



กรมโรงงานอุตสาหกรรม  
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL WORKS

# หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (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](mailto: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
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 เหตุผล	1
1.2 ขอบเขต	2
1.3 นิยาม	2
1.4 คณะกรรมการอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว	3
<b>2. ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต</b>	<b>4</b>
<b>3. วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ</b>	<b>6</b>
3.1 การพักลูกยางกะเทาะข้าวเปลือกเพื่อลดอุณหภูมิลูกยาง	14
3.2 การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ	16
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีฟัด	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 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมแกลบร่วมกับการใช้น้ำดักจับลอย	34
<b>4. บทสรุป</b>	<b>36</b>

# 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 ให้หันมาให้ความสำคัญทั้งการดำเนินการในส่วนของการผลิตและการตลาดควบคู่กัน เพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดในการลงทุน พร้อมทั้งช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมรายสาขาต่างๆ ได้พิสูจน์ให้เห็นแล้ว โดยเฉพาะในด้านความคุ้มค่าของการดำเนินการที่สามารถลดต้นทุนการผลิต เพิ่มผลผลิต และเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการค้าได้ และจากการที่ปัจจุบันทั่วโลกต่างให้ความสำคัญต่อคุณภาพชีวิตมากขึ้น ทั้งทางด้านคุณภาพความปลอดภัยของอาหารและปัญหาสิ่งแวดล้อม หลายประเทศได้กำหนดกฎหมายและมาตรฐานต่างๆ เพื่อกำกับดูแลให้อาหารและผลิตภัณฑ์อาหารมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคมากขึ้น อาทิ มาตรฐานความปลอดภัยด้านสินค้าเกษตรและอาหาร มาตรฐานการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี (GMP) ระบบประกันคุณภาพโดยใช้หลักการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในการผลิตอาหาร (HACCP) และสินค้าฉลากเขียว เป็นต้น การควบคุมดังกล่าวไม่เพียงแต่ทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้นเท่านั้น แต่มีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยช่วยในด้านการส่งออกและลดปัญหาการกีดกันทางการค้ากับนานาประเทศได้อีกด้วย

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 ไกรรังษี รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม

### รองประธานกรรมการ

นายชัยสิทธิ์ พงศ์มรกต ผู้อำนวยการสำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

### กรรมการ

นางบุษรา จันท์แก้วมณี กรมวิชาการเกษตร  
นายนภดล สฤทธิสุข การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย  
นางสาวจิระภาพร ไหลมา สำนักนโยบายและแผนพลังงาน  
นายวัฒนา รัตนวงศ์ สมาคมโรงสีข้าวไทย  
ผศ.ดร.สุวรรณ หอมหวล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน  
นายพิเชษฐ โตนิติวงศ์ โรงสีศิริภิญโญ  
นายสรายุทธ์ มณีอินทร์ โรงสีโชคอนันต์ธัญญา  
นายไพโรจน์ จำปาเงิน บริษัท ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน)  
นายวันชัย อนุวัฒนาวิน สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5

### กรรมการและเลขานุการ

นางสุกัญญา บรรณเภสัช สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

### กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

นางสาวเบญจพร ศิริพรหมโชติ สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

### คณะทำงาน

นายสมชาติ สติติย์สุขเสนาะ รองอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม  
นายวันชัย อนุวัฒนาวิน สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5  
นางสุกัญญา บรรณเภสัช สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน  
นายณรงค์ บัวบาน สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน  
นายมนตรี โทมัส สำนักโรงงานอุตสาหกรรมรายสาขา 5  
นายสมพล จรลีรัตน์ 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) เเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน
- 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 สาเหตุหลักเกิดจากอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบเป็นพลังงานกลมีประสิทธิภาพต่ำ พลังงานกลที่ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์น้อยกว่าความสามารถจริง และเชื้อเพลิงแกลบมีราคาเพิ่มสูงตามความต้องการของตลาด

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

ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต	หน่วยวัด	โรงสีข้าว			
		ข้าวเหนียว	ข้าวหอมมะลิ	ข้าวขาว	ข้าวหนึ่ง
<b>1) เเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน</b>					
- 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
<b>2) ปริมาณการใช้พลังงาน</b>					
<b>2.1) กระบวนการสีข้าว</b>					
<b>2.1.1) พลังงานไฟฟ้า</b>					
- 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
<b>2.1.2) พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ</b>					
- 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
<b>2.2) กระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก</b>					
<b>2.2.1) พลังงานไฟฟ้าร่วมกับเชื้อเพลิงแกลบ</b>					
- พลังงานไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าว**				2.85 - 10.1
- เชื้อเพลิงแกลบ	ตันแกลบ/ตันข้าว**				0.072 - 0.09
ค่าใช้จ่ายรวม	บาท/ตันข้าว**				64 - 69
<b>3) ปริมาณการใช้น้ำ</b>	ลบ.ม./ตันข้าว**				0.70 - 1.08
<b>4) ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading)</b>	กก.บีโอดี/ตันข้าว**				0.43 - 0.52
<b>5) ฝุ่นระบายจากปล่องหม้อไอน้ำ</b>					
- 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	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้น้ำ*	BOD Loading*	ฝุ่นระบายนอกปล่อง*
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	<b>1.1 การทำความสะอาดข้าวเปลือก</b>										
	1.1.1 จัดให้มีการทำความสะอาดตะแกรงเป็นประจำ	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.2 ปรับมุมเอียงของตะแกรงให้อยู่ในช่วง 5-10 องศา	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.3 ปรับความถี่ในการสั่นของตะแกรงให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.4 ควบคุมความเร็วลมหน้ากรรบอกให้มีค่าระหว่าง 1.5-2.5 เมตร/วินาที	●				✓	✓	✓		✓	
	1.1.5 จัดให้มีแม่เหล็กดูดเศษตะปู/เศษเหล็กบริเวณเครื่องจักรต่าง ๆ		●			✓	✓				
	<b>1.2 การกะเทาะข้าวเปลือก</b>										
	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 <sup>1</sup>		●			✓		✓			
1.2.9 คัดแยกขนาดข้าวเปลือกก่อนการกะเทาะ				●	✓		✓				

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต							
		ใหม่	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้เ็น*	BOD Loading*	ฝุ่นระคายเคือง*		
1. การเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน	<b>1.3 การแยกแกลบ</b>												
	1.3.1 ปรับความเร็วลมหน้าตู้สีฟัดให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓					
	1.3.2 ติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีฟัด		●			✓	✓						
	1.3.3 จัดให้มีแผ่นชะลอการไหลของข้าวผ่านหน้าตู้สีฟัด		●			✓	✓						
	1.3.4 ใช้เครื่องแยกแกลบบระบบปิดแทนการใช้ตู้สีฟัด				●	✓	✓	✓					
	<b>1.4 การแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง</b>												
	1.4.1 ปรับตั้งเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องให้เหมาะสม	●				✓							
	1.4.2 เพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง			●		✓							
	<b>1.5 การขัดขาว</b>												
	1.5.1 วางแผนการขัดขาวให้เหมาะสม	●				✓	✓	✓					
	1.5.2 จัดให้มีการตรวจสอบร้อยละเย็ดเป็นประจำ	●				✓	✓						
	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	% ขาดต้น	% ขาดรวม	การใช้พลังงาน	การใช้น้ำ*	BOD Loading*	ผู้ระบายจากแปลง*
<b>2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</b>	<b>2.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ</b>							✓			
	2.1.1 จัดทำรายงานแสดงเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้า	●						✓			
	2.1.2 หลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงสุด	●						✓			
	2.1.3 จัดลำดับและหน่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร	●						✓			
	2.1.4 จัดทำบัญชีการใช้ไฟฟ้า	●						✓			
	2.1.5 การใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด		●					✓			
	2.1.6 การเริ่มเดินมอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่แบบ สตาร์-เดลตา		●					✓			
	2.1.7 ตรวจสอบวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง		●					✓			
	2.1.8 การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU			●				✓			
	2.1.9 การเพิ่มสมรรถนะของระบบไฟฟ้าด้วยการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง				●			✓			
	2.1.10 การเลือกใช้หม้อแปลงประสิทธิภาพสูงและให้มีขนาดเหมาะสม				●			✓			
	<b>2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ</b>										
	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	การใช้ไฟฟ้า*	BOD Loading*	ผู้ระบายมลพิษ*
<b>2. การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</b>	<b>2.2 การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ</b>										
	2.2.6 นำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ			●				✓			
	2.2.7 ปรับปรุงระบบการควบคุมการป้อนแกลบ				●			✓			✓
	2.2.8 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ				●	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>3. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ</b>	<b>3.1 การใช้น้ำในกระบวนการแช่และนึ่งข้าวเปลือก</b>										
	3.1.1 ตรวจสอบรั่วหรือการชำรุดของท่อน้ำและถังแช่และนึ่งอยู่เสมอ	●							✓	✓	
	3.1.2 ใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต	●							✓	✓	
	3.1.3 ฝึกอบรมพนักงานด้านการประหยัดน้ำใช้	●							✓	✓	
	3.1.4 จัดให้มีวาล์วปิด-เปิดน้ำบริเวณปลายสายยาง		●						✓	✓	
	3.1.5 ติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณน้ำใช้และจดบันทึกข้อมูลปริมาณการใช้น้ำ		●						✓	✓	
	<b>3.2 การใช้น้ำสำหรับรวบรวมแฉะแกลบจากเตาเผาหม้อไอน้ำ</b>										
3.2.1 ใช้น้ำสำหรับรวบรวมแฉะแกลบร่วมกับน้ำตกจับแฉะลอย			●					✓	✓		
<b>4. การจัดการน้ำเสีย</b>	<b>4.1 การจัดการน้ำเสียจากการแช่และนึ่งข้าว</b>										
	4.1.1 ปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความสะอาดข้าวเปลือกก่อนเข้าถังแช่และนึ่งข้าว	●								✓	
	4.1.2 ควบคุมดูแลและบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียอย่างสม่ำเสมอ		●							✓	
	4.1.3 จัดสภาพการระบายน้ำเสียที่เกิดจากการแช่และนึ่งข้าวอย่างเป็นระบบ		●							✓	✓
	<b>4.2 การจัดการน้ำเสียจากการใช้งานเครื่องจักรไอน้ำ<sup>2</sup></b>		●		●				✓	✓	✓

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต						
	ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ข้าวรวม	การใช้พลังงาน	การใช้ไฟฟ้า*	BOD Loading*	ฝุ่นระบายจากปล่อง*	
<b>4. การจัดการน้ำเสีย</b>	<b>4.3 การจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย<sup>2</sup></b>										
<b>5. การจัดการฝุ่นละออง</b>	<b>5.1 การจัดการฝุ่นละอองจากกระบวนการสีข้าว</b>										
	<b>5.1.1 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงทำความสะอาด</b>										
	5.1.1.1	●				✓	✓				
	5.1.1.2	●						✓			
	5.1.1.3	●				✓	✓				
	5.1.1.4	●				✓	✓				
	5.1.1.5	●				✓	✓				
	5.1.1.6		●								
	5.1.1.7			●	●	✓	✓				
	5.1.1.8			●	●						
	5.1.1.9				●			✓			
	<b>5.1.2 การลดปัญหาฝุ่นละอองฟุ้งกระจายบริเวณตะแกรงคัดแยกแกลบ</b>										
	5.1.2.1	●				✓	✓				
	5.1.2.2		●			✓					
5.1.2.3		●			✓						
5.1.2.4				●	✓	✓	✓				

ตารางที่ บ-2 วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ สำหรับอุตสาหกรรมโรงสีข้าว (ต่อ)

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ		เงินลงทุน				ปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิต					
		ไม่มี	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	%ข้าวตัน	%ระบบ	นางงษ์ใช้ระบบ	การใช้ไอน้ำ*	BOD Loading*	ฝุ่นเฝ้าระวัง*
5. การจัดการฝุ่นละออง	<b>5.1.3 การจัดวางเครื่องจักรเพื่อลดปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นละออง</b>										
	5.1.3.1 จัดวางเครื่องจักรแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนผลิตข้าวกล้องและส่วนการขัดขาว <sup>3</sup>				●						
	<b>5.2 การจัดการฝุ่นละอองจากลานตาก</b>										
	5.2.1 ลดความเร็วของรถเกลี่ยข้าว <sup>3</sup>	●				✓	✓				
	5.2.2 ติดตั้งท่อลมดูดฝุ่นขนาดเล็กไว้กับรถเกลี่ยและรถกวาดข้าวเปลือก <sup>3</sup>			●							
	5.2.3 ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นอโศกอินเดีย และต้นสน เป็นต้น <sup>3</sup>			●							
	<b>5.3 การจัดการฝุ่นละอองจากกองแกลบ</b>										
	5.3.1 ติดตั้งรั้วตาข่ายสูงไม่น้อยกว่า 9 เมตร โดยรอบกำแพงรั้ว และ/หรือแนวต้นไม้สูง อาทิ ต้นอโศกอินเดีย และต้นสน เป็นต้น <sup>3</sup>			●							
	5.3.2 อาคารเก็บแกลบต้องปิดมิดชิด โดยเปิดช่องระบายลมออกความเร็วไม่เกิน 0.8 เมตร/วินาที หรือติดตั้งไซโคลนหลังตู้สีฟัด <sup>3</sup>				●						
	<b>5.4 การจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำ</b>										
5.4.1 ปรับปรุงระบบบำบัดหรือระบบรวบรวมแก๊สลอยให้มีประสิทธิภาพ				●						✓	
5.4.2 ใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงแกลบอย่างมีประสิทธิภาพ <sup>2</sup>	●		●	●			✓			✓	

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

<sup>1</sup> ชอร์ (Shore) เป็นหน่วยวัดค่าความแข็งของยาง มีค่าตั้งแต่ 0-100 วัสดุที่มีความแข็งมาก จะมีค่าชอร์สูง

<sup>2</sup> เงินลงทุนที่ใช้ ขึ้นกับวิธีการปรับปรุงที่โรงสีข้าวเลือกใช้

<sup>3</sup> เป็นการลดปริมาณฝุ่นละอองฟุ้งกระจายภายในบริเวณโรงสีข้าวและบริเวณใกล้เคียง

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

ตารางที่ บ-3 ตัวอย่างเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการทำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ	เงินลงทุน (บาท)	ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ (บาท/ปี)	ระยะเวลาคืนทุน (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. การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน 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. การใช้ปริมาณน้ำแช่ข้าวให้เหมาะสมและไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต (3.1.2)	ไม่มี	27,077	ทันทีที่ปฏิบัติ
11. การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมแกลบร่วมกับการใช้น้ำดับจับแกลบ (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 เป็นการพักลูกยางกะเทาะโดยให้ผู้ควบคุมในการหยุดพัก
- 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
▪ ราคาต่างของข้าวตัน-ข้าวหัก	4	บาทต่อกิโลกรัม
▪ ราคาลูกยางกะเทาะ	550	บาทต่อลูก
▪ อายุการใช้งานลูกยางเฉลี่ย	100	ตันต่อลูก
▪ ข้าวหักเพิ่มขึ้นเฉลี่ย	0.05	%ของกำลังการผลิต
(เมื่อลูกยางมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส)		
▪ ราคาพลังงานไฟฟ้า	2.8	บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
▪ กำลังไฟฟ้าที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า	1.12	กิโลวัตต์/เครื่อง
(ระยะเวลาที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า 5.3 ชั่วโมง/วัน พักลูกยาง 5 นาที ทุก ๆ 3 ชั่วโมง จำนวน 8 เครื่อง)		
▪ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดินเครื่องจักรเปล่า	4,155	บาท/ปี

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน **ไม่มี**

≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้

▪ จำนวนลูกยางที่ใช้	4	ลูกต่อวัน
▪ ปริมาณข้าวหักลดลงหลังการปรับปรุง	0.05	%ของกำลังการผลิต
▪ อายุการใช้งานลูกยางเพิ่มขึ้น	10	%

**มูลค่าที่ประหยัดได้**

มูลค่าของราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก **192,000 บาทต่อปี**  
 (กำลังการผลิตรวม x %ข้าวหักลดลง x 24 ชม./วัน x 250 วัน/ปี x ราคาต่างข้าวตัน-ข้าวหัก)

มูลค่าลูกยางที่ประหยัดได้ **55,000 บาทต่อปี**  
 (จำนวนลูกยางที่ใช้ x %อายุการใช้งานเพิ่มขึ้น x 250 วันต่อปี x ราคาลูกยาง)

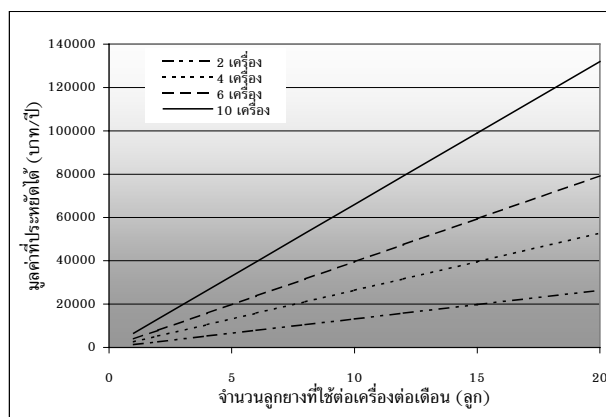
**คิดเป็นมูลค่าที่ประหยัดได้รวม 242,845 บาทต่อปี**

(มูลค่าของราคาต่างข้าวตันและข้าวหัก + มูลค่าลูกยางที่ประหยัดได้ - ค่าใช้จ่ายจากการเดินเครื่องเปล่า)

≡ **ระยะเวลาดำเนินการ (โดยประมาณ)**

**ทันทีที่ปฏิบัติ**

สำหรับโรงสีข้าวอื่นที่มีจำนวนเครื่องกะเทาะและจำนวนลูกยางที่ใช้แตกต่างจากตัวอย่างดังกล่าวข้างต้น สามารถประมาณมูลค่าที่ประหยัดได้ (คำนวณราคาลูกยาง 550 บาทต่อลูก) ดังรูปที่ บ-1



รูปที่ บ-1 ผลการประหยัดเทียบกับจำนวนลูกยางที่ใช้งานต่อเดือน

**ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

- ◆ ลดของเสียที่เกิดจากลูกยางกะเทาะ

### 3.2 การแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับ

#### ข้อมูลพื้นฐาน

การทำงานของเครื่องกะเทาะข้าวเปลือก โดยทั่วไปโรงสีข้าวจะควบคุมอัตราการกะเทาะข้าวเปลือกออกอยู่ในช่วง 80-90% ข้าวเปลือกที่ไม่ถูกกะเทาะเปลือกหรือถูกกะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ในครั้งที่ 1 (ข้าวเปลือกขนาดผอมกว่าข้าวเปลือกส่วนใหญ่) จะถูกนำกลับมากะเทาะซ้ำ เรียกว่า ข้าวกลับ การนำข้าวกลับมาทำการกะเทาะซ้ำโดยรวมเข้ากับข้าวเปลือก มักก่อให้เกิดปัญหาต่อการปรับแต่งเครื่องผู้ดูแลเครื่องนิยมแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการปรับลดระยะห่างของลูกยางกะเทาะ ส่งผลให้ข้าวเปลือกถูกบีบและเกิดการแตกหัก

#### ข้อเสนอแนะ

การคัดขนาดข้าวเปลือกก่อนทำการกะเทาะ นับเป็นหลักการหนึ่งที่สามารถลดการแตกหักของข้าวจากการกะเทาะเปลือกได้ดีที่สุด แต่โรงสีข้าวส่วนใหญ่ไม่นิยมนำมาปฏิบัติใช้ เนื่องจากมีความยุ่งยากและต้องปรับปรุงเครื่องจักรบางส่วน ดังนั้น การคัดแยกขนาดข้าวก่อนการกะเทาะที่นิยมปฏิบัติ สามารถดำเนินการได้โดยง่ายและมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ คือการแยกเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับออกจากกัน การแยกเครื่องกะเทาะข้าวกลับที่มีขนาดผอมกว่าข้าวเปลือก จะช่วยให้ผู้ดูแลเครื่องสามารถปรับลดระยะห่างของลูกยางกะเทาะได้โดยไม่ส่งผลต่อข้าวเปลือกที่มีขนาดอ้วนกว่า ช่วยลดการแตกหักของข้าว รวมทั้งส่งผลดีในทางอ้อมต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะข้าวกลับ เนื่องจากแรงดันระหว่างลูกยางที่ใช้จะลดลงมากกว่าการกะเทาะข้าวเปลือกและข้าวกลับร่วมกัน (ในกรณีที่คุณต้องการให้มีอัตราการกะเทาะสูงมากกว่า 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

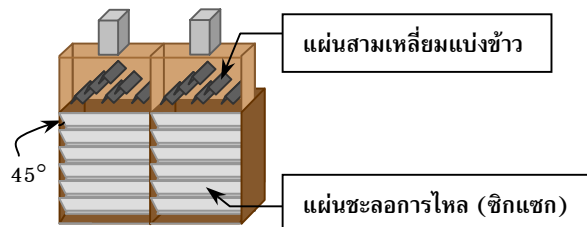
#### ข้อมูลพื้นฐาน

ตู้สีผัดเป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญในกระบวนการสีข้าว ทำหน้าที่ในการแยกแกลบออกจากข้าวโดยอาศัยกระแสลม โรตสีข้าวโดยทั่วไป ให้ความสำคัญกับตู้สีผัดน้อยกว่าอุปกรณ์อื่น ๆ ปัญหาที่พบคือ มีการสูญเสียข้าวไปกับแกลบ และข้าวเปลือก-ข้าวกล้องที่ผ่านตู้สีผัดยังพบว่ามีแกลบปน เนื่องจากข้าวไหลไม่เต็มพื้นที่หน้าตู้สีผัด ประกอบกับข้าวไหลผ่านหน้าตู้สีผัดเร็วเกินไป ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ซึ่งเป็นเครื่องจักรในลำดับต่อไป

#### ข้อเสนอแนะ

การเพิ่มประสิทธิภาพตู้สีผัดสามารถดำเนินการได้โดยวิธีการจัดการและวิธีการปรับปรุงเครื่องจักร วิธีการจัดการที่ดีจะต้องมีผู้ควบคุมที่คอยปรับแต่งการทำงานของเครื่องให้เหมาะสมอยู่เสมอ ส่วนวิธีการปรับปรุงเครื่องจักร

เป็นการปรับปรุงขนาดและปริมาณลมดูดที่เหมาะสมและปรับการควบคุมการไหลของข้าวให้เต็มหน้าตู้สีผัด การติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีผัด เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำไปปฏิบัติใช้ได้ง่ายและใช้เงินลงทุนต่ำ อุปกรณ์ที่ติดตั้งมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมวางคว่ำและเหลื่อมซ้อนกันในแต่ละแถว ภายในท่อทางไหลของแกลบก่อนเข้าหน้าตู้สีผัด มีจำนวนของสามเหลี่ยมในแต่ละแถวขึ้นกับปริมาณข้าวและพื้นที่ที่เหลื่อสำหรับติดตั้ง ผลการปรับปรุงจะช่วยให้ควบคุมเครื่องจักรได้ง่ายขึ้นและส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการแยกแกลบ ทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวรวมเพิ่มขึ้นจากการดำเนินงาน



#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

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

#### ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการติดตั้งอุปกรณ์แบ่งข้าวลงตู้สีผัดและทำให้ข้าวไหลเต็มพื้นที่หน้าตัดของตู้สีผัด พิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวตันและเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมที่เพิ่มขึ้นภายหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถแสดงตัวอย่างได้ ดังนี้

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

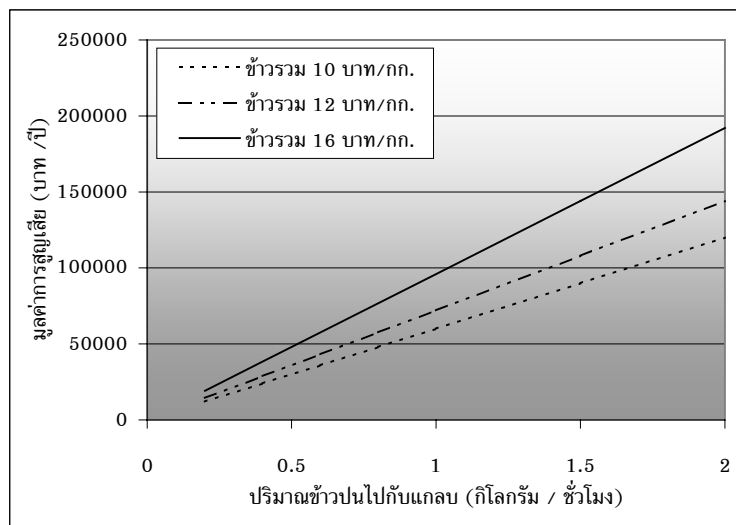
**สมมติ** ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

- 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

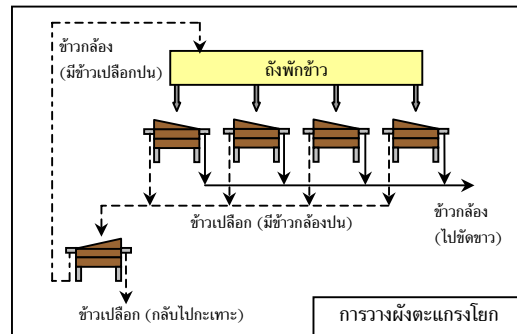
### 3.4 การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง

#### ข้อมูลพื้นฐาน

ประสิทธิภาพการคัดแยกข้าวของตะแกรงโยก โดยทั่วไปขึ้นกับการปรับตั้งการทำงานของเครื่อง อาทิ การปรับมุมเอียงตะแกรงโยก การปรับความถี่ในการโยก เป็นต้น การปรับตั้งค่าต่างๆ ดังกล่าว ผู้ดูแลเครื่องจะควบคุมและปรับตั้งเครื่องตามชนิดพันธุ์ข้าวและอัตราการป้อนข้าวเข้าเครื่อง ทั้งนี้จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวพบว่า 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 ทำการแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือกจำนวน 1 ครั้ง จากการตรวจประเมิน พบว่า มีข้าวกล้องปนไปกับข้าวเปลือก ประมาณ 1,200 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ซึ่งจะผ่านไปยังเครื่องกะเทาะอีกครั้ง และเมื่อตรวจสอบคุณภาพข้าวเทียบกับกรณีการกะเทาะข้าวเปลือกล้วนที่สภาวะเดียวกันแล้ว พบว่า กรณีที่มีข้าวกล้องปนไปกะเทาะจะเกิดข้าวหักเพิ่มขึ้นอีก 0.1 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณข้าวกล้องที่กลับไปกะเทาะ

**สมมติ** ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

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

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนการแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง โดยใช้ตะแกรงโยกจำนวน 2 ชุดทำงานแบบต่อเนื่อง จะได้ว่า ข้าวตันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

≡ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (โดยประมาณ)	150,000	บาท
(เฉพาะการปรับระบบกะเทาะสำเลียง)		
≡ ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้		
มูลค่าข้าวที่ได้กลับคืน	144,000	บาทต่อปี
(ปริมาณข้าวกล้องกลับไปกะเทาะซ้ำ 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

- ◆ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องกะเทาะข้าวกล้องซ้ำ
- ◆ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตะแกรงโยก เนื่องจากภาระการทำงานของตะแกรงโยกลดลง
- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

### 3.5 การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเดินทางเครื่องจักร

#### ข้อมูลพื้นฐาน

กำลังไฟฟ้าสูงสุดนับเป็นปัจจัยที่สำคัญของโรงสีข้าว การลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดย่อมส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าโดยรวม สามารถขยายหรือติดตั้งอุปกรณ์โดยอาจไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบควบคุมหรือหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังให้มีความสามารถสูงขึ้น ทำให้โรงสีข้าวมีค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิตลดลง การจัดการการลดกำลังไฟฟ้าสูงสุด ได้แก่ การหลีกเลี่ยงการเดินทางเครื่องจักรพร้อมๆ กัน ในช่วงเวลา 15 นาที จัดการย้ายช่วงเวลาการเดินทางเครื่องจักรที่ไม่ต้องการงานเร่งด่วนไปอยู่นอกช่วงเวลาที่มีการผลิตสูงสุด หรืออาศัยอุปกรณ์ในการเริ่มเดินมอเตอร์เพื่อช่วยปรับลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด เป็นต้น

#### ข้อเสนอแนะ

การจัดลำดับและหน่วงเวลาการเดินทางเครื่องจักรเป็นแนวทางที่โรงสีข้าวสามารถปฏิบัติได้ทันทีโดยไม่ต้องทำการปรับปรุงเครื่องจักร ทำให้โรงสีข้าวสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบภาระให้สูงขึ้นเทียบเท่ากับค่าที่เหมาะสม 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 กลุ่มกะพ้อ กลุ่มเครื่องกะเทาะ กลุ่มเครื่องขัดขาว กลุ่มตะแกรง และกลุ่มพัดลม จากนั้นพิจารณาลำดับความสำคัญของการเริ่มเดินเครื่องจักร โดยพิจารณาควบคู่ระหว่างลำดับการสีข้าวและพิกัดติดตั้งรวม ในกลุ่มย่อยนั้นๆ เช่น กลุ่มกะพ้อ ควรเริ่มเดินเครื่องจักรก่อนเพื่อป้อนข้าวเข้ารอนสี และเดินเครื่องจักรที่มีพิกัดติดตั้งรวมสูงสุดเป็นกลุ่มสุดท้าย ทั้งนี้เว้นช่วงเวลาให้เริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างกลุ่มห่างกันอย่างน้อย 15 นาที ส่วนเครื่องจักรภายในกลุ่มเดียวกันให้หน่วงเวลาประมาณ 15 วินาที

#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

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



## ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

**ตัวอย่าง** โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตสีข้าวเปลือก 200 ตันต่อวัน จัดทะเบียนเป็นผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท 3.1.2 อัตรากติ จากการตรวจสอบด้านไฟฟ้า พบว่า ที่แรงดันไฟฟ้า 380 โวลต์ มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยราย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 214 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 12 เดือน มีค่าเท่ากับ 92,448 กิโลวัตต์-ชั่วโมง มีค่าตัวประกอบภาระเท่ากับ 60% ต้องการปรับปรุงให้มีค่าสูงขึ้นไปถึง 80%

<b>สมมติ</b>	ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย		
▪	ระยะเวลาการเดินเครื่อง	24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี	
▪	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเดินเครื่องจักร	609.375	หน่วยต่อเดือน
▪	ราคาพลังงานไฟฟ้า	2.8	บาทต่อหน่วย
▪	ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	196.26	บาทต่อกิโลวัตต์

กรณีโรงสีข้าวปรับปรุงการจัดลำดับและห้วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักรเพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ดังนี้

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

## ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

### 3.6 การเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน (TOU)

#### ข้อมูลพื้นฐาน

การปรับเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเหมาะสำหรับโรงสีข้าวที่มีระยะเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน หรือสามารถย้ายช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรบางเครื่องไว้นอกช่วงเวลาที่มีการใช้งานสูง และสามารถเดินเครื่องจักรในช่วงเวลากลางคืน นอกจากนั้นการให้บริการไฟฟ้าต้องมั่นคงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 นั่นคือ ระบบจะต้องมีไฟฟ้ากระพริบ ไฟฟ้าตก หรือไฟฟ้าดับต่อเดือนน้อยมาก เพราะการเริ่มเดินเครื่องจักรใหม่จะมีผลโดยตรงต่อค่าใช้จ่ายด้านกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยโรงงานที่ใช้โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use) จะหลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องจักรระหว่างช่วงเวลา 9:00-22:00 น. ของแต่ละวัน กรณีที่มีปัญหาด้านไฟฟ้าที่ไม่มั่นคงดังกล่าวข้างต้นสามารถแก้ไขได้โดยติดตั้งอุปกรณ์ตัดการทำงานเมื่อไฟฟ้ากระพริบหรือไฟฟ้าตกไว้ที่แผงวงจรหลักก่อนจ่ายไปยังแผงควบคุมย่อยต่างๆ 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) ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าด้านแรงดันสูง โดยปกติเดินเครื่องจักร 24 ชั่วโมง จากข้อมูลใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า พบว่า มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.886 บาทต่อหน่วย มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 196 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 62,157 หน่วย และมีกำลังการสีข้าวเปลือกเท่ากับ 150 ตันต่อวัน

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าจากอัตราปกติเป็นอัตรา TOU สามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ดังนี้

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

## ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ♦ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

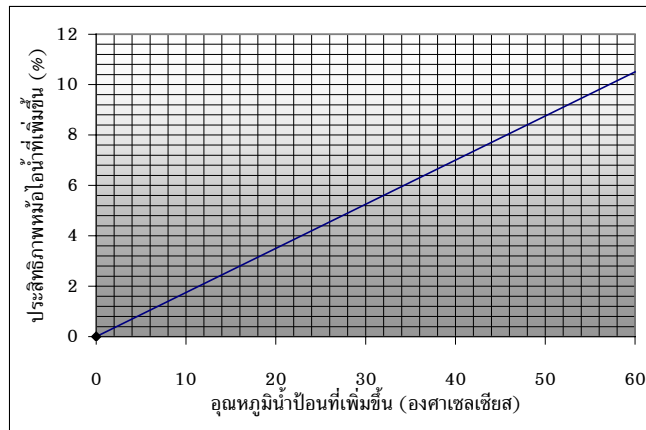
### 3.7 การนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียมาอุ่นน้ำก่อนป้อนเข้าหม้อไอน้ำ

#### ข้อมูลพื้นฐาน

จากการตรวจประเมินโรงสีข้าวนาร์่อง พบว่า หม้อไอน้ำที่ใช้มีประสิทธิภาพต่ำกว่า 50% จึงมีการใช้เชื้อเพลิงแกลบลก่อนข้างสูง ส่งผลต่อต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงและปัญหามลพิษทางอากาศด้านฝุ่นละออง

#### ข้อเสนอแนะ

การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ สามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนอย่างง่ายหรือที่โรงสีข้าวส่วนใหญ่เรียกว่า “ไส้ไก่” แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำทิ้งจากเครื่องจักรไอน้ำ หรืออาจนำไปติดตั้งบริเวณปล่องท่อระบายไอเสียของหม้อไอน้ำ ซึ่งต้องติดตั้งก่อนถึงจุดที่ใช้ น้ำดับแก๊สลอย การปรับปรุงการอุ่นน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้น ควรพิจารณาอุณหภูมิของก๊าซไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลของการปรับปรุงจะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลที่คุณภาพไอน้ำคงเดิม ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มสามารถสรุปได้ดังรูปที่ บ-3



รูปที่ บ-3 ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำที่เพิ่มขึ้นจากการอุ่นน้ำป้อน

#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายสำหรับการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อุ่นน้ำป้อน ประกอบด้วย

- ค่าเหล็กแผ่นสำหรับเชื่อมเป็นไส้ไก่อย่างง่าย
- ท่อน้ำป้อนไปและกลับจากจุดที่ติดตั้งไส้ไก่
- ค่าวัสดุสำหรับการซ่อมผนังท่อหน้าอากาศเสียหลังการติดตั้งอุปกรณ์

## 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 สาเหตุหนึ่งเกิดจากการเร่งไฟขณะเชื้อเพลิงเข้าเตาชั้นของเชื้อเพลิงจะถูกรบกวน ทำให้เถ้าและเชื้อเพลิงที่มีน้ำหนักเบาลอยขึ้นและปลิวไปกับก๊าซเสียออกสู่สิ่งแวดล้อม

#### ข้อเสนอแนะ

แนวทางการลดการรบกวนชั้นของเชื้อเพลิง ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงกลับสูงขึ้น แนวทางหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การปรับปรุงการปนเปื้อนด้วยระบบอัตโนมัติ สามารถช่วยควบคุมการปนเปื้อนให้สม่ำเสมอ มีปริมาณการใช้ที่เหมาะสม และช่วยลดปริมาณเถ้าปลิวไปกับก๊าซเสีย นอกจากนี้ยังช่วยลดปริมาณฝุ่นละอองที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เมื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศทางปล่องระบายของหม้อไอน้ำได้อีกด้วย

#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

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

#### ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

**ตัวอย่าง** โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีหม้อไอน้ำ 1 เครื่อง จากการตรวจสอบสภาพการทำงาน พบว่าพนักงานเขี่ยเถ้ากลับก้นเตาทุกๆ 10-15 นาที มีเถ้าที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ถูกเขี่ยออกไปกับเถ้าเคลือบคิดเป็นปริมาณร้อยละ 5 ของอัตราการใช้เชื้อเพลิงกลับ

**สมมติ** ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

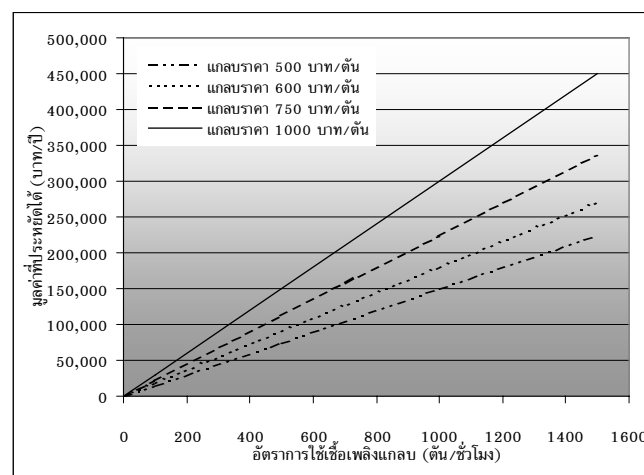
- ระยะเวลาการเดินเครื่อง 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 250 วันต่อปี

▪ อัตราการใช้เชื้อเพลิงแกลบ	826	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
▪ ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบลดลง	5	เปอร์เซ็นต์
▪ ราคาแกลบ	600	บาทต่อตัน
▪ กำลังไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น	1.2	กิโลวัตต์
▪ ราคาค่าไฟฟ้า	2.8	บาทต่อหน่วย

กรณีโรงสีข้าวปรับระบบการป้อนเชื้อเพลิงแกลบและระบบตักขี้เถ้าอัตโนมัติ จะได้ว่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแกลบและปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

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

เนื่องจากอัตราการใช้เชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำแต่ละเครื่อง มีปริมาณที่แตกต่างกัน ประกอบกับราคาแกลบที่เปลี่ยนแปลง ในการประเมินมูลค่าที่ประหยัดได้จึงอาจเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงสรุปมูลค่าที่ประหยัดได้ตามตัวแปรต่างๆ ดังกล่าวไว้ดังรูปที่ บ-4



หมายเหตุ : คำนวณที่อัตราการสูญเสียแกลบ 5 เปอร์เซ็นต์

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 ปัญหาการใช้ น้ำ และปัญหาน้ำเสียที่เกิดจากการสูญเสียไอน้ำได้เตาเผา จากการยกเลิกการใช้เครื่องจักรไอน้ำได้อย่างหมดสิ้น

ทั้งนี้การเปลี่ยนใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว โรงสีข้าวจะต้องติดตั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 3 เฟส เพิ่มเพื่อทดแทนเครื่องจักรไอน้ำ และติดตั้งระบบเข้ากับเพลาาราวหลัก

#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการใช้เครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ ประกอบด้วย ค่ามอเตอร์ไฟฟ้าขนาด匹กิตเทียบเท่าเครื่องจักรไอน้ำ ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนมูลค่า 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-ค่าดำเนินการต่างๆ เช่น ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น)		
รายรับหลังปรับปรุง	836,749	บาทต่อปี
(รายได้จากการขายแกลบ-ค่าใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น)		
รายรับเพิ่มขึ้นสุทธิ	490,174	บาทต่อปี
≡ ระยะเวลาคืนทุน (โดยประมาณ)	1.25	ปี

## ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

- ◆ ลดปริมาณฝุ่นและก๊าซไอเสียจากปล่องหม้อไอน้ำที่ระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากยกเลิกการเผาไหม้เชื้อเพลิงแกลบ
- ◆ 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 เพียงใช้วิธีการจัดการในการควบคุมจากผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในหน่วยผลิตข้าวหนึ่ง และไม่มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานด้วยเช่นกัน สำหรับค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้คำนวณจากปริมาณน้ำที่ลดลง และค่าการบำบัดน้ำเสียที่ลดลง โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

**ตัวอย่าง** ถังแช่ข้าวของโรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิตข้าวเปลือกหนึ่ง 160 ตันต่อวัน การแช่ข้าวใช้ถึงความจุประมาณ 20 ลูกบาศก์เมตร สามารถรองรับข้าวเปลือกได้ประมาณ 10 ตัน/ถัง แต่ละถังเติมน้ำร้อนให้ท่วมข้าวเปลือกจนสูงกว่าระดับความสูงของข้าวเปลือกในถังประมาณ 30-40 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่ามีการใช้น้ำเพื่อแช่ข้าวเปลือกประมาณ 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
▪ ราคาไฟฟ้า	2.8	บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

กรณีโรงสีข้าวปรับลดปริมาณน้ำใช้ในกระบวนการแช่ข้าวเปลือก ปริมาณการใช้น้ำจะมีปริมาณลดลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ดังนี้

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

### ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม

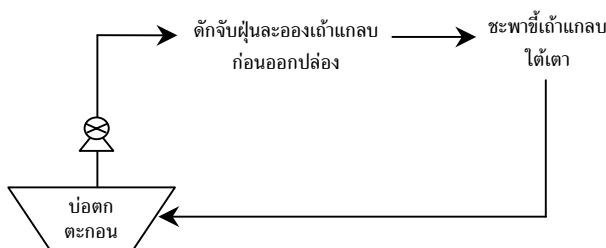
- ◆ ลดค่าความสกปรกของน้ำเสียได้ประมาณ 2.7 ตัน BOD/ปี

### 3.11 การใช้น้ำสำหรับระบบรวบรวมเถ้าแกลบร่วมกับการใช้น้ำดักจับเถ้าลอย

#### ข้อมูลพื้นฐาน

การนำเถ้าออกจากเตาเผาแบบตะกรับเอียงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันใช้น้ำชะพาออกไปสู่ภายนอก และติดตั้งระบบบำบัดมลพิษทางอากาศแบบโปรยน้ำที่บริเวณปลายทางท่อก๊าซเสียของหม้อไอน้ำ ก่อนถึงปล่องระบายก๊าซเสีย น้ำใช้ในทั้งสองส่วนนี้จะไหลรวมกันไปยังบ่อตกตะกอนเพื่อบำบัดให้มีความสะอาดขึ้นและวนกลับไปใช้ซ้ำอย่างนี้ตลอดเวลาการเดินทางหม้อไอน้ำ สำหรับระบบการสูบน้ำไปยังทั้งสองจุดได้จากเครื่องสูบน้ำ ซึ่งโรงสีข้าวบางแห่งติดตั้งเครื่องสูบน้ำแยกทำงานอิสระจากกัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับส่วนนี้จึงมีค่าค่อนข้างมาก

#### ข้อเสนอแนะ



น้ำที่ใช้ในการดักฝุ่นละอองของอากาศเสียก่อนปล่อยทิ้งทางปล่องระบายสามารถนำกลับมาหมุนเวียนเพื่อชะเถ้าแกลบกันเตาได้ สามารถลดการใช้เครื่องสูบน้ำให้เหลือเพียง 1 เครื่อง ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสูบน้ำลดลงได้ประมาณ 1 กิโลวัตต์ หรือประมาณ 16,800 บาทต่อปี โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม และน้ำที่หมุนเวียนในระบบจะมีปริมาณลดลงครั้งหนึ่ง มีระยะเวลาเพิ่มขึ้นสำหรับกระบวนการตกตะกอนเถ้าแกลบในบ่อตกตะกอน

#### การคำนวณค่าใช้จ่าย

การจัดการน้ำใช้ในส่วนของเตาเผาจะมีค่าปรับปรุงทำระบบรางน้ำใหม่ โดยทำรางระบายน้ำจากทางออกของระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ซึ่งรางระบายน้ำจะวนกลับมาที่กันเตาเพื่อชะพาเถ้าแกลบไปยังบ่อตกตะกอน ค่าแรงในการปรับปรุงจะไม่นำมาคำนวณ เนื่องจากเป็นหน้าที่ของฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงงาน

#### ประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

**ตัวอย่าง** โรงสีข้าวแห่งหนึ่งมีกำลังการผลิต 250 ตันต่อวัน ภายในโรงสีข้าวมีเตาเผาเชื้อเพลิงแกลบสำหรับหม้อไอน้ำ 1 เตา นำเถ้ากันเตาออกโดยใช้น้ำชะพาออกไปตกตะกอนภายในบ่อตกตะกอนซีเถ้า น้ำหลังผ่านการตกตะกอนจะมีการหมุนเวียนไปใช้ซ้ำ และมีการจัดการฝุ่นละอองจากปล่องหม้อไอน้ำโดยใช้การโปรยน้ำ น้ำที่หมุนเวียนในระบบใช้เครื่องสูบน้ำจำนวน 2 เครื่องทำงานอิสระจากกัน มีปริมาณการใช้กำลังไฟฟารวมเท่ากับ 2 กิโลวัตต์ มีอัตราการสูบน้ำเครื่องละ 0.25 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

**สมมติ** ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงสีข้าว ประกอบด้วย

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

กรณีโรงสีข้าวปรับเปลี่ยนระบบการใช้น้ำในการสเปรย์ดักจับเถ้าลอยและชะพาชีเถ้าแกลบ ใต้เตาเผา จะได้ว่า ปริมาณการใช้น้ำที่ลดลงและปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งสามารถสรุปค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้สุทธิ ดังนี้

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

**ประโยชน์ด้านสิ่งแวดล้อม**

- ◆ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องสูบน้ำ
- ◆ ลดปริมาณน้ำเสีย
- ◆ ลดปริมาณการใช้ทรัพยากรธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้า และทำให้ปริมาณก๊าซเสียที่ปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมลดลง

## 4. บทสรุป

หลักปฏิบัติเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษ) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาโรงสีข้าว ฉบับนี้จัดทำขึ้นจากผลการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในโรงสีข้าวนำร่องจำนวน 11 โรงงาน ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยหลักที่บ่งชี้ประสิทธิภาพการผลิตของโรงสีข้าว เพื่อให้ผู้ประกอบการโรงสีข้าวใช้เป็นประเด็นเป้าหมายในการปรับปรุงได้ทั้งสิ้น 5 ปัจจัยหลัก คือ เเปอร์เซ็นต์ข้าวรวมและเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการใช้น้ำ ค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD Loading) และปริมาณฝุ่นระบายนจากปล่องหม้อไอน้ำ โดยมีสาเหตุของการสูญเสียหลักคือ คุณภาพของวัตถุดิบ การปรับตั้งเครื่องจักร และเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้ ทั้งนี้จากการศึกษา พบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการป้องกันมลพิษที่สำคัญและสามารถลดค่าใช้จ่ายอย่างเด่นชัดหลายวิธี เช่น การเพิ่มการคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องเป็น 2 ครั้ง (เงินลงทุน 150,000 บาท ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 135,000 บาท) การจัดลำดับและช่วงเวลาการเริ่มเดินเครื่องจักร (ไม่ใช้เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 97,281 บาท) การใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแทนการเดินเครื่องจักรต้นกำลังไอน้ำ (เงินลงทุน 615,000 บาท ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ต่อปี 490,174 บาท) ทั้งนี้ในส่วนของรายละเอียดและวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและป้องกันมลพิษอื่นๆ ของอุตสาหกรรมโรงสีข้าวจะได้นำเสนอไว้ในหลักปฏิบัติฉบับผู้ปฏิบัติการ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

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

นอกจากนี้ในส่วนภาคผนวกของหลักปฏิบัติฯ ฉบับผู้ปฏิบัติการ ได้นำเสนอรายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเป็นประโยชน์สำหรับผู้ประกอบการโรงสีข้าว ซึ่งมีหัวข้อที่สำคัญดังนี้

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

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อผู้ประกอบการอุตสาหกรรม ทั้งในแง่ธุรกิจและสิ่งแวดล้อมอันจะก่อให้เกิดการพัฒนาในแนวทางแบบยั่งยืนต่อไป