	164.7	174.4	183.9
28	100.0	111.1	122.0	132.5	142.9	152.9	162.8	172.4
27	87.5	98.8	109.8	120.5	131.0	141.2	151.2	160.9
26	75.0	86.4	97.6	108.4	119.0	129.4	139.5	149.4
25	62.5	74.1	85.4	96.4	107.1	117.6	127.9	137.9
24	50.0	61.7	73.2	84.3	95.2	105.9	116.3	126.4
23	37.5	49.4	61.0	72.3	83.3	94.1	104.7	114.9
22	25.0	37.0	48.8	60.2	71.4	82.4	93.0	103.4
21	12.5	24.7	36.6	48.2	59.5	70.6	81.4	92.0
20	0.0	12.3	24.4	36.1	47.6	58.8	69.8	80.5
19		0.0	12.2	24.1	35.7	47.1	58.1	69.0
18			0.0	12.0	23.8	35.3	46.5	57.5
17				0.0	11.9	23.5	34.9	46.0
16					0.0	11.8	23.3	34.5
15						0.0	11.6	23.0
14							0.0	11.5

2. การลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการจัดลำดับการเริ่มต้นเครื่องจักร

ตารางที่ ค-2 ตัวอย่างการคำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลงต่อเดือน

รายการ			หน่วย		ตัวย่อ		ปริมาณ	
ข้อมูล ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า เวลาทำงานใน 1 วัน จำนวนวันทำงานต่อเดือน จำนวนครั้งที่เริ่มเดือนเครื่องจักรต่อเดือน ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ค่าใช้จ่ายด้านกำลังไฟฟ้าสูงสุด ตัวประกอบโหลดก่อนการปรับปรุง ตัวประกอบโหลดหลังการปรับปรุง การแบ่งกลุ่มเครื่องจักร			- ชั่วโมง/วัน วัน/เดือน ครั้ง บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง บาท/กิโลวัตต์ ร้อยละ ร้อยละ		- h D n C _e C _d LF ₁ LF ₂		3.1.2 24 25 5 2.80 196.26 60 80	
ลำดับการเริ่มเดินมอเตอร์		พิกัดติดตั้งรวมของกลุ่ม		เวลาที่เริ่มเดินเครื่อง		กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์)		
		สัญลักษณ์	กิโลวัตต์	สัญลักษณ์	นาฬิกา	สัญลักษณ์	$=(P_i \times 65\%) \times \frac{(T - T_i)}{60}$	
1. กลุ่มกะป้อ		P1	40	T1	0	W1	32.5	
2. กลุ่มตะแกรง		P2	50	T2	15	W2	32.5	
3. กลุ่มเครื่องกะเทาะ		P3	40	T3	30	W3	19.5	
4. กลุ่มพัดลม		P4	55	T4	45	W4	17.875	
5. กลุ่มเครื่องขัด		P5	120	T5	60	W5	19.5	
กลุ่มเครื่องจักร			กลุ่ม		G		5	
ระยะเวลาการหน่วงเดินเครื่องจักรแต่ละกลุ่ม			นาฬิกา		t _s		15	
ระยะเวลาที่เครื่องจักรทำงานจนครบทุกเครื่อง			นาฬิกา		T		75	
T =G*t _s								
การคำนวณ								
ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดก่อนการปรับปรุง			กิโลวัตต์		kW ₁		214	
kW ₁ = (∑Pi) x 70%								
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน			กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน		Unit		77,040	
Unit = (kW ₁ x D x h x LF ₁)/100								
ตัวประกอบโหลดที่เหมาะสม			ร้อยละ		LF ₂		80	
● ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน Load Factor ประมาณ 80% ● ทำงาน 16 ชั่วโมงต่อวัน Load Factor ประมาณ 53.33% ● ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน Load Factor ประมาณ 26.67%								

ตารางที่ ค-2 ตัวอย่างการคำนวณความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลงต่อเดือน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสม $kW_2 = (Unit \times 100) / (LF_2 \times D \times h)$	กิโลวัตต์	kW_2	160.5
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถลดลงได้ $kW = kW_1 - kW_2$ $= \left(\frac{Unit \times 100}{LF_1 \times D \times h} \right) - \left(\frac{Unit \times 100}{LF_2 \times D \times h} \right)$ $= \frac{Unit \times 100}{D \times h} \left(\frac{1}{LF_1} - \frac{1}{LF_2} \right)$ $= \frac{kW_1 \times D \times h \times LF_1}{100} \times 100 \left(\frac{1}{LF_1} - \frac{1}{LF_2} \right)$ $= kW_1 \times LF_1 \left(\frac{1}{LF_1} - \frac{1}{LF_2} \right)$ $= kW_1 \times \left(1 - \frac{LF_1}{LF_2} \right)$	กิโลวัตต์	kW	53.5 (~50)
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเริ่มต้นเครื่องจักร $W = (\sum Wi) \times n$	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/เดือน	W	609.375
ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร $Cs = C_e \times W \times n$	บาท/เดือน	Cs	1,706.25
ค่าใช้จ่ายที่ลดลงเนื่องจากการปรับปรุง $Cpd = kW \times C_d$	บาท/เดือน	Cpd	9,813
ผลการประหยัด $Ct = Cpd - Cs$	บาท/เดือน	Ct	8,106.75

หมายเหตุ : Load Factor ก่อนการปรับปรุงได้จากค่าเฉลี่ยโรงสีข้าวที่ทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน
ราคาไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยได้จากค่าเฉลี่ยโรงสีข้าว

3. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU

ตารางที่ ค-3 ตัวอย่างการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ

รายละเอียด	ปริมาณ										
โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ (ประเภทผู้ใช้ไฟ 3.1.2)											
1. ข้อมูลทั่วไป ● พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน ● ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย ● ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อเดือน ● ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อหน่วย ● ค่าไฟฟ้าผันแปรต่อหน่วย	<table> <tr> <td>62,157</td><td>กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>1.7034</td><td>บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>196</td><td>กิโลวัตต์</td></tr> <tr> <td>196.26</td><td>บาท/กิโลวัตต์</td></tr> <tr> <td>0.4328</td><td>บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> </table>	62,157	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1.7034	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	196	กิโลวัตต์	196.26	บาท/กิโลวัตต์	0.4328	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
62,157	กิโลวัตต์-ชั่วโมง										
1.7034	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง										
196	กิโลวัตต์										
196.26	บาท/กิโลวัตต์										
0.4328	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง										
2. ส่วนที่ 1 ● ค่าพลังงานไฟฟ้า ● ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ● ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ● ค่าบริการ ● รวมส่วนที่ 1	$= \text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย}$ $= 62,157 \times 1.7034$ $= 105,878.23 \text{ บาท/เดือน}$ $= \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อหน่วย}$ $= 196 \times 196.26$ $= 38,466.96 \text{ บาท/เดือน}$ (โรงงานไม่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า) (อัตรา 3.1.2 ไม่เสียค่าบริการ) $= 105,878.23 + 38,466.96$ $= 144,345.19 \text{ บาท/เดือน}$										
3. ส่วนที่ 2 ● ค่าไฟฟ้าผันแปร	$= \text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ค่าไฟฟ้าผันแปรต่อหน่วย}$ $= 62,157 \times 0.4328$ $= 26,901.55 \text{ บาท/เดือน}$										
4. ส่วนที่ 3 ● ภาษีมูลค่าเพิ่ม	$= (\text{ส่วนที่ 1} + \text{ส่วนที่ 2}) \times \text{อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม}$ $= 171,246.74 \times 0.07$ $= 11,987.27 \text{ บาท/เดือน}$										
รวมเป็นเงินที่ต้องชำระทั้งสิ้น	$= \text{ส่วนที่ 1} + \text{ส่วนที่ 2} + \text{ส่วนที่ 3}$ $= 183,234 \text{ บาท/เดือน}$ $= 2,198,808 \text{ บาท/ปี}$										

ตารางที่ ค-4 ตัวอย่างการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU

รายละเอียด	ปริมาณ																
โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU (ประเภทผู้ใช้ไฟ 3.2.2)																	
1. ข้อมูลทั่วไป - พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน - ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak ต่อหน่วย - ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak ต่อหน่วย - ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยต่อเดือน - ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดต่อหน่วย - ค่าไฟฟ้าผันแปรต่อหน่วย - ช่วง On Peak - ช่วง Off Peak	<table> <tr> <td>62,157</td><td>กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>2.6950</td><td>บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>1.1914</td><td>บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>196</td><td>กิโลวัตต์</td></tr> <tr> <td>132.93</td><td>บาท/กิโลวัตต์</td></tr> <tr> <td>0.4328</td><td>บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง</td></tr> <tr> <td>40</td><td>เปอร์เซ็นต์</td></tr> <tr> <td>60</td><td>เปอร์เซ็นต์</td></tr> </table>	62,157	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	2.6950	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	1.1914	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	196	กิโลวัตต์	132.93	บาท/กิโลวัตต์	0.4328	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง	40	เปอร์เซ็นต์	60	เปอร์เซ็นต์
62,157	กิโลวัตต์-ชั่วโมง																
2.6950	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง																
1.1914	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง																
196	กิโลวัตต์																
132.93	บาท/กิโลวัตต์																
0.4328	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง																
40	เปอร์เซ็นต์																
60	เปอร์เซ็นต์																
2. ส่วนที่ 1 - ค่าพลังงานไฟฟ้า - ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด - ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า - ค่าบริการ - รวมส่วนที่ 1	$= ((\text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ช่วงเวลา On Peak} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak ต่อหน่วย}) + (\text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ช่วงเวลา Off Peak} \times \text{ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak ต่อหน่วย})) / 100$ $= ((62,157 \times 40 \times 2.695) + (62,157 \times 60 \times 1.1914)) / 100$ $= 111,437.56 \quad \text{บาท/เดือน}$ $= \text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อหน่วย}$ $= 196 \times 132.93$ $= 26,054.28 \quad \text{บาท/เดือน}$ (โรงงานไม่ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า) $= 228.17 \quad \text{บาท/เดือน}$ $= 111,437.56 + 26,054.28 + 228.17$ $= 137,720.01 \quad \text{บาท/เดือน}$																
3. ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร	$= \text{พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน} \times \text{ค่าไฟฟ้าผันแปรต่อหน่วย}$ $= 62,157 \times 0.4328$ $= 26,901.55 \quad \text{บาท/เดือน}$																
4. ส่วนที่ 3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม	$= (\text{ส่วนที่ 1} + \text{ส่วนที่ 2}) \times \text{อัตราภาษีมูลค่าเพิ่ม}$ $= 164,621.56 \times 0.07$ $= 11,523.51 \quad \text{บาท/เดือน}$																
รวมเป็นเงินที่ต้องชำระทั้งสิ้น	$= \text{ส่วนที่ 1} + \text{ส่วนที่ 2} + \text{ส่วนที่ 3}$ $= 176,145 \quad \text{บาท/เดือน}$ $= 2,113,741 \quad \text{บาท/ปี}$																

4. การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทดแทนเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ

ข้อมูลทั่วไป

• ปริมาณการใช้แกลบในการผลิตไอน้ำ	4,117.5	ตัน/ปี
• ระยะเวลาการเดินเครื่องจักรไอน้ำ (รวมเวลาที่ใช้อุ่นเตา)	18	ชั่วโมง/วัน
• ระยะเวลาการดำเนินการ	250	วัน/ปี
• ราคาแกลบ	600	บาท/ตันแกลบ
• ราคามอเตอร์ไฟฟ้า	ตารางที่ ค-5	
• ขนาดพิกัดมอเตอร์	175	กิโลวัตต์
• ภาระการทำงานของมอเตอร์เทียบกับพิกัด	70	เปอร์เซ็นต์

4.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีใช้เครื่องจักรไอน้ำ

• ค่าน้ำมันเครื่อง	= ปริมาณน้ำมันเครื่อง x ระยะเวลาการดำเนินการ x ราคาน้ำมันเครื่อง
	= 200 ลิตร/เดือน x 12 เดือน/ปี x 10 บาท/ลิตร
	= 24,000 บาท/ปี
• รายรับจากการขาย ซีเถ้าแกลบ	= 4,117.5 ตันแกลบ/ปี x 0.18 ตันเถ้า/ตันแกลบ x 500 บาท/ตันเถ้า
	= 370,575 บาท/ปี
ดังนั้น โรงสีข้าวมีรายรับสุทธิ	= 370,575 - 24,000 บาท/ปี
	= 346,575 บาท/ปี

4.2 ตัวอย่างการคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีใช้มอเตอร์ไฟฟ้า

• ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด (คิดค่า Peak ที่ 80% ของ พิกัดมอเตอร์)	= 175 กิโลวัตต์ x 80% x 196.26 บาท/กิโลวัตต์ x 12 เดือน/ปี
	= 329,720 บาท/ปี
• ค่าพลังงานไฟฟ้า	= 175 กิโลวัตต์ x 70% x 1.7034 บาท/กิโลวัตต์ x 18 ชั่วโมง/วัน x 250 วัน/ปี
	= 939,000 บาท/ปี
• ค่าไฟฟ้าผันแปร	= 175 กิโลวัตต์ x 70% x 0.4683 บาท/กิโลวัตต์ x 18 ชั่วโมง/วัน x 250 วัน/ปี
	= 258,150 บาท/ปี
รวมค่าดำเนินการ	= 329,720 + 939,000 + 258,150 บาท/ปี
	= 1,526,870 บาท/ปี
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	= 106,881 บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายสำหรับไฟฟ้าสุทธิ	= 1,633,751 บาท/ปี
รายรับจากการขายแกลบ	= 4,117.5 ตัน/ปี x 600 บาท/ตัน
	= 2,470,500 บาท/ปี
ดังนั้น โรงสีข้าวมีรายรับสุทธิ	= 2,470,500 - 1,633,751 บาท/ปี
	= 836,749 บาท/ปี

ตารางที่ ค-5 ราคามอเตอร์ชนิดธรรมดา (โดยประมาณ)

ขนาดมอเตอร์ (กิโลวัตต์)	ราคามอเตอร์ (บาท/กิโลวัตต์)
< 5	3,500
5-10	3,000
10-30	2,500
> 30	1,800

5. การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแกลบอัตโนมัติ

ตารางที่ ค-6 ตัวอย่างการคำนวณปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบหลังติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแกลบอัตโนมัติ

รายละเอียด	ปริมาณ
1. ข้อมูลที่ใช้ 1.1 ปริมาณแกลบป้อนเข้าหม้อไอน้ำ 1.2 เปอร์เซ็นต์การใช้น้ำมันที่ลดลงหลังการปรับปรุง 1.3 ราคาแกลบ 1.4 ค่ากำลังไฟฟ้ามอเตอร์ (มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 0.75 กิโลวัตต์ จำนวน 2 เครื่อง มีประสิทธิภาพที่ 80%) 1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย 1.6 ระยะเวลาเดินเครื่อง	826 กิโลกรัม/ชั่วโมง 5% 600 บาท/ตันแกลบ 1.2 กิโลวัตต์ 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง 24 ชั่วโมง/วัน 250 วัน/ปี
2. ค่าใช้จ่ายที่ต้องลงทุน ค่าอุปกรณ์ป้องกันแกลบและตัดซี่เกา	= 200,000 บาท
3. ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 3.1 ปริมาณแกลบที่ป้อนเข้าหม้อไอน้ำลดลง 3.2 คิดเป็นมูลค่าแกลบที่ลดลง	= ปริมาณแกลบป้อนเข้า x เปอร์เซ็นต์แกลบลดลง = 826 กิโลกรัม/ชั่วโมง x 5% = 41.3 กิโลกรัม/ชั่วโมง = 247.8 ตัน/ปี = 247.8 ตัน/ปี x 600 บาท/ตัน = 148,680 บาท/ปี

รายละเอียด	ปริมาณ
3.3 ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการติดตั้งอุปกรณ์ (ค่าไฟฟ้าของมอเตอร์)	= 1.2 กิโลวัตต์ x 2.8 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง = 3.36 บาท/ชั่วโมง = 20,160 บาท/ปี
ดังนั้น ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 148,680 - 20,160 บาท/ปี = 128,520 บาท/ปี
4. ระยะเวลาคืนทุน	= เงินลงทุน ÷ ผลที่ได้รับ = 200,000 ÷ 128,520 = 1.6 ปี

6. การปรับปรุงระบบบำบัดฝุ่นละอองจากปล่องระบายของหม้อไอน้ำ

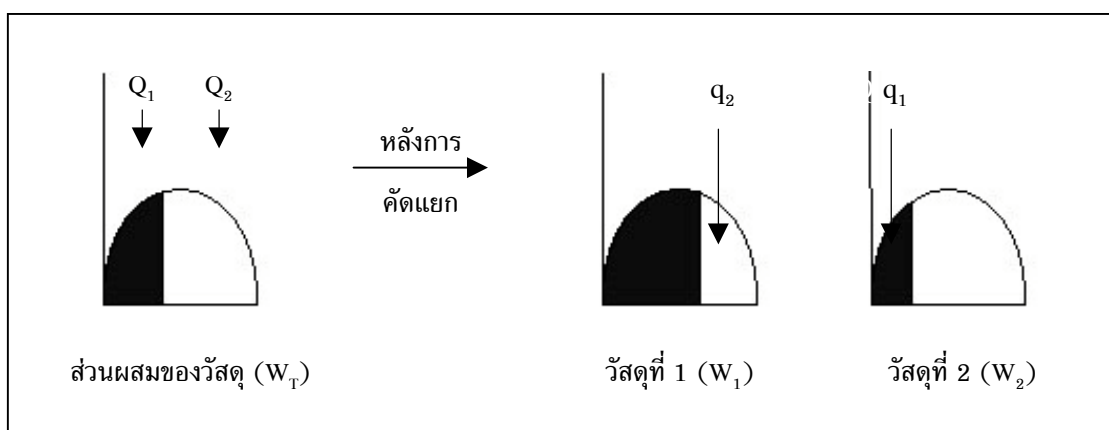
ตารางที่ ค-7 ตัวอย่างการคำนวณการปรับปรุงระบบบำบัดฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ
โดยใช้ Multicyclone

รายละเอียด	ปริมาณ
1. ข้อมูลที่ใช้	
1.1 ความเข้มข้นของฝุ่นละอองระบาย	1,200 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
1.2 อัตราการไหลของอากาศ	30,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง
1.3 อัตราการไหลผ่าน Multicyclone แต่ละชุด	144 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ชุด
1.4 ราคาเข้าเกลบ	500 บาท/ตัน
1.5 มาตรฐานฝุ่นที่ปล่องระบาย	320 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
2. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	
2.1 ราคาอุปกรณ์	= 1,000 บาท/ชุด
ราคา Multicyclone	= อัตราการไหลของอากาศ ÷ อัตราการไหลของ Multicyclone
จำนวน Multicyclone	= 30,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ÷ 144 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง/ชุด
	= 208 ชุด
ราคาชุดอุปกรณ์รวม	= 208 ชุด x 1,000 บาท/ชุด
	= 208,000 บาท
2.2 ค่าที่ปรึกษาและค่าออกแบบ	= 40% ของราคาอุปกรณ์
รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน	= 83,200 บาท

รายละเอียด	ปริมาณ
3. รายได้จากการขายผลพลอยได้	
3.1 ปริมาณแฉะแอลกอฮอล์ที่รวบรวมได้ (ซึ่งเท่ากับปริมาณฝุ่นที่ลดลง)	$=$ ปริมาณฝุ่นละอองที่ลดลง x อัตราการไหลของอากาศ $=$ $(1,200 - 320)$ มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร x 30,000 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง $=$ 26.4 กิโลกรัม/ชั่วโมง $=$ 158,400 กิโลกรัม/ปี
3.2 ขายแฉะแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้น	$=$ 158,400 กิโลกรัม/ปี x 500 บาท/ตัน $=$ 79,200 บาท/ปี

7. การประเมินประสิทธิผลการคัดแยกของตะแกรงทำความสะอาดและตะแกรงโยก

ประสิทธิผลในการคัดแยกสำหรับตะแกรงทำความสะอาดเป็นการคัดแยกสิ่งเจือปนและตะแกรงโยกเป็นการแยกข้าวเปลือกและข้าวกล้องออกจากกัน ทั้งนี้การคัดแยกขึ้นกับส่วนผสมที่ต้องการคัดแยก ซึ่งอาจจะมีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป การคัดแยกจะมีประสิทธิภาพสูงเมื่อสามารถแยกสิ่งเจือปนหรือวัสดุที่ปนอยู่ออกได้ทั้งหมด โดยสามารถประเมินประสิทธิผลได้ดังนี้



กำหนดให้

$$\begin{aligned}
 W_T &= \text{น้ำหนักรวมของส่วนผสมทั้งหมด} \\
 W_1 &= \text{น้ำหนักของวัสดุแยกส่วนที่ 1} \\
 W_2 &= \text{น้ำหนักของวัสดุแยกส่วนที่ 2} \\
 q_1 &= \text{น้ำหนักของวัสดุ } Q_1 \text{ ที่เหลืออยู่ในวัสดุที่แยกส่วนที่ 2}
 \end{aligned}$$

$$q_2 = \text{น้ำหนักของวัสดุ } Q_2 \text{ ที่เหลืออยู่ในวัสดุที่แยกส่วนที่ 1}$$

ในกรณีความบริสุทธิ์ ประสิทธิภาพการแยก และคุณภาพการคัดแยกในแต่ละส่วน สามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$P11 = \frac{w1 - q2}{w1} = 1 - \frac{q2}{w1} \dots\dots\dots 1$$

$$P22 = \frac{w2 - q1}{w2} = 1 - \frac{q1}{w2} \dots\dots\dots 2$$

เมื่อ

$$P11 = \text{ความบริสุทธิ์ของวัสดุที่แยกส่วนที่ 1}$$

$$P22 = \text{ความบริสุทธิ์ของวัสดุที่แยกส่วนที่ 2}$$

$$Fr1 = \frac{W1}{WT} \dots\dots\dots 3$$

$$Fr2 = \frac{W2}{WT} \dots\dots\dots 4$$

เมื่อ

$$Fr1 = \text{ความบริสุทธิ์ของวัสดุที่แยกส่วนที่ 1}$$

$$Fr2 = \text{ความบริสุทธิ์ของวัสดุที่แยกส่วนที่ 2}$$

$$a1 = \frac{Q1}{WT}$$

$$a2 = \frac{Q2}{WT}$$

ดังนั้น ประสิทธิภาพในการคัดแยก (η) สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta (\%) = \left(Fr1 \frac{P11 - a1}{1 - a1} + Fr2 \frac{P22 - a2}{1 - a2} \right) \times 100 \dots\dots\dots 5$$

กรณีวัสดุผสมกันอยู่มากกว่า 2 ส่วน สามารถหาได้จากสมการ

$$\eta (\%) = \sum_{i=1}^n \left[Fr_i * \left(\frac{P_{ii} - a_i}{1 - a_i} \right) \right] \dots\dots\dots 6$$

ภาคผนวก ง. การจัดการน้ำเสีย สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

น้ำเสียที่พบภายในโรงสีข้าวแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำเสียจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าว
2. น้ำเสียจากการดักเก็ลลอยและนำเก็ลกลบออกจากเตาเผาเก็ล
3. น้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนจากเครื่องจักรไอน้ำ

ซึ่งวิธีการบำบัดน้ำเสียของแต่ละประเภท มีดังนี้

1. การบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแช่และนึ่งข้าว

น้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว เป็นน้ำเสียที่มีปริมาณความสกปรกและอุณหภูมิสูง รวมทั้งมีปริมาณสารแขวนลอยเจือปนสูง เมื่อระบายออกลงสู่แหล่งน้ำอาจก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำในแหล่งน้ำได้ ดังนั้นน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าวจะต้องผ่านการบำบัดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมก่อนการระบายออก

• วิธีการบำบัด

การบำบัดน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากโรงสีข้าวที่มีการแช่และนึ่งข้าว จำนวน 2 โรงงานพบว่าค่าบีโอดีเฉลี่ยเท่ากับ 850 มิลลิกรัมต่อลิตร และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 40-50 องศาเซลเซียส ดังนั้นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมมีหลายระบบ เช่น ระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ ระบบบ่อหมัก ระบบบ่อเติมอากาศ ระบบบ่อแฟคัลเททีฟ เป็นต้น อย่างไรก็ตามคู่มือนี้เลือกกระบวนการที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงต้นทุนในการบำบัดและความเหมาะสมกับคุณลักษณะน้ำเสียจากโรงสีข้าว ระบบบำบัดที่เหมาะสมควรประกอบด้วยบ่อบำบัดจำนวน 3 บ่อเรียงต่อกันแบบอนุกรม ประกอบด้วย บ่อตกตะกอน บ่อเติมอากาศ และบ่อแฟคัลเททีฟ ทั้งนี้การไม่เลือกกระบวนการแอกติเวเต็ดสลัดจ์ และระบบบ่อหมัก เนื่องจากระบบบำบัดแอกติเวเต็ดสลัดจ์ แม้จะเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูง แต่มีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบที่สูง ส่วนระบบบ่อหมักแม้ว่าเป็นระบบที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินระบบต่ำ แต่จะมีปัญหาด้านกลิ่น ดังนั้นระบบบ่อเติมอากาศ และระบบบ่อแฟคัลเททีฟ จึงเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด โดยกำหนดให้แต่ละบ่อมีลักษณะดังนี้

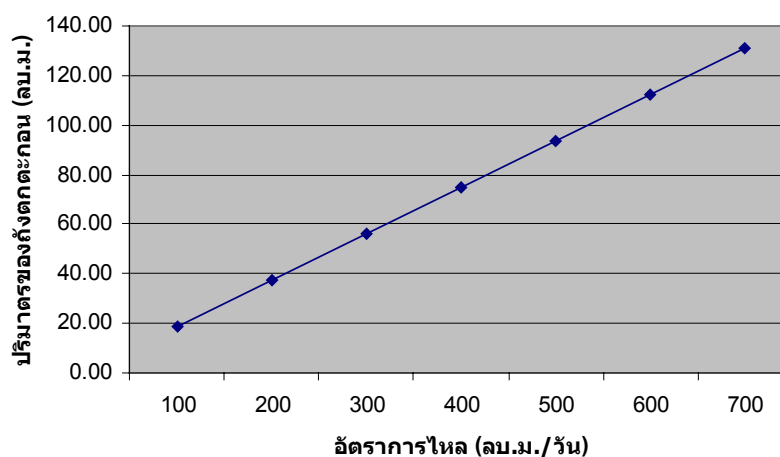
บ่อที่ 1 บ่อตกตะกอน

บ่อตกตะกอนจะทำหน้าที่ในการแยกสารแขวนลอยที่เจือปนอยู่ในน้ำเสีย โดยเมื่อน้ำเสียไหลเข้าสู่บ่อตกตะกอน น้ำเสียจะใช้เวลาอยู่ในบ่อตกตะกอนประมาณ 3 ชั่วโมง ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ และลดอุณหภูมิของน้ำเสียลง

- **ค่ากำหนดในการออกแบบบ่อตกตะกอน**

ความลึกของบ่อ	3 เมตร
Safety Factor	1.5
ระยะเวลากักเก็บ	3 ชั่วโมง
ประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดี	20 %

ดังนั้นปริมาตรของบ่อตกตะกอนพิจารณาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียกับปริมาตรของถังตกตะกอน แสดงในรูปที่ ง-1



รูปที่ ง-1 ปริมาตรบ่อตกตะกอนเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำเสีย

หมายเหตุ : บ่อตกตะกอนควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 10 เมตร และในกรณีปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นน้อยกว่า 20 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ให้นำน้ำเสียเข้าระบบแบบเป็นครั้งคราว (Batch) โดยจัดให้มีบ่อรวบรวมน้ำเสียก่อน

บ่อที่ 2 บ่อหรือสระเติมอากาศ (Aerated Lagoon)

เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียแบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีวภาพแบบใช้ออกซิเจน โดยอาศัยสิ่งมีชีวิตจำพวกจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ดูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมลสารต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกลดลง หลักการทำงานจะใช้วิธีการเลียนแบบธรรมชาติ ปฏิกริยาชีวเคมีของกระบวนการสามารถเขียนได้ดังนี้

ออกซิเจน

สารอินทรีย์ + จุลินทรีย์ $\longrightarrow$ จุลินทรีย์ตัวใหม่ + คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ + พลังงาน

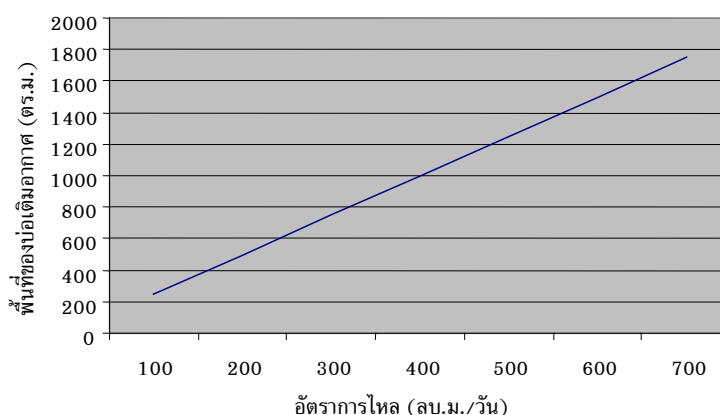
มลสารที่อยู่ในน้ำเสียจะถูกจุลินทรีย์ใช้เป็นอาหารและเจริญเติบโตขยายพันธุ์ต่อไป โดยสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำเสีย เมื่อถูกเปลี่ยนเป็นจุลินทรีย์จะมีน้ำหนักมากกว่าน้ำและสามารถแยกออกได้ง่าย ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลอยขึ้นไปในอากาศ

บ่อหรือสระเติมอากาศเป็นบ่อบำบัดน้ำเสียที่มีการเก็บกักน้ำหลายวัน มีการเติมอากาศด้วยเครื่องเติมอากาศแบบลอยน้ำแต่ไม่มีถังตกตะกอน ไม่มีการหมุนเวียนตะกอน น้ำทิ้งมักมีจุลชีพติดออกไปด้วย

• ค่ากำหนดในการออกแบบบ่อเติมอากาศ

ระยะเวลาเก็บกัก	3-10 วัน (กำหนด 5 วัน)
ความลึก	2-6 เมตร (กำหนด 3 เมตร)
ค่าพีเอช	6.5-8.0
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี	80-95%
ของแข็งแขวนลอยในน้ำออก	80-250 มก./ล.
ความต้องการออกซิเจน	0.7-1.4 กรัมออกซิเจน/กรัมบีโอดีที่ถูกกำจัด

ดังนั้นพื้นที่ของบ่อหรือสระเติมอากาศ พิจารณาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของน้ำเสียกับพื้นที่ของสระเติมอากาศ แสดงในรูปที่ ง-2



รูปที่ ง-2 พื้นที่บ่อเติมอากาศเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำเสีย

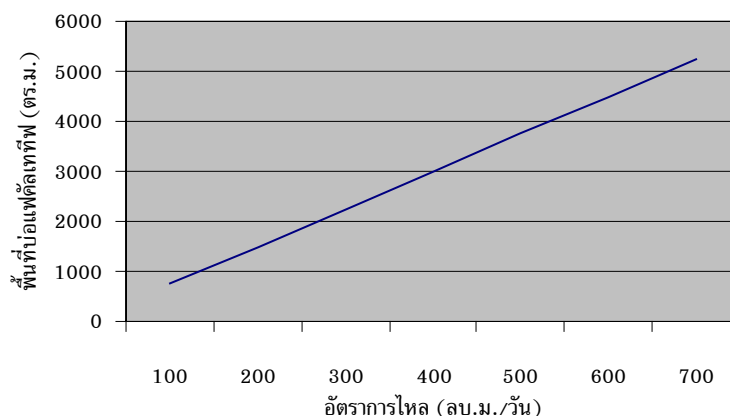
บ่อที่ 3 บ่อแฟคัลเททีฟ

บ่อแฟคัลเททีฟ หรือบ่อแอโรบิก-แอนแอโรบิก หรือบ่อกึ่งแอโรบิก ส่วนบนของบ่อ จะอยู่ในสภาพแอโรบิกจากการเติมอากาศที่ผิวหน้าและจากปฏิกิริยาของสาหร่ายซึ่งให้ออกซิเจน ส่วนล่างของบ่อจะอยู่ในสภาพแอนแอโรบิก กระบวนการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ โดยสาหร่ายและแบคทีเรีย

- **ค่ากำหนดในการออกแบบบ่อแฟคัลเททีฟ**

ความลึกของบ่อ	2 เมตร
Safety Factor	1.5
ระยะเวลากักเก็บ	10 วัน
ประสิทธิภาพในการกำจัดบีโอดี	80-95%

ดังนั้น พื้นที่ของบ่อแฟคัลเททีฟ พิจารณาได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการไหลของน้ำเสียกับพื้นที่ของบ่อแฟคัลเททีฟ แสดงในรูปที่ ง-3



รูปที่ ง-3 พื้นที่บ่อแฟคัลเททีฟเมื่อเทียบกับอัตราการไหลของน้ำเสีย

• การดูแลรักษาระบบ

ข้อบกพร่อง/น้ำเสีย	การดูแลรักษา
1. บ่อตกตะกอน	- ควรมีการสูบน้ำออกสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันการทับถมของตะกอน ตะกอนที่สูบน้ำออกควรนำเข้าลานตากตะกอนที่มีระบบระบายน้ำใต้ลานตาก และรวบรวมน้ำเสียกลับไปบำบัดอีกครั้ง
2. บ่อเติมอากาศ	- การตรวจสอบการทำงานของระบบ - ค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 - สีของน้ำและสลัดจ์เป็นสีน้ำตาล - ไม่ควรมีกลิ่นเหม็น - ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ไม่ควรต่ำกว่า 2 มก./ล. - ไม่ควรมีฟองหรือสลัดจ์ลอยปกคลุมผิวน้ำ
	- การตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบ - ทำการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น pH บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ที่เคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในน้ำเสียก่อนเข้าและหลังออกจากระบบ - ตรวจวัดออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ให้มีค่าไม่ต่ำกว่า 2 มก./ล. ตลอดทั่วทั้งสระ - เครื่องเติมอากาศควรทำให้เกิดการกวนผสมได้อย่างทั่วถึง ไม่มีมุมอับ
3. บ่อแผลเคลเทียฟ	- ไม่ควรมีกลิ่นเหม็น - ค่า pH ควรอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 - ควรตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น pH บีโอดี ซีโอดี ของแข็งแขวนลอย ที่เคเอ็น และฟอสฟอรัสทั้งหมด ในน้ำเสียก่อนเข้าและหลังออกจากระบบ

2. การบำบัดน้ำเสียจากการดักเก็ลลอยและนำซีเถ้าเกลบออกจากเตาเผา

เชื้อเพลิงเกลบที่ถูกเผาไหม้เพื่อใช้เป็นพลังงานสำหรับหม้อไอน้ำ จะมีการระบายก๊าซเสียและเก็ลลอยออกทางปล่องระบาย โรงสีข้าวส่วนหนึ่งใช้ระบบดักเก็ลลอยในก๊าซเสียโดยการใช้น้ำ เก็ลลอยที่ดักได้จะตกลงและถูกน้ำชะออก ส่วนการระบายซีเถ้าออกจากเตาเผา โรงสีข้าวบางแห่งเลือกใช้วิธีการนำน้ำชะพาเก็ลเกลบออก การจัดการลดปริมาณน้ำเสียในส่วนนี้ นอกจากวิธีการปรับปรุงหม้อไอน้ำให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดปริมาณก๊าซเสียที่เกิดขึ้น และใช้วิธีการลำเลียงเก็ลเกลบด้วยระบบแห้งแล้ว ควรมีการจัดการน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น คือจัดให้มีบ่อตกตะกอนเพื่อแยกของแข็งแขวนลอย ได้แก่ เก็ลเกลบและเก็ลลอย ก่อนนำกลับไปวนใช้หรือระบายออก ซึ่งค่าการออกแบบและการดูแลรักษาบ่อตกตะกอนแสดงในหัวข้อข้างต้น

3. การบำบัดน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนจากเครื่องจักรไอน้ำ

การจัดการน้ำเสียของโรงสีข้าว ส่วนใหญ่ใช้ระบบตกตะกอนและการเติมอากาศเป็นหลัก น้ำเสียจากส่วนต่างๆ จะไหลลงสู่ระบบบำบัดเดียวกัน รวมทั้งน้ำเสียที่มีน้ำมันปนเปื้อนส่งผลให้ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียลดลง และคุณภาพน้ำหลังผ่านระบบบำบัดมีความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันในระดับสูง

การจัดสร้างบ่อดักไขมันเพื่อดักจับไขมันในน้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนน้ำมันจากเครื่องจักรก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย จะช่วยให้ระบบบำบัดน้ำเสียสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น น้ำที่ผ่านออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าความเข้มข้นของไขมันและน้ำมันลดลง นอกจากนี้ไขมันที่แยกได้จากบ่อดักไขมันยังเป็นผลพลอยได้จากน้ำเสียที่สามารถนำไปขายได้อีกด้วย

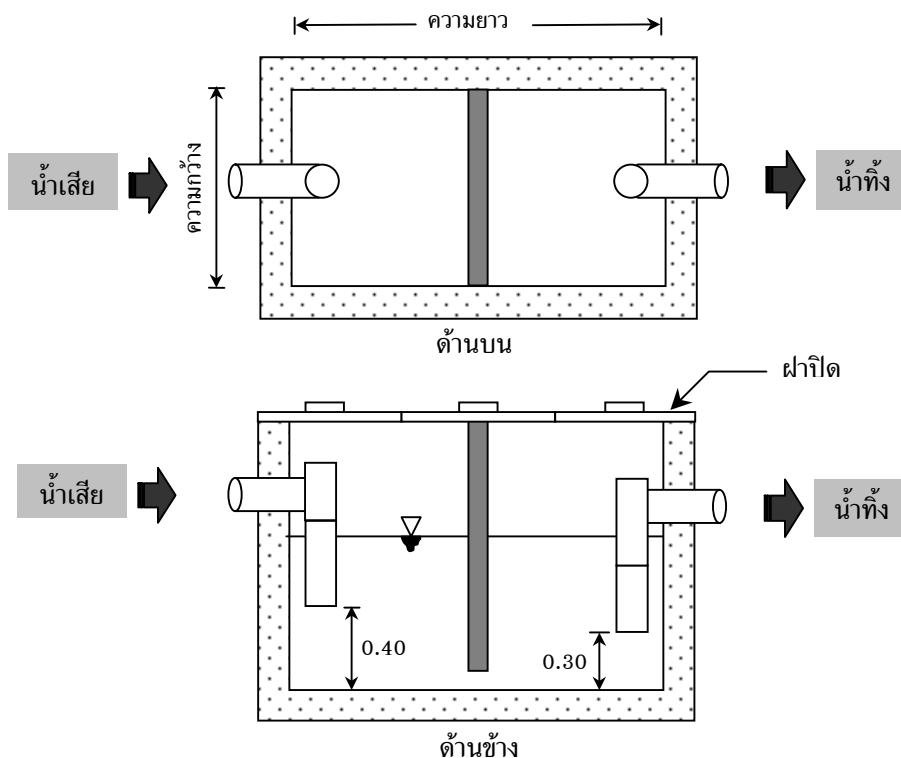
บ่อดักไขมันอาศัยหลักการไขมันหรือน้ำมันมีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำจึงลอยตัวอยู่เหนือน้ำ ทำให้สามารถใช้ถังดักไขมันและน้ำมัน ทางออกของถังดักจะอยู่ใต้น้ำซึ่งต่ำกว่าชั้นไขมันหรือน้ำมัน จึงสามารถแยกเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากถังดักด้วยท่อรูปตัว T ไขมันหรือน้ำมันจะสะสมตัวอยู่ในถังดักและสามารถตักออกไปทิ้งได้

• คำกำหนดในการออกแบบบ่อดักไขมัน

ระยะเวลากักเก็บ (Detention Time) ไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง และมีรูปแบบของบ่อดักแสดงในรูปที่ ง-4 และขนาดบ่อดักไขมันและน้ำมันแสดงดังตาราง

ขนาดบ่อดักไขมันและน้ำมัน

ปริมาณน้ำเสีย (ลูกบาศก์เมตร/วัน)	ปริมาตรบ่อ (ลูกบาศก์เมตร)	ขนาดบ่อ (เมตร)		
		ความลึก	ความกว้าง	ความยาว
0.75	0.20	0.40	0.50	1.00
0.75-1.80	0.50	0.60	0.60	1.30
1.80-3.70	1.00	0.75	0.80	1.60
3.70-5.60	1.50	0.75	1.00	2.00
5.60-7.50	1.90	0.80	1.10	2.20
7.50-9.40	2.45	0.85	1.20	2.40
9.40-11.20	2.80	0.90	1.20	2.60
11.20-13.10	3.40	1.00	1.30	2.60
13.10-15.00	3.80	1.00	1.35	2.80



รูปที่ ง-4 รูปแบบบ่อดักไขมันและน้ำมัน

- การดูแลรักษา

1. หมั่นดักไขมันและน้ำมันออกจากบ่อดักไขมันและน้ำมันอย่างน้อยทุกสัปดาห์
2. หมั่นตรวจดูท่อระบายน้ำที่รับน้ำออกจากบ่อดักไขมันและน้ำมัน หากพบน้ำมันหรือไขมันอยู่เป็นก้อนหรือคราบ ต้องเพิ่มความถี่ในการดักไขมัน
3. ห้ามนำน้ำจากส่วนอื่นๆ ที่ไม่มีน้ำมันเข้าสู่บ่อดักไขมันและน้ำมัน
4. กรณีน้ำเสียมีขยะปนอยู่ จะต้องทำการแยกขยะออกก่อน โดยการติดตั้งตะแกรงดักขยะ และหมั่นทำความสะอาด นำขยะออกเป็นประจำ
5. ระวังไม่ให้ขยะหรือเศษใดๆ หลุดเข้าไปในบ่อดักไขมันและน้ำมัน

ภาคผนวก จ.

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และงานวิจัยหรืองานบริการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

1. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม http://www2.diw.go.th/ctu E-mail: ctu@diw.go.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - นโยบายและแผน CT - จัดทำหลักปฏิบัติเพื่อการ ป้องกันมลพิษสำหรับ อุตสาหกรรมรายสาขา	75/6 ถ.พระราม 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2202 4154 โทรสาร : 0 2202 4170
2. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย http://www.tei.or.th E-mail: info@tei.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - การฝึกอบรม สัมมนา - โครงการสาธิต - การตรวจประเมิน CT	16/151 เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120	โทรศัพท์: 0 2503 3333 โทรสาร: 0 2504 4826-8
3. สถาบันสิ่งแวดล้อม อุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่ง ประเทศไทย http://www.fti.or.th E-mail : information@off.fti.or.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกฎหมาย สิ่งแวดล้อม - การฝึกอบรม สัมมนา จัดหาทุน - ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม	ศูนย์การประชุมแห่งชาติ สิริกิติ์ โซน C ชั้น 4 60 ถ.รัชดาภิเษกตัดใหม่ เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110	โทรศัพท์: 0 2345 1000 โทรสาร: 0 2345 1296-9
4. กรมควบคุมมลพิษ http://www.pcd.go.th	- ข้อมูลทั่วไปด้าน CT - ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกฎหมาย สิ่งแวดล้อมและมาตรฐานต่างๆ - ตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม - รายงานสถานการณ์ด้าน สิ่งแวดล้อม - จัดทำคู่มือแนวปฏิบัติที่ดีด้าน การป้องกันและลดมลพิษ	92 ซอยพหลโยธิน 7 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2298 2271, 0 2298 2000 โทรสาร: 0 2298 2002

1. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (ต่อ)

หน่วยงาน	การบริการ	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
5. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสะอาด (CTAP) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) http://www.nstda.or.th http://www.mtec.or.th	- กิจกรรมฝึกงานเทคโนโลยีสะอาด - เครือข่ายกลุ่มการวิจัยและการศึกษาด้านเทคโนโลยีสะอาด - ข้อมูลผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสะอาด - การสนับสนุนทุนการวิจัยด้านเทคโนโลยีสะอาด	73/1 อาคาร สวทช. ถนนพระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2644 8150-97 โทรสาร: 0 2644 8077
6. กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน http://www.dedp.go.th	- ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานทดแทนและข้อมูลทั่วไป - สนับสนุนเงินกู้ในการอนุรักษ์พลังงาน - การฝึกอบรม	17 ถ.พระราม1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330	โทรศัพท์: 0 2223 0021-9 โทรสาร: 0 2226 1416
7. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน http://www.eppo.go.th	- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน - มาตรการประหยัดพลังงานสำหรับประชาชน - กรณีศึกษา ให้อุ่น และส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	121/1-2 ถนนเพชรบุรี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2612 1555 โทรสาร: 0 2612 1358

2. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านงานวิจัยหรืองานบริการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

หน่วยงาน	การบริการ/การดำเนินงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) http://www.tisi.go.th/index_t.html	- กำหนดมาตรฐาน ตรวจสอบ และรับรองผลิตภัณฑ์ - จัดทะเบียนผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม - ฝึกอบรมด้านมาตรฐาน - จัดทะเบียนบุคลากร	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ.พระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2202 3437-44 โทรสาร : 0 2248 7981
2. สำนักควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย http://www.fda.moph.go.th/psiond/duty-toxic.html	- ขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์วัตถุอันตราย - กำหนดเกณฑ์มาตรฐานการขึ้นทะเบียนและฉลากผลิตภัณฑ์ - ออกเอกสารรับรองเพื่อการส่งออก	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ถ.ติวานนท์ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000	โทรศัพท์: 0 2590 7177 โทรสาร: 0 2591 8460
3. กลุ่มงานทดสอบและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร http://www.doa.go.th/aedweb/testing.htm	- ผลิตเครื่องจักรกลเกษตร - ทดสอบ ปรับปรุง ดัดแปลงและพัฒนาประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลเกษตร - ให้คำแนะนำและปรึกษาด้านวิชาการผลิตเครื่องจักรกลเกษตร	กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	โทรศัพท์: 0 2579 0225, 0 2579 4497, โทรสาร: 0 2940 5791
4. สถาบันวิจัยข้าว http://www.doa.go.th/rri/	- วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม - ปรับปรุงวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว - การวิจัยในการเก็บรักษาข้าวเปลือกและข้าวสาร - วิจัยและพัฒนาการแปรรูปและแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ	สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900	โทรศัพท์: 0 2579 7560, 0 2940 6292
5. ศูนย์ส่งเสริมงานวิจัยและทรัพย์สินทางปัญญา http://www.kmutt.ac.th/rippc/history.htm	- ประสานงานโครงการวิจัยต่างๆ - จัดทำและพัฒนาฐานข้อมูล - จัดทำคู่มือ/เอกสารเพื่อเผยแพร่	สำนักงานอธิการบดี ชั้น 7 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 91 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140	โทรศัพท์: 0 2470 9685-6 โทรสาร: 0 2872 9083
6. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา หันตรา http://www.rmutsb.ac.th/	- พัฒนาบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - สร้างงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ นวัตกรรม เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี - การวิจัยเกี่ยวกับการอบและสีข้าว - การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร	เลขที่ 60 หมู่ 3 ถ.สายเอเชีย (กรุงเทพฯ - นครสวรรค์) ต.หันตรา อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000	โทรศัพท์: 0 3524 2554 โทรสาร: 0 3524 2654

2. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านงานวิจัยหรืองานบริการเกี่ยวกับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

หน่วยงาน	การบริการ/การดำเนินงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
7. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร http://ae.eng.kps.ku.ac.th/menu_viji.htm	- การวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลเกษตร - การวิจัยเกี่ยวกับการอบและสีข้าว - การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม 73140	โทรศัพท์: 0 3428 1053-6
8. ภาควิชาเกษตรกลวิธาน	- การวิจัยเกี่ยวกับการอบและสีข้าว - การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตบางพระ 43 ม.6 ต.บางพระ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20210	โทรศัพท์: 0 3835 8137 ต่อ 1420 - 1423
9. ภาควิชาวิศวกรรม เครื่องกล	- การวิจัยเกี่ยวกับการอบและสีข้าว - การออกแบบเครื่องจักรกลเกษตร	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี มหานคร 51 หมู่ 1 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530	โทรศัพท์: 0 2988 3655 ต่อ 244, 0 9816 0456 โทรสาร: 0 2988 3655 ต่อ 241
10. สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี http://www.ops.go.th/about/authority.asp	- ส่งเสริมและเผยแพร่องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - วิเคราะห์และประเมินเทคโนโลยี - ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี	สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเทคโนโลยี ถ.พระราม 6 ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2354 4466 ต่อ 621
11. ฝ่ายวิจัยและระบบสารสนเทศ http://www.ftpi.or.th	- ศึกษาวิจัย พัฒนาดัชนีชี้วัดศักยภาพและสภาพการแข่งขันของประเทศ - ฝึกอบรมด้านบริหารการผลิต - ด้านบริหารทรัพยากรบุคคลและด้านการบริหารจัดการ - จัดประชุมสัมมนา ศึกษาดูงาน - เผยแพร่และจัดจำหน่ายสื่อวิชาการด้านการเพิ่มผลผลิต - ให้คำปรึกษาและแนะนำ	สถาบันเพิ่มผลผลิต แห่งชาติ ชั้น 12-15 อาคารยาคุลท์ 1025 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2619 5500 ต่อ 310-317 (ส่วนวิจัย) โทรสาร: 0 2619 8100

3. แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมด้านอื่น ๆ เกี่ยวกับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว

หน่วยงาน	การบริการ/การดำเนินงาน	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์
1. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) http://www.tisi.go.th/sme_2/sme.html	- ให้การรับรองระบบการจัดการต่าง ๆ สำหรับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เช่น ISO 9001:2000, ISO 14001:2004, มอก.18001-2542, HACCP และ GMP	เจ้าหน้าที่กลุ่มที่ 7 สำนักบริหารมาตรฐาน 3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ.พระราม 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2202 3362-4 โทรสาร : 0 2248 7981
2. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) http://www.fda.moph.go.th	- ให้การรับรองระบบการจัดการต่าง ๆ เช่น HACCP และ GMP	สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา ถ.ติวานนท์ อ.เมือง จ.นนทบุรี	โทรศัพท์: 0 2590 7177 โทรสาร: 0 2591 8460
3. สถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ http://www.masai.or.th/	- ให้การรับรองระบบการจัดการต่าง ๆ เช่น ISO 9001:2000, ISO 14001, มอก.18001 และ OHSAS 18001, HACCP, GMP - ฝึกอบรมหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการต่าง ๆ เช่น Food Safety Management Systems	ชั้น 11 อาคารยาคุลท์ 1025 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400	โทรศัพท์: 0 2617 1727 โทรสาร: 0 2617 1708
4. กรมวิชาการเกษตร http://www.doa.go.th/onestop	- ให้การรับรองระบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสินค้าเกษตร เช่น รับรองแหล่งผลิต [GAP], HACCP โรงงานแปรรูป, GMP โรงงานแปรรูป, รับรองระบบการผลิต (FOOD SAFETY)	ศูนย์บริการทางวิชาการแบบเบ็ดเสร็จ กรมวิชาการเกษตร เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 (ชั้นล่างศูนย์ปฏิบัติการอาคารถ่ายทอดเทคโนโลยีข้างตึก กลีกรรรม)	โทรศัพท์: 0 2579 6134 โทรสาร: 0 2579 6133

ภาคผนวก จ. แหล่งสนับสนุนด้านเงินทุน สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

รายชื่อกองทุน/โครงการที่ให้การสนับสนุนด้านเงินทุน

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
สำนักงานกองทุน สิ่งแวดล้อม สำนักนโยบายและ แผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	กองทุนสิ่งแวดล้อม http://www.onep.go.th/oefweb/fund/fund.html	- กองทุนสิ่งแวดล้อมจัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นมาตรการทางการเงินเสริมสำหรับการสนับสนุนภาครัฐ ทั้งส่วนราชการ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และรัฐวิสาหกิจรวมทั้งเอกชน ในการจัดให้มีระบบบำบัดน้ำเสีย อากาศเสีย ระบบกำจัดของเสียหรืออุปกรณ์อื่นใดเพื่อควบคุมหรือขจัดมลพิษ โดยจะให้การสนับสนุนในรูปเงินอุดหนุนและเงินกู้	60/1 ซ.พิบูลวัฒนา 7 ถ.พระรามที่ 6 เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2279 8087, 0 2298 6048-9 โทรสาร : 0 2271 4239
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งชาติ	สินเชื่อดอกเบี้ยต่ำเพื่อ การพัฒนาเทคโนโลยี ภาคอุตสาหกรรม http://www.nstda.or.th/cd/	- โครงการนี้ให้การสนับสนุนทั้งในรูปแบบของเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ ซึ่งให้การสนับสนุนได้ในวงเงินไม่เกิน 30 ล้านบาท และไม่เกินร้อยละ 75 ของงบประมาณโครงการ รูปแบบที่สองเป็นเงินทุนให้เปล่า ซึ่งให้การสนับสนุนได้ในวงเงินไม่เกิน 3 ล้านบาท และไม่เกินร้อยละ 50 ของงบประมาณโครงการทั้งหมด สาเหตุที่ให้ไม่เกินร้อยละ 50 ของโครงการก็เพื่อให้ฝ่ายเอกชนได้ลงทุนในส่วนที่เหลือเพื่อแสดงความจริงจังในการดำเนินโครงการให้บรรลุวัตถุประสงค์ เงินกู้ดอกเบี้ยต่ำมักจะเป็นลักษณะพัฒนาและวิศวกรรม ขณะที่เงินให้เปล่ามักจะเป็นการวิจัย เพื่อใช้เทคโนโลยีในการไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตตามความต้องการของบริษัท	ฝ่ายพัฒนาอุตสาหกรรม และ ธุรกิจเทคโนโลยี สวทช. 111 ถ.พหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ : 0 2564 7000 ต่อ 1334-1336

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
กองทุนพัฒนา นวัตกรรม สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยีแห่งชาติ	1. โครงการ “นวัตกรรมดี...ไม่มีดอก เบี้ย” http://www.nia.or.th/ html/ProjectSupport/ ProjectSupport.htm	-เป็นการสนับสนุนเงินอุดหนุนในรูปแบบ ของการสนับสนุนดอกเบี้ยเงินกู้ในระยะ เวลาหนึ่งให้แก่โครงการนวัตกรรมที่อยู่ใน ระยะเริ่มต้นสู่กระบวนการผลิตจริง โดย อาจเป็นโครงการที่เกิดจากการขยายผล ของการสร้างต้นแบบ หรือการทดสอบนำ ร่องและพัฒนาออกสู่ตลาดในระยะแรก โดยสถาบันการเงินที่ได้รับความเห็นชอบ จาก สนช. ทั้งนี้การสนับสนุนดังกล่าวจะ เป็นการเข้าร่วมรับความเสี่ยงและผลักดัน ให้ภาคเอกชนเกิดโอกาสในการลงทุนใน ธุรกิจนวัตกรรม	กองทุนพัฒนานวัตกรรม สวทช. 111 ถ.พหลโยธิน อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์: 0 2564 7000 โทรสาร: 0 2644 8444
	2. โครงการ “แปลง เทคโนโลยีเป็นทุน” http://www.nia.or.th/ html/ProjectSupport/ ProjectSupport.htm	-เป็นการสนับสนุนเงินอุดหนุนในรูปแบบ ของเงินให้เปล่าสำหรับโครงการนวัตกรรม ที่อยู่ในระยะของการทดสอบยืนยันความ เป็นไปได้ของเทคโนโลยีในขั้นตอนของการ ทำต้นแบบหรือการนำร่อง ซึ่งอาจต่อ ยอดจากงานวิจัยและพัฒนา สิ่งประดิษฐ์ หรือสิทธิบัตรที่มีการรับรองและผ่านการ ประเมินทางเทคโนโลยี	
	3. โครงการ “ทุนเครือ ข่ายวิสาหกิจ นวัตกรรม” http://www.nia.or.th/ html/ProjectSupport/ ProjectSupport.htm	-เป็นการสนับสนุนเงินอุดหนุนในรูปแบบ ของเงินให้เปล่าในการสนับสนุน โครงการ นวัตกรรมที่มีลักษณะการพัฒนาโครงการ ในรูปแบบเครือข่ายวิสาหกิจ เช่น กลุ่ม อุตสาหกรรม สมาคม จังหวัดหรือกลุ่ม จังหวัด ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ระดับการทำ ต้นแบบ การทดสอบระดับนำร่อง จนถึง การผลิตในเชิงพาณิชย์	
	4. โครงการ “ร่วมลง ทุนธุรกิจนวัตกรรม” http://www.nia.or.th/ html/ProjectSupport/ ProjectSupport.htm	-เป็นการลงทุนร่วมกับสถาบันร่วมลงทุน เพื่อสนับสนุนให้เกิดการลงทุนในธุรกิจ นวัตกรรมที่มีศักยภาพสูง และสามารถยก ระดับความสามารถในการแข่งขันของ ประเทศ	

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
บริษัทเงินทุน อุตสาหกรรมขนาด ย่อม (บอย.)	บริษัทเงินทุน อุตสาหกรรมขนาดย่อม http://intranet.dip.go.th/boc/Data-Support/013.htm	- ทำหน้าที่บริการค้ำประกันสินเชื่อแก่ อุตสาหกรรมขนาดย่อม ที่มีหลักทรัพย์ไม่ เพียงพอในการกู้ยืมจากสถาบันการเงิน ทำ ให้รับสินเชื่อจากสถาบันการเงินจำนวน มากขึ้น วงเงินค้ำประกันจะค้ำประกันเต็ม จำนวนของสินเชื่อส่วนที่ขาดประกัน แต่ไม่ เกินครึ่งหนึ่งของสินเชื่อรวม ทั้งนี้วงเงินค้ำ ประกันสูงสุดรวมไม่เกิน 20 ล้านบาท	IFCT Tower 1770 ถ. เพชรบุรีตัดใหม่ เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10320 โทรศัพท์ : 0 2308 2741-8 โทรสาร : 0 2308 2749
กรมพัฒนาพลังงานทด แทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	1. โครงการเงินทุน หมุนเวียนเพื่อการ อนุรักษ์พลังงาน http://www.dede.go.th/RFProgram/detail/index.php	- สถาบันการเงินจะเป็นอนุมัติเงินกู้เพื่อ โครงการอนุรักษ์พลังงานตามแนวหลัก เกณฑ์ของสถาบันการเงินนั้นๆ และต้อง เป็นโครงการอนุรักษ์พลังงานหรือการเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานตามที่กำหนด ไว้ในพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงาน พ.ศ. 2535 มาตรา 7 และมาตรา 17 วงเงินไม่เกิน 50 ล้านบาทต่อโครงการ มีระยะเวลาดำเนินการไม่เกิน 7 ปี	ศูนย์อำนวยการโครงการเงิน ทุนหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน อาคาร 8 ชั้น 2 เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน โทรศัพท์ : 0 2226 3850-1 0 2225 3106 โทรสาร : 0 2226 3851
	2. โครงการนำร่องสิทธิ ประโยชน์ทางภาษีเพื่อ การอนุรักษ์พลังงาน http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=66	- การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อการ อนุรักษ์พลังงานทำได้โดยนำผลประหยัดที่ ตรวจวัดได้อย่างชัดเจนจากการดำเนิน มาตรการอนุรักษ์พลังงานมาคิดเพิ่มเป็นค่า ใช้จ่ายก่อนการคำนวณภาษี โดยสนับสนุน เป็นจำนวนเงินสูงสุดไม่เกิน 2 ล้านบาท ต่อสถานประกอบการ ระยะเวลาดำเนิน โครงการ 15 เดือน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 15 สิงหาคม 2548 เป็นต้นไป	ศูนย์อำนวยการโครงการนำ ร่องสิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อ การอนุรักษ์พลังงาน อาคาร 8 ชั้น 2 เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน โทรศัพท์ : 0 2222 4485-7 0 2612 9511-4 โทรสาร : 0 2222 4487

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน	3. โครงการมาตรการภาษีเพื่อสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=66	- เพื่อเป็นการสนับสนุนให้ผู้ประกอบการธุรกิจเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานและประหยัดพลังงานในระยะยาว จึงเห็นควรให้ผู้ประกอบการที่เป็นบุคคลธรรมดาและนิติบุคคลซึ่งทำการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เดิมเป็นอุปกรณ์ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานที่ไม่เคยผ่านการใช้งานมาก่อนสามารถหักรายจ่ายเพื่อการลงทุนได้ในอัตรา 1.25 เท่าของมูลค่าทรัพย์สินสำหรับมูลค่าการลงทุน 50 ล้านบาทแรก โดยให้ทยอยหักรายจ่ายดังกล่าวภายใน 5 รอบระยะเวลาบัญชี โดยที่อุปกรณ์ประหยัดพลังงานดังกล่าวจะต้องพร้อมใช้งานภายในวันที่ 31 ธันวาคม 2549 และจะต้องไม่ได้รับหรืออยู่ระหว่างการพิจารณาขอรับการสนับสนุนจากโครงการอื่นใดเพื่อการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	ศูนย์อำนวยการโครงการนำร่องสิทธิประโยชน์ทางภาษีเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อาคาร 8 ชั้น 2 เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 แขวงรองเมือง เขตปทุมวัน โทรศัพท์ : 0 2222 4485-7 0 2612 9511-4 โทรสาร : 0 2222 4487
ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแห่งประเทศไทย (ธพว.)	1. สินเชื่อเพื่อสนับสนุนโครงการครัวไทยสู่โลก http://www.smebank.co.th/chfood.htm	- การสนับสนุนการเงินแก่ธุรกิจ SMEs โดยมีเป้าหมายธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ทั้งธุรกิจที่ตั้งกิจการในประเทศไทย อันได้แก่ ผู้ผลิต/ผู้แปรรูปอาหาร สินค้า OTOP ตลอดจนผู้รวบรวมสินค้า/ผู้ค้าส่ง-ค้าปลีก และผู้ส่งออกสินค้าประเภทอาหาร/สินค้า OTOP ไปยังร้านค้าและร้านอาหารไทยในต่างประเทศ และให้การสนับสนุนธุรกิจนำเข้าสินค้า ธุรกิจค้าส่ง-ค้าปลีก ตลอดจนร้านอาหารไทยที่ตั้งกิจการในต่างประเทศซึ่งเป็นการสนับสนุนทางการเงินอย่างครบวงจร	475 อาคารสิริวิทยุ ชั้น 9 ถนนศรีอยุธยา ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2201 3700 โทรสาร : 0 2207 3723-4

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
ธนาคารพัฒนา วิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมแห่ง ประเทศไทย (ธพว.)	2. การกู้สินเชื่อเร่งด่วน (Fast track) http://www.smebank.co.th/l-fasttrack.html	- เพื่อใช้สำหรับดำเนินกิจการทุกรูปแบบหรือเพิ่มสภาพคล่องให้กับธุรกิจหรือสำหรับบุคคลที่ได้รับการบริการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และเสริมสร้างผู้ประกอบการใหม่ของหน่วยงานรัฐบาล วงเงินกู้กรณีใช้บุคคลค้ำประกัน กู้ได้ไม่เกิน 300,000 บาท กรณีใช้นิติบุคคลค้ำประกัน กู้ได้ไม่เกิน 500,000 บาท เงินกู้มีระยะเวลาไม่เกิน 3 ปี ระยะเวลาของโครงการตั้งแต่วันที่ 9 พ.ค. 46 หรือจนหมดวงเงินสนับสนุน	475 อาคารสิริบุญโญ ชั้น 9 ถนนศรีอยุธยา ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2201 3700 โทรสาร : 0 2207 3723-4
	3. โครงการแปลงสินทรัพย์ประเภทเครื่องจักรเป็นทุน http://www.smebank.co.th/eiectic.html	- เพื่อสนับสนุนผู้ประกอบการรายย่อยหรือธุรกิจขนาดเล็กที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งเงินทุนตามหลักเกณฑ์ทั่วไปของสถาบันการเงิน โดยการใช้ประโยชน์จากสินทรัพย์ประเภทเครื่องจักรที่มีอยู่นำมาเป็นหลักประกันในการเข้าสู่แหล่งเงินทุน ในการปรับปรุงกิจการ หรือขยายธุรกิจต่อไป รวมถึงผู้ประกอบการขนาดเล็กรายใหม่ที่ต้องการซื้อเครื่องจักรใหม่ในการทำธุรกิจ วงเงินกู้ตั้งแต่ 50,000-2,000,000 บาท ต่อราย ระยะเวลาสูงสุดไม่เกิน 5 ปี ทั้งนี้ ระยะเวลากู้น้อยกว่าอายุการใช้งานคงเหลือของเครื่องจักรไม่ต่ำกว่า 2 ปี	
ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน)	1. สินเชื่อกรุงศรี SMEs http://www.krungsri.com/40/42241.htm	- สินเชื่อของธนาคารที่ให้บริการแก่ธุรกิจ SMEs ให้บริการด้านสินเชื่อธุรกิจที่ต้องการการเงินหมุนเวียนเพิ่มเติม ต้องการปรับปรุงเครื่องจักร หรือขยายกิจการ คิดอัตราดอกเบี้ยพิเศษ โดยมีอัตราต่ำสุดถึง MLR - 2.75% ขึ้นกับประเภทของวงเงินสินเชื่อและคุณสมบัติของผู้กู้	1222 ถนนพระราม 3 บางโพงพาง ยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 โทรศัพท์ : 0 2683 1275 ศูนย์บริการ 1572

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน)	2. เงินกู้กรุงศรีธนารักษ์ พลังงาน http://www.krungsri.com/40/energy.htm	-โครงการนี้เกิดขึ้นจากความร่วมมือระหว่าง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน(พพ.) กระทรวงพลังงาน และสถาบันการเงิน 6 แห่ง โดยมีเป้าหมายเพื่อการกระจายเงินกองทุนหมุนเวียน และเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยมี อาคารและโรงงานควบคุมภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมพลังงาน พ.ศ. 2535 เป็นลูกค้าเป้าหมาย	1222 ถนนพระราม 3 บางโพธิ์ ยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 โทรศัพท์ : 0 2683 1275 ศูนย์บริการ 1572
ธนาคารกรุงไทย จำกัด (มหาชน) http://www.ktb.co.th/thai/pro_loan_sme.html	1. โครงการสินเชื่อ SME-KTB	-เพื่อสนับสนุนสินเชื่อสำหรับการลงทุนใหม่ ขยายกิจการ และส่งเสริมสภาพคล่องแก่ผู้ประกอบการ SMEs	2 ถนนสุขุมวิท ชั้น 5 อาคารเพลินิจิตเซ็นเตอร์ กรุงเทพฯ โทรศัพท์ : 0 2208 8364-8 โทรสาร : 0 2256 8188
	2. โครงการรับซื้อตั๋วสัญญาใช้เงินของ ธปท.	-เพื่อสนับสนุนทางการเงินแก่ผู้ประกอบการ SMEs โดยการให้สินเชื่อเพื่อหมุนเวียนในกิจการในรูปของการรับซื้อตั๋วสัญญาใช้เงิน	
	3. โครงการให้กู้โดยตั๋วสัญญาใช้เงินอัตราดอกเบี้ยพิเศษ	-เพื่อสนับสนุนทางการเงินแก่ผู้ประกอบการ SMEs ให้มีสภาพคล่องทางธุรกิจโดยการให้สินเชื่อเพิ่มหมุนเวียนในกิจการ	
	4. โครงการชุปชีวิต ธุรกิจไทย	-เพื่อสนับสนุนสินเชื่อทุกประเภทในเงื่อนไขผ่อนปรน แก่ผู้ประกอบการ SMEs ให้สามารถดำเนินการต่อไป รวมทั้งคงสภาพการจ้างงานไว้ได้	
โครงการสินเชื่อเพื่อธุรกิจแก้ววิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) http://www.gsb.or.th/services/ser_credit_sme.htm	ธนาคารออมสิน	-บริการสินเชื่อและให้คำปรึกษาด้านการเงินแก่ธุรกิจ SMEs ทั้งประเภทอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อใช้เป็นเงินทุนหมุนเวียนในการดำเนินธุรกิจ อุตสาหกรรมการบริการ อุตสาหกรรมการเกษตร ธุรกิจค้าปลีก-ค้าส่ง ธุรกิจบริการ บริการ ธุรกิจนำเข้า ธุรกิจส่งออก วงเงินกู้ตั้งแต่ 100,000 ถึงไม่เกิน 50 ล้านบาท	สำนักสินเชื่อธุรกิจ กระทรวงการคลัง ถนนพระราม 6 สามเสนใน พญาไท กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2299 8000 ต่อ 2110-2113

หน่วยงาน	กองทุน/โครงการ	รายละเอียดกองทุน/โครงการ	ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์
ธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)	สินเชื่อโครงการแปลง สินทรัพย์เป็นทุน http://www.tmb.co.th/TMBbusiness/default_th.html	-เพื่อพัฒนาผู้ประกอบการที่มีศักยภาพในการดำเนินธุรกิจโดยใช้สินทรัพย์ทางปัญญา เครื่องจักร หรือสิทธิการเช่าพื้นที่เป็นหลักประกันเสริมในการพิจารณาให้การสนับสนุนทางการเงินโดยใช้สินทรัพย์ต่อไปนี้เป็นหลักประกันสินเชื่อได้ <u>ทรัพย์สินทางปัญญา</u> ซึ่งได้แก่ เครื่องหมายการค้า สิทธิบัตร โดยผู้กู้ต้องมีหนังสือรับรองจากกรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์ <u>สิทธิการเช่าที่ราชพัสดุ</u> โดยผู้กู้ต้องยื่นความประสงค์ขอกู้กับกรมธนารักษ์ <u>เครื่องจักร</u> ผู้กู้ต้องขอจดทะเบียนเครื่องจักรต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมและนำทะเบียนเครื่องจักรมาเป็นหลักประกันเงินกู้	3000 ถนนพลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ : 0 2299 1111 คุณปิยรส จิตต์โอภาส E-mail: piyoros.jit@tmbbank.com 0 2230 6154
ธนาคารนครหลวงไทย	สินเชื่อเพื่อการอนุรักษ์ พลังงาน http://www.scib.co.th/th/customer/default.asp?KeyRef=creditgeneral_conservepower	-ธนาคารให้การสนับสนุนสินเชื่อสำหรับโรงงานหรืออาคารควบคุมในการลงทุนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในอัตราดอกเบี้ยต่ำ วงเงินกู้สูงสุดไม่เกิน 50 ล้านบาท ระยะเวลากู้สูงสุดไม่เกิน 7 ปี อัตราดอกเบี้ยไม่เกินร้อยละ 4 ต่อปี	1101 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงมักกะสัน เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ : 0 2208 5380

ภาคผนวก ช.

หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติตาม มาตรฐาน GMP และ HACCP

อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ได้พยายามนำระบบ GMP และ HACCP มาปรับปรุงใช้ในการผลิต เพื่อประโยชน์ในการแข่งขันทางการตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ หลักเกณฑ์และวิธีการปฏิบัติตามมาตรฐาน GMP และ HACCP ที่กล่าวในรายงานฉบับนี้ เป็นวิธีการปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ทั่วไป ซึ่งในการปฏิบัติจริง โรงสีข้าวจะต้องจัดหาทีมที่ปรึกษาหรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการตรวจประเมินและวิเคราะห์โครงสร้าง กระบวนการผลิต เครื่องมือ และวิเคราะห์จุดอันตรายและจุดวิกฤตต่อไป

1. หลักเกณฑ์วิธีการผลิตที่ดี GMP (Good Manufacturing Practices)

ระบบ GMP หรือ หลักเกณฑ์วิธีการผลิตที่ดี เป็นข้อกำหนดพื้นฐานที่จำเป็นในการผลิตและควบคุมเพื่อให้ผู้ผลิตปฏิบัติตามและทำให้สามารถผลิตอาหารได้อย่างปลอดภัย โดยเน้นการป้องกันและขจัดความเสี่ยงที่อาจทำให้อาหารเป็นพิษ เป็นอันตราย และไม่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

GMP ที่นำมาเป็นมาตรการนี้ ยึดตามมาตรฐานสากลของ Codex (Codex Standard) โดยมีการควบคุมกระบวนการผลิตขั้นต้น การออกแบบและสิ่งอำนวยความสะดวก การควบคุมการปฏิบัติงาน การบำรุงรักษาและการสุขาภิบาล สุขลักษณะส่วนบุคคล การขนส่ง ข้อมูลเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และการสร้างความเข้าใจให้ผู้บริโภค และการฝึกอบรม ซึ่งประเทศไทยได้มีการปรับลดรายละเอียดบางส่วนให้เหมาะสม โดยยังคงสอดคล้องกับหลักเกณฑ์สากล เพื่อให้สามารถปฏิบัติได้ในสถานการณ์จริงสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารที่ผลิตเพื่อการบริโภคภายในประเทศ และเพื่อการส่งออก

หลักเกณฑ์ GMP ที่กำหนดเป็นกฎหมาย ซึ่งปรากฏในบัญชีแนบท้ายประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 193) พ.ศ. 2543 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สถานที่ตั้งอาคารผลิต

1.1 สถานที่ตั้งตัวอาคารและที่ใกล้เคียง ต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่ทำให้อาหารที่ผลิต เกิดการปนเปื้อนได้ง่าย โดย

- ที่ตั้งตัวอาคารและบริเวณโดยรอบสะอาด ไม่มีการสะสมสิ่งที่ไม่ใช้แล้วหรือสิ่งปฏิกูลอันอาจเป็นแหล่งเพาะพันธุ์สัตว์และแมลง รวมทั้งเชื้อโรคต่างๆ ได้
- อยู่ห่างจากบริเวณหรือสถานที่ที่มีฝุ่นมากผิดปกติ
- ไม่อยู่ใกล้สถานที่ที่น่ารังเกียจ
- บริเวณพื้นที่ตั้งตัวอาคารไม่มีน้ำขังและสกปรก มีท่อระบายน้ำ เพื่อให้ น้ำไหลลงสู่ทางระบายน้ำสาธารณะในกรณีที่เกิดน้ำท่วมที่สถานที่ตั้งตัวอาคารซึ่งใช้ผลิตอาหารอยู่ติดกับบริเวณที่มีสภาพไม่เหมาะสม หรือต้องมีกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงสัตว์นำโรค ตลอดจนฝุ่นผงและสาเหตุของการปนเปื้อนอื่นๆ ด้วย

1.2 อาคารผลิตมีขนาดเหมาะสม มีการออกแบบและก่อสร้างในลักษณะที่ง่ายแก่การทะนุบำรุงสภาพ รักษาความสะอาด และสะดวกในการปฏิบัติงานโดย

- พื้น ฝาผนัง และเพดานของอาคารสถานที่ผลิต ต้องก่อสร้างด้วยวัสดุที่คงทนเรียบทำความสะอาดและซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพดีตลอดเวลา
- ต้องแยกบริเวณผลิตอาหารออกเป็นสัดส่วน ไม่ปะปนอยู่กับที่อยู่อาศัย
- ต้องมีมาตรการป้องกันสัตว์และแมลงไม่ให้เข้าไปในบริเวณอาคารผลิต
- จัดให้มีพื้นที่เพียงพอที่จะติดตั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไปตามสายงานการผลิตอาหารแต่ละประเภท และแบ่งแยกพื้นที่การผลิตเป็นสัดส่วนเพื่อการป้องกันการปนเปื้อนอันอาจเกิดขึ้นกับอาหารที่ผลิตขึ้น
- ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ในบริเวณผลิต
- จัดให้มีแสงสว่างและการระบายอากาศที่เหมาะสมเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานภายในอาคารผลิต

2. เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต

2.1 ภาชนะหรืออุปกรณ์ในการผลิตที่สัมผัสกับอาหาร ต้องทำจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารอันอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

2.2 โต๊ะที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในส่วนที่สัมผัสกับอาหาร ต้องทำด้วยวัสดุที่ไม่เกิดสนิมทำความสะอาดง่าย และไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่อาจเป็นอันตรายแก่สุขภาพของผู้บริโภค โดยมีความสูงเหมาะสมและมีเพียงพอในการปฏิบัติงาน

2.3 การออกแบบติดตั้งเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้เหมาะสมและคำนึงถึงการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้น รวมทั้งสามารถทำความสะอาดตัวเครื่องมือ เครื่องจักร และบริเวณที่ตั้งได้ง่ายและทั่วถึง

2.4 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิตต้องเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน

3. การควบคุมกระบวนการผลิต

3.1 การดำเนินการทุกขั้นตอนจะต้องมีการควบคุมตามหลักสุขาภิบาลที่ดีตั้งแต่การตรวจรับวัตถุดิบ และส่วนผสมในการผลิตอาหาร การขนย้าย การจัดเตรียม การผลิต การบรรจุ การเก็บรักษาอาหาร และการขนส่ง

- วัตถุดิบและส่วนผสมในการผลิตอาหาร ต้องมีการคัดเลือกให้อยู่ในสภาพที่สะอาด มีคุณภาพดีเหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารสำหรับบริโภค ต้องล้างหรือทำความสะอาดตามความจำเป็นเพื่อขจัดสิ่งสกปรก หรือสิ่งปนเปื้อนที่อาจติดหรือปนมากับวัตถุนั้นๆ และต้องเก็บรักษาวัตถุดิบภายใต้สภาวะที่ป้องกันการปนเปื้อนได้โดยมีการเสื่อมสลายน้อยที่สุด และมีการหมุนเวียนสต็อกของวัตถุดิบและส่วนผสมอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ

- ภาชนะบรรจุอาหารที่ใช้ในการขนถ่ายวัตถุดิบและส่วนผสมในการผลิตอาหาร ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการนี้ ต้องอยู่ในสภาพที่เหมาะสมและไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนกับอาหารในระหว่างการผลิต

- ใช้น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตที่สัมผัสกับอาหาร ต้องมีคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง น้ำแข็งและน้ำบริโภคและการนำไปใช้ในสภาพที่ถูกสุขลักษณะ

- น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร ต้องเป็นน้ำสะอาดบริโภคได้ มีคุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง น้ำบริโภค และการนำไปใช้ในสภาพที่ถูกสุขลักษณะ

- การผลิต การเก็บรักษา ขนย้าย และขนส่งผลิตภัณฑ์อาหาร ต้องป้องกันการปนเปื้อนและป้องกันการเสื่อมสลายของอาหารและภาชนะบรรจุด้วย

- การดำเนินการควบคุมกระบวนการผลิตทั้งหมด ให้อยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม

3.2 จัดทำบันทึกและรายงานอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- ผลการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์
- ชนิดและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์และวันเดือนปีที่ผลิต โดยให้เก็บบันทึกและรายงานไว้อย่างน้อย 2 ปี

4. การสุขาภิบาล

- 4.1 น้ำที่ใช้ภายในโรงงาน ต้องเป็นน้ำสะอาดและมีการปรับคุณภาพน้ำตามความจำเป็น
- 4.2 จัดให้มีห้องส้วมและอ่างล้างมือล้างหน้าห้องส้วมให้เพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงานและต้องถูกสุขลักษณะ มีอุปกรณ์ในการล้างมืออย่างครบถ้วน และต้องแยกต่างหากจากบริเวณผลิตหรือไม่เปิดสู่บริเวณผลิตโดยตรง
- 4.3 จัดให้มีอ่างล้างมือในบริเวณผลิตให้เพียงพอและมีอุปกรณ์การล้างมืออย่างครบถ้วน
- 4.4 จัดให้มีวิธีการป้องกันและกำจัดสัตว์และแมลงในสถานที่ผลิตตามความเหมาะสม
- 4.5 จัดให้มีภาชนะรองรับขยะมูลฝอยที่มีฝาปิดในจำนวนที่เพียงพอ และมีระบบกำจัดขยะมูลฝอยที่เหมาะสม
- 4.6 จัดให้มีทางระบายน้ำทิ้งและสิ่งโสโครกอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสม และไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนกลับเข้าสู่กระบวนการผลิตอาหาร

5. การบำรุงรักษาและการทำความสะอาด

- 5.1 ตัวอาคาร สถานที่ผลิตต้องทำความสะอาดและรักษาให้อยู่ในสภาพสะอาดถูกสุขลักษณะโดยสม่ำเสมอ
- 5.2 ต้องทำความสะอาด ดูแลและเก็บรักษาเครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิตให้อยู่ในสภาพที่สะอาดทั้งก่อนและหลังการผลิต สำหรับชิ้นส่วนของเครื่องมือเครื่องจักรต่างๆ ที่อาจเป็นแหล่งสะสมจุลินทรีย์ หรือก่อให้เกิดการปนเปื้อนอาหาร สามารถทำความสะอาดด้วยวิธีที่เหมาะสมและเพียงพอ
- 5.3 พื้นผิวของเครื่องมือและอุปกรณ์การผลิตที่สัมผัสกับอาหาร ต้องทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ
- 5.4 เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต ต้องมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสม่ำเสมอ
- 5.5 การใช้สารเคมีที่ใช้ล้างทำความสะอาด ตลอดจนเคมีวัตถุที่ใช้เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ปลอดภัย และการเก็บรักษาวัตถุดังกล่าวจะต้องแยกเป็นสัดส่วนและปลอดภัย

6. บุคลากรและสุขลักษณะ

- 6.1 ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณส่วนผลิต ต้องไม่เป็นโรคติดต่อหรือโรคนำรังเกียจตามที่กำหนดหรือมีบาดแผลอันอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์
- 6.2 ผู้ปฏิบัติงานทุกคนในขณะที่ดำเนินการผลิต และมีการสัมผัสโดยตรงกับอาหาร หรือส่วนผสมของอาหาร หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของพื้นที่ผิวที่อาจมีการสัมผัสกับอาหารต้อง
 - สวมเสื้อผ้าที่สะอาดและเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน

- ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนเริ่มปฏิบัติงาน และหลังการปนเปื้อน
- ใช้ถุงมือที่อยู่ในสภาพสมบูรณ์และสะอาดถูกสุขลักษณะ ทำด้วยวัสดุที่ไม่มีสารละลายหลุดออกมาปนเปื้อนอาหารและของเหลวซึมผ่านไม่ได้ สำหรับจับต้องหรือสัมผัสกับอาหาร กรณีไม่สวมถุงมือ ต้องมีมาตรการให้คนงานล้างมือ เล็บ แขนให้สะอาด
- ไม่สวมใส่เครื่องประดับต่างๆ ขณะปฏิบัติงานและดูแลสุขอนามัยของมือและเล็บให้สะอาดอยู่เสมอ
- สวมหมวก หรือผ้าคลุมผม หรือตาข่าย

6.3 มีการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวกับสุขลักษณะทั่วไป และความรู้ทั่วไปในการผลิตอาหารตามความเหมาะสม

6.4 ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องกับ การผลิต ปฏิบัติตามข้อ 6.1 – 6.2 เมื่ออยู่ในบริเวณผลิต

2. ระบบประกันคุณภาพ โดยใช้หลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร (Hazard Analysis Critical Control Point, HACCP)

ระบบ HACCP หรือระบบประกันคุณภาพ โดยใช้หลักการวิเคราะห์อันตราย และจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร โดยหลักการของ HACCP จะไม่ครอบคลุมถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ (Quality) แต่เป็นระบบป้องกัน (Preventative Program) ที่มุ่งเน้นถึงการประเมิน และวิเคราะห์อันตรายที่อาจปนเปื้อนในอาหาร เช่น เชื้อโรค สารเคมี หรือสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ การมีระบบตรวจติดตาม การแก้ไข และการทวนสอบวิธีการผลิตอันอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค

หลักเกณฑ์ทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหาร (Recommended International Code of Practice: General Principles of Food Hygiene) ซึ่งหมายความว่า ข้อกำหนดหลักเกณฑ์ทั่วไปเกี่ยวกับสุขลักษณะอาหารและระบบ HACCP ของ Codex นั้นประเทศสมาชิกขององค์การการค้าโลก (WTO) และประเทศต่าง ๆ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกฎหมายของประเทศ และนำไปปฏิบัติใช้ หรือใช้อ้างอิงได้โดยได้รับการยอมรับจากสากล

ความสำคัญของระบบ HACCP

ตลาดนำเข้าสินค้าอาหารของไทยโดยเฉพาะประเทศคู่ค้าสำคัญและมีกำลังซื้อสูง เช่น สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป ออสเตรเลีย แคนาดา เกาหลี และญี่ปุ่น ต่างให้ความสำคัญกับระบบ HACCP โดยเชื่อว่าระบบดังกล่าวเป็นระบบที่ดีที่สุดที่สามารถนำมาใช้ประกันความปลอดภัยของอาหารได้ โดยแต่ละประเทศจะกำหนดเป็นกฎ ระเบียบ หรือข้อบังคับให้ผู้ผลิตทั้งในและต่างประเทศต้องนำระบบ HACCP ไปใช้ในกระบวนการผลิตอาหาร เพื่อควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ดังนั้นการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยของอาหารจึงกลายเป็นสิ่งที่ผู้ผลิตและส่งออกอาหารเข้าสู่ตลาดโลกไม่อาจหลีกเลี่ยงได้

ประโยชน์ของระบบ HACCP

นอกจาก HACCP จะมีประโยชน์ในแง่ของการลดการกีดกันทางการค้า ซึ่งเป็นประโยชน์ที่เห็นได้ชัดแล้ว การนำระบบนี้มาใช้จะก่อให้เกิดผลดีอีกหลายประการ ดังนี้

1. ช่วยลดการสูญเสียจากอาหารที่ไม่ปลอดภัย เนื่องจากการผลิตอาหารที่ไม่ปลอดภัยเป็นสาเหตุทำให้มีค่าใช้จ่ายตามมาสูงมาก เช่น การเรียกคืนสินค้า การทำลายสินค้า การนำสินค้ากลับเข้ากระบวนการผลิตใหม่ในบางกรณี ซึ่งค่าใช้จ่ายอาจสูงเกินกว่าที่ผู้ประกอบการจะชดเชยได้
2. ช่วยลดภาระค่ารักษาพยาบาลในกรณีผลิตภัณฑ์มีอันตรายต่อผู้บริโภค
3. ลดจำนวนตัวอย่างผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องสุ่มตรวจ
4. ช่วยให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ด้านกำลังคน เงินทุน และเวลา
5. ทำให้มีข้อมูลหรือรายงานเป็นหลักฐาน สำหรับการตรวจสอบของลูกค้าและหน่วยงานที่รับผิดชอบ ซึ่งจะเป็นสิ่งแสดงว่าผู้ประกอบการมีการประกันคุณภาพการผลิตอยู่ตลอดเวลา
6. ช่วยกระตุ้นให้ผู้ประกอบการมีการติดตามการทำงานแก้ไขปัญหาและปรับปรุงการทำงานอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ
7. เป็นการสร้างชื่อเสียงและภาพพจน์ที่ดีให้กับองค์กร
8. เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันด้านการตลาดทั้งในและต่างประเทศ
9. เป็นรากฐานที่มั่นคงสำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการพัฒนาเข้าสู่ระบบคุณภาพ-ISO 9000
10. ผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัย และสามารถเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ยาวนานขึ้น ทำให้เกิดภาพพจน์ที่ดีต่อตัวผลิตภัณฑ์

หลักการของระบบ HACCP

ระบบ HACCP มีหลักการ 7 ข้อที่ต้องปฏิบัติตามที่ระบุในมาตรฐานระหว่างประเทศ และประเทศสมาชิกได้ยึดถือเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ โดยสอดคล้องกันทั่วโลก ดังนี้

1. ดำเนินการวิเคราะห์อันตราย

การวิเคราะห์อันตราย จากผลิตภัณฑ์นั้นๆ ที่อาจมีต่อผู้บริโภค ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย โดยการประเมินความรุนแรงและโอกาสที่จะเกิดอันตรายต่างๆ ในทุกขั้นตอนการผลิต จากนั้นจึงกำหนดวิธีการป้องกัน เพื่อลดหรือขจัดอันตรายเหล่านั้น

2. หาจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

การกำหนดจุดควบคุมวิกฤตในกระบวนการผลิต หมายถึง การกำหนดตำแหน่ง วิธี การ หรือขั้นตอนในกระบวนการผลิต ซึ่งหากสามารถควบคุมให้อยู่ในค่า หรือลักษณะที่กำหนดไว้ได้ แล้ว จะทำให้มีการจัดอันตราย หรือลดการเกิดอันตราย จากผลิตภัณฑ์นั้นได้

3. กำหนดค่าวิกฤต

การกำหนดค่าวิกฤต ณ จุดควบคุมวิกฤต ค่าวิกฤต อาจเป็นค่าตัวเลขหรือลักษณะ เป้าหมายของคุณภาพด้านความปลอดภัยที่ต้องการของผลผลิต ณ จุดควบคุมวิกฤต ซึ่งกำหนดขึ้น เป็นเกณฑ์สำหรับการควบคุม เพื่อให้แน่ใจว่าจุดควบคุมวิกฤตอยู่ภายใต้การควบคุม

4. กำหนดระบบเพื่อตรวจติดตามการควบคุมจุดวิกฤตที่ต้องควบคุม

กำหนดการเฝ้าระวังอย่างเป็นระบบ มีแผนการตรวจสอบ หรือเฝ้าสังเกตการณ์ และบันทึกข้อมูล เพื่อให้เชื่อมั่นได้ว่า การปฏิบัติงาน ณ จุดควบคุมวิกฤต มีการควบคุมอย่างถูกต้อง

5. กำหนดวิธีการแก้ไขข้อบกพร่อง

กำหนดมาตรการแก้ไขสำหรับข้อบกพร่องและใช้มาตรการนั้นทันที กรณีที่พบว่า จุดควบคุมวิกฤตไม่อยู่ภายใต้การควบคุมตามค่าวิกฤตที่กำหนดไว้

6. กำหนดวิธีการทวนสอบเพื่อยืนยันประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบ HACCP

ทบทวนประสิทธิภาพของระบบ HACCP ที่ใช้งานอยู่ รวมทั้งใช้ผลการวิเคราะห์ ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ เพื่อประกอบการพิจารณาและยืนยันว่า ระบบ HACCP ที่ใช้อยู่ นั้น มี ประสิทธิภาพเพียงพอที่จะสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ได้

7. กำหนดวิธีการจัดเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิธีปฏิบัติและบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เหมาะสม

จัดทำระบบบันทึกและเก็บรักษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิต และ ผลิตภัณฑ์อาหารแต่ละชนิดไว้ เพื่อเป็นหลักฐานให้สามารถตรวจค้นได้

การเข้าสู่ระบบ HACCP

มาตรฐาน HACCP เป็นมาตรฐานระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อาหารที่ครอบคลุมตั้งแต่วัตถุดิบ เครื่องปรุง การผลิต การเก็บรักษา การส่งมอบ และการใช้ผลิตภัณฑ์ มุ่งเน้นในห่วงโซ่การผลิต มีการกำหนดมาตรการควบคุมดูแลกระบวนการผลิต เพื่อป้องกันมิให้เกิดปัญหา ที่มีผลกระทบ ต่อความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ในการพิจารณาระบบ HACCP มีขั้นตอนหลักที่โรงงานจะต้องจัดทำดังต่อไปนี้

1. ศึกษามาตรฐานระบบการวิเคราะห์อันตราย และจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร รวมถึงคำแนะนำในการนำไปใช้ของ Codex ตาม มอก.7000-2540 Annex to CAC/RCP-1 (1969) Rev. 3 (1997) หรือประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา หรือมาตรฐานระบบ HACCP ของประเทศคู่ค้า
2. ประชุมฝ่ายบริหาร เพื่อขอการสนับสนุนในการจัดทำระบบ HACCP จัดตั้งทีมงานจัดทำระบบ HACCP และควบคุมดูแลให้เป็นไปตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้
3. เลือกผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาจัดทำระบบ HACCP จัดทำรายละเอียดและวิธีการปฏิบัติตามหลักการระบบ HACCP ตรวจสอบพิสูจน์แผน HACCP ที่จัดทำขึ้นก่อนนำไปปฏิบัติ และลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดและตรวจสอบพิสูจน์แล้ว
4. ทวนสอบระบบ เพื่อตรวจสอบว่าระบบเป็นไปตามแผนและข้อกำหนดตามมาตรฐาน โดยได้มีการปฏิบัติและคงรักษาระบบอย่างเหมาะสม แก้ไขข้อบกพร่องที่มาจากการตรวจติดตามภายใน และปรับปรุงระบบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
5. ติดต่อหน่วยงานที่ให้การรับรอง และยื่นคำขอ

ภาคผนวก ช. กฎและระเบียบ สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

ตารางที่ ช-1 กฎและระเบียบที่เกี่ยวข้อง

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
พระราชบัญญัติ	โรงงาน	2535	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
กฎกระทรวง	ประเภทโรงงาน	2535	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 1060 กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมลูกลังสีข้าว	2532	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 1534 กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเครื่องสีข้าวขนาดเล็ก	2532	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
กฎกระทรวง	ฉบับที่ 2 ที่ตั้ง สภาพแวดล้อม ลักษณะอาคารและ ลักษณะภายในอาคาร เครื่องจักร เครื่องอุปกรณ์หรือ สิ่งทีนำมาใช้ในโรงงาน คนงานประจำโรงงาน การ ควบคุมการปล่อยของเสีย มลพิษ หรือสิ่งใด ๆ ที่มีผล กระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและความปลอดภัยในการ ประกอบกิจการโรงงาน	2535	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
กฎกระทรวง	ฉบับที่ 3 การรายงานข้อมูลต่างๆของโรงงาน (การ รายงานเกี่ยวกับการประกอบกิจการโรงงาน)	2535	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 4 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบ กิจการโรงงาน (ความปลอดภัยและสุขอนามัย)	2514	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 7 กำหนดชนิดหรือคุณภาพของสินค้าที่ผลิต ในโรงงาน	2516	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 13 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงาน	2525	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 18 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงาน	2528	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ ช-1 กฎและระเบียบที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 22 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน	2528	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 24 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (การเก็บและใช้วัตถุที่อาจเป็นอันตราย)	2530	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกรม	ฉบับที่ 1 กำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝังทิ้ง เคลื่อนย้าย และการขนส่ง สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	2531	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
พระราชบัญญัติ	ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ	2535	กระทรวงวิทยาศาสตร์
ประกาศกระทรวง	เรื่องสิทธิพิเศษสำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมที่ได้รับการรับรองระบบมาตรฐานสากล	2542	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	เรื่องการกำหนดชนิดและขนาดของโรงงาน กำหนดวิธีการควบคุมการปล่อยของเสียมลพิษหรือสิ่งใด ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กำหนดคุณสมบัติของผู้ควบคุมดูแล ผู้ปฏิบัติงานประจำ และหลักเกณฑ์การขึ้นทะเบียนผู้ควบคุมดูแลสำหรับระบบป้องกันสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ	2545	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ ช-2 มาตรฐานคุณภาพอากาศและการควบคุม

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบาย ออกจากโรงงาน	2548	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 2 กำหนดค่าปริมาณของสารเจือปน ในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน (เพิ่มเติม)	2543	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดย ทั่วไป	2538	กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวง	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน บรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ชั่วโมง	2538	กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวง	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 21 เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ใน บรรยากาศโดยทั่วไปในเวลา 1 ชั่วโมง	2544	กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวง	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดย ทั่วไป	2547	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวง	กำหนดให้โรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำเป็นแหล่งกำเนิด มลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยทิ้งอากาศเสีย ออกสู่บรรยากาศ	2548	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม
ประกาศกระทรวง	กำหนดมาตรฐานค่าความทึบแสงจากปล่องปล่อยทิ้ง อากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ	2548	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม

ตารางที่ ช-3 มาตรฐานระดับเสียง

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป	2540	กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ ช-4 มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งและการควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง

ศักดิ์ของกฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 2 กำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน	2539	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกรม	กำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกนอกโรงงานให้มีค่าแตกต่างจากที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2539) เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน	2540	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 3 เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	2539	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 4 เรื่อง กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม	2539	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
ประกาศกระทรวง	กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษที่จะต้องถูกควบคุมการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือออกสู่สิ่งแวดล้อม	2536	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
ประกาศกรม	วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้ง ความถี่ และระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม	2539	กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
ประกาศกรม	ที่ 67/2534 ให้มีการขออนุญาตการปล่อยน้ำทิ้งทุกประเภทลงสู่แหล่งน้ำ	2534	กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
ประกาศกรม	ที่ 419/2540 กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	2540	กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม
ประกาศกรม	ที่ 435/2540 กำหนดประเภทของโรงงานอุตสาหกรรมที่อนุญาตให้ระบายน้ำทิ้งให้มีค่ามาตรฐานแตกต่างจากค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกรมเจ้าท่าเรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม และนิคมอุตสาหกรรม	2540	กรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม

ตารางที่ ช-5 กฎหมายที่เกี่ยวข้องด้านพลังงานและหม้อไอน้ำ

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 18 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (เกี่ยวกับหม้อไอน้ำ)	2528	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประกาศกระทรวง	ฉบับที่ 26 หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน (มาตรการเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ)	2534	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ระเบียบกรม	ว่าด้วยการขึ้นทะเบียนเป็นวิศวกรควบคุมและอำนาจการใช้หม้อไอน้ำ	2528	กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
พระราชบัญญัติ	การพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน	2535	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
พระราชบัญญัติ	การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	2535	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
พระราชบัญญัติ	กำหนดโรงงานควบคุม	2540	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
กฎกระทรวง	ฉบับที่ 5 ว่าด้วยกำหนดแบบและระยะเวลาการส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต การใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน และกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน และการติดตั้งหรือเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน	2540	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
กฎกระทรวง	ฉบับที่ 6 ว่าด้วยกำหนดหลักเกณฑ์วิธีการและระยะเวลาให้เจ้าของโรงงานควบคุมกำหนดและส่งเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงานของโรงงานควบคุม และตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน	2540	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
ประกาศกระทรวง	วิธีการจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงานควบคุม	2540	กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ

ตารางที่ ช-6 กฎหมายภายใต้กระทรวงพาณิชย์

ศักดิ์ของ กฎหมาย	เรื่อง	ปี พ.ศ.	หน่วยงานที่รับผิดชอบ
ประกาศกระทรวง	มาตรฐานสินค้าข้าว	2540	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและ มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย	2544	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและ มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 2)	2545	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐานและ มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 3)	2546	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	หลักเกณฑ์และวิธีการจัดให้มีการตรวจสอบมาตรฐาน สินค้าและการตรวจสอบมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิ ไทย	2545	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	กำหนดด้านศุลกากรที่ผู้ส่งหรือนำสินค้ามาตรฐานข้าว หอมมะลิไทยออกนอกราชอาณาจักร ต้องแสดงใบรับรอง มาตรฐานสินค้า	2545	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศกระทรวง	กำหนดอัตราค่าบริการตรวจสอบมาตรฐานสินค้าและ การออกใบรับรองมาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย (ฉบับที่ 2)	2545	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศ สำนักงาน มาตรฐานสินค้า	กำหนดท้องที่หรือเขตตรวจสอบมาตรฐานสินค้าข้าว หอมมะลิไทย สำหรับส่งไปต่างประเทศ	2545	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์
ประกาศ สำนักงาน มาตรฐานสินค้า	หลักเกณฑ์และวิธีการเก็บตัวอย่างสินค้าข้าวหอมมะลิ ไทย เพื่อตรวจพิสูจน์ทางด้านพันธุกรรม	2547	กรมการค้าต่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์

ภาคผนวก ณ. คำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

คำศัพท์	ความหมาย
ข้าวกล้อง	ข้าวที่ได้จากการสี ข้าวเปลือกเจ้า ข้าวเปลือกเหนียวเพื่อเอาเปลือกออกเท่านั้น ทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว
ข้าวกลับ	ข้าวเปลือกที่กลับไปกะเทาะซ้ำ ซึ่งได้จากเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง
ข้าวแกลบ	ผลผลิตที่ได้จากการกะเทาะ ประกอบด้วย ข้าวกล้อง ข้าวเปลือกที่กะเทาะเปลือกไม่ออก และแกลบ
ข้าวขาว	ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก โดยเอาเปลือกออกและขัดเอารำออกจนมีสีขาว ทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว
ข้าวตัน (ต้นข้าว)	เมล็ดข้าวที่บางส่วนจะเป็นหัวหรือท้าย หรือทั้งหัวและท้ายของเมล็ดข้าวได้หักและมีความยาวเหลืออยู่ตั้งแต่ 8 ส่วนขึ้นไปตามมาตรฐานของชนิดข้าวที่กำหนดไว้
ข้าวเต็มเมล็ด	เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดโดยมิได้มีส่วนใดหักออกเลย
ข้าวหนึ่ง	ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกเจ้าที่ผ่านการแช่น้ำและอบด้วยความร้อนแล้ว ทำให้แห้งก่อนทำการสี ถ้าสีโดยขัดรำออกหมด เรียกว่า ข้าวหนึ่ง หากสีโดยเอาเปลือกออกเท่านั้น ให้เรียกว่า ข้าวหนึ่งกล้อง
ข้าวรวม	ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือก โดยเอาเปลือกออกและขัดเอารำออกจนมีสีขาว ทั้งที่เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักใหญ่ ข้าวหัก และปลายข้าว
ข้าวลีบ	เมล็ดข้าวที่มีลักษณะลีบผิดจากเมล็ดข้าวธรรมดา
ข้าวหัก	เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปของข้าวเต็มเมล็ด ตามมาตรฐานของชนิดข้าวที่กำหนดไว้ แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวหักใหญ่
ข้าวหักใหญ่	เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ส่วนขึ้นไปของข้าวเต็มเมล็ด ตามมาตรฐานของชนิดข้าวที่กำหนดไว้ แต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว
ปลายข้าว	เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวต่ำกว่า 2.5 ส่วนของข้าวเต็มเมล็ด ตามมาตรฐานของชนิดปลายข้าวที่กำหนดไว้

คำศัพท์	ความหมาย
หุ้ช้าง	ช่องสำหรับเปิดรับลมหรือระบายลม โดยมีแผ่นไม้หรือวัสดุอื่นๆ ที่สามารถปรับเลื่อนให้ช่องกว้างขึ้นหรือแคบลงได้
ชอร์ (Shore)	เป็นหน่วยวัดค่าความแข็งของยาง มีค่าตั้งแต่ 0-100 วัสดุที่มีความแข็งมาก จะมีค่าชอร์สูง
กำลังไฟฟ้า	ความต้องการไฟฟ้าจริงที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะนำไปใช้ในการทำงานในเวลาหนึ่งๆ มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW)
ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)	ค่าสูงสุดของค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าทุก ๆ 15 นาที
ช่วง Off Peak	วันจันทร์ – วันศุกร์ ระหว่างเวลา 22.00 – 09.00 น. และ วันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน
ช่วง Peak	วันจันทร์ – วันศุกร์ ระหว่างเวลา 09.00 – 22.00 น.
ตัวประกอบกำลัง (Power Factor)	อัตราส่วนระหว่างกำลังงานจริง (actual power) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อ กำลังงานปรากฏ (apparent power) มีหน่วยเป็นโวลต์-แอมป์ หรือ กล่าวได้ว่าเป็นตัวเลขที่บ่งบอกถึงความเบี่ยงเบนระหว่างกระแสไฟฟ้า และแรงดันของอุปกรณ์ไฟฟ้า มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1
ตัวประกอบโหลด (Load Factor)	ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้หารด้วยค่าสูงสุดของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
พลังงานไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ในการทำงานในระยะเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น วัตต์ชั่วโมง (Wh) หรือ กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh)
ค่าความเข้มข้นของความสกปรกในน้ำเสีย (BOD)	เป็นค่าที่บอกถึงปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม/ลิตร ถ้าค่าบีโอดีสูงแสดงว่าความต้องการออกซิเจนสูง นั่นคือมีความสกปรกหรือสารอินทรีย์ในน้ำมาก
ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)	ปริมาณบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย มีหน่วยเป็น กิโลกรัมบีโอดี/วัน
ค่าความทึบแสง	จำนวนร้อยละของแสงที่ไม่สามารถส่องผ่านเขม่าควันจากปล่องปล่อยทิ้งอากาศเสียของโรงสีข้าวที่ใช้หม้อไอน้ำ
อากาศส่วนเกิน (Excess Air)	อากาศที่มากกว่าปริมาณที่ต้องการใช้เพื่อการเผาไหม้สมบูรณ์ทางทฤษฎี

ภาคผนวก ญ.
รายชื่อคณะกรรมการ
อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว

ประธานกรรมการ

นายโกศล ใจรังษี รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

รองประธานกรรมการ

นายชัยสิทธิ์ พงศ์มรกต ผู้อำนวยการสำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

กรรมการ

นางบุษรา	จันทร์แก้วมณี	กรมวิชาการเกษตร
นายณภดล	สฤตศิษฐ์	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
นางสาวจิระภาพร	ไพลมา	สำนักนโยบายและแผนพลังงาน
นายวัฒนา	รัตนวงศ์	สมาคมโรงสีข้าวไทย
ผศ.ดร.สุวรรณ	หอมหวล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
นายพิเชษฐ	โตนิติวงศ์	โรงสีศิริกัญญา
นายสรายุทธ์	มณีอินทร์	โรงสีโชคอนันต์ธัญญา
นายไพโรจน์	จำปาเงิน	บริษัท ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกรนารี จำกัด(มหาชน)
นายวันชัย	อนุพัฒน์วิน	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

กรรมการและเลขานุการ

นางสุกัญญา บรรณเกสัช สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวเบญจพร ศิริพรหมโชติ สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

คณะทำงาน

นายสมชาติ	สถิตย์สุขเสนาะ	รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม
นายวันชัย	อนุวัฒน์วิน	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5
นางสุกัญญา	บรรณเภสัช	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นายณรงค์	บัวบาน	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นายมนตรี	โทมัส	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5
นายสมพล	จรัสรัตน์	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5
นายวีรพงษ์	เอี่ยมเจริญชัย	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นางสาวแคทลียา	คงสุภาพศิริ	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นางสาวเบญจพร	ศิริพรหมโชติ	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

รายชื่อคณะกรรมการประสานและรับมอบงานกรมโรงงานอุตสาหกรรม

คณะกรรมการประสานและรับมอบงานจ้างที่ปรึกษาโครงการจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว) ประกอบด้วยบุคคลดังต่อไปนี้

ประธานกรรมการ

นายวันชัย	อนุทินวิน	สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5
-----------	-----------	--------------------------------

กรรมการ

นางสุกัญญา	บรรณเกสัช	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
นายวีรพงษ์	เอี่ยมเจริญชัย	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวเบญจพร	ศิริพรหมโชติ	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
--------------	--------------	--

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวแคทลียา	คงสุภาพศิริ	สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน
---------------	-------------	--

รายชื่อที่ปรึกษาโครงการ

ที่ปรึกษาโครงการจ้างศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ
(อุตสาหกรรมโรงสีข้าว) บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด ประกอบด้วยบุคคลดังต่อไปนี้

นายสุวัชร	บัวแย้ม	ผู้จัดการโครงการ
ผศ.ผดุงศักดิ์	วานิชชัง	ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรมโรงสีข้าว
รศ.ดร.วราวุธ	เสื่อดี	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม/มลพิษอากาศ
นายโสภณ	บุ๋ตตามใจ	ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
ดร.เชาว์	อินทร์ประสิทธิ์	ผู้เชี่ยวชาญด้านโรงสีข้าว/เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
ผศ.ดร.ฐปน	ชื่นบาล	ผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อม/น้ำเสีย
นายปฐมพงศ์	สงวนวงศ์	นักเศรษฐศาสตร์
นายบรรจง	เด่นกำจรโชคชัย	นักวิชาการสิ่งแวดล้อม
นางสาวลัดดา	ยาวิรัชน์	วิศวกรเคมี
นายพรปัญญา	ขันติไพบุลย์กุล	วิศวกรพลังงาน
นางสาวนุชมาศ	ไกล้อินทร์	วิศวกรอาหาร
นายกำพล	รัตนจันทร์	เจ้าหน้าที่ประสาน

ภาคผนวก ก.

กิตติกรรมประกาศ

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ขอขอบคุณโรงสีข้าวที่ให้ความร่วมมืออย่างยิ่ง ในการเข้าร่วมโครงการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ (อุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว) ดังรายนามต่อไปนี้

1. นายพิเชษฐ	โตนิตวงศ์	โรงสีศิริภิญโญ
2. นายสรายุทธ์	มณีอินทร์	โรงสีโชคอนันต์ธัญญา
3. นายวิโรจน์	มณีอินทร์	โรงสีโชคอนันต์ธัญญา
4. นายอุดม	ดาราพงศ์สถาพร	โรงสีไผ่ย่งสงแสง
5. นายไพบูลย์	ดาราพงศ์สถาพร	โรงสีไผ่ย่งสงแสง
6. นายธนัทพัชร	ดาราพงศ์สถาพร	โรงสีไผ่ย่งสงแสง
7. นายณัฐพงศ์	บุลย์สิน	โรงสีไฟชัยไพบูลย์
8. นายสมศักดิ์	เอกพินิจพิทยา	โรงสีเทพมงคล
9. นายวรยุทธ	พรพงษ์สุริยา	โรงสีเทพมงคล
10. นายชัยวัฒน์	รัตนผุดดีกุล	โรงสีกรุงเทพกิจการ
11. นายวรวิช	โกมลมณี	โรงสีกรุงเทพกิจการ
12. คุณกนกวรรณ	นรากรมังคลา	โรงสีเจริญเพิ่มพูล
13. คุณกรรณิการ์	นรากรมังคลา	โรงสีเจริญเพิ่มพูล
14. นายวิเชษฐ์	เกษตรสิน	โรงสีเกษตรสินไกลเด่นไรซ์
15. นายชาลี	เศรษฐพัฒน์ชัย	โรงสีข้าวนำชัย
16. นายณัฐวัฒน์	เศรษฐพัฒน์ชัย	โรงสีไฟเจริญผล
17. นายนำชัย	แช่ตั้ง	โรงสีตั้งเชียงฮะบางระจัน

ภาคผนวก ก. เอกสารอ้างอิง

1. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, “แผนนโยบายด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมไทย”, 2544.
2. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, “หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาปลากระปอง”, 2544.
3. กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, “หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาแป้งมันสำปะหลัง”, 2548.
4. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, “เอกสารเผยแพร่ แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน การปฏิบัติงานว่าด้วยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรม”, 2543.
5. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, “คู่มือการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด”.
6. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, “รวมกฎหมายสิ่งแวดล้อมสำหรับผู้ปฏิบัติ”, 2546.
7. จัตรชัย นิยมล, ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, 2548.
8. ผดุงศักดิ์ วานิชชัง ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, “การจัดการโรงสีข้าว”, 2535.
9. วิชัย พงษ์ธารธิกุล ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, “ผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ”, 2542.
10. ศิริกัลยา สุจิตตานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, “เทคนิคการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมและกรณีศึกษา”, 2548.
11. สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, “การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท”, 2540.
12. อรอนงค์ นัยวิกุล ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, “ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี”, 2547.
13. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 193) พ.ศ. 2543 เรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต การเก็บรักษาอาหาร
14. ศิริพร วันพั่น, “Food Safety ความปลอดภัยด้านอาหาร Industrial Technology Review 126”, http://industrial.se-ed.com/itr126/itr126_120.asp, 2547