การทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีเพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง

VERIFICATION OF CCD RICE COLOR SORTER FOR REDUCING THE FOREIGN MATTER DURING PACKED RICE PROCESS

วารุณี ผิวงาม

WARUNEE PIWNGAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-054-291

การทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีเพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง

VERIFICATION OF CCD RICE COLOR SORTER FOR REDUCING THE FOREIGN MATTER DURING PACKED RICE PROCESS

วารุณี ผิวงาม

WARUNEE PIWNGAM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-AI-M-054-291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VERIFICATION OF CCD RICE COLOR SORTER FOR REDUCING THE FOREIGN MATTER DURING PACKED RICE PROCESS

WARUNEE PIWNGAM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SAFETY MANAGEMENT

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

KMITL-2017-AI-M-054-291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2017

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีเพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง

VERIFICATION OF CCD RICE COLOR SORTER FOR REDUCING THE FOREIGN MATTER DURING PACKED RICE PROCESS

ชื่อนักศึกษา นางสาววารุณี ผิวงาม

รหัสประจำตัว 57608019

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการความปลอดภัยอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์	
ผศ.ดร.อพัชชา จินดาประเสริฐ	
ดร.กิตติชัย บรรจง	
รศ.สพญ.ดร.ประภาพร ขอไพบูลย์	

วัน / เดือน/ ปีที่สอบ 12 ธันวาคม 2560 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้อง D 213 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 13 เดือน ธ.ค. พ.ศ 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี เพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง
นักศึกษา	นางสาววารุณี ผิวงาม
รหัสประจำตัว	57608019
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	การจัดการความปลอดภัยอาหาร
พ. ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อดิศร เสวตวิวัฒน์

บทคัดย่อ

จากการตรวจสอบผลปัญหาข้อร้องเรียนของข้าวสารขัดข้าวบรรจุถุง ในด้านคุณภาพและความปลอดภัยที่ผลิตในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา พบว่า ปัญหาด้านคุณภาพ ถุงไม่สุญญากาศมากที่สุด ส่วนปัญหาด้านความปลอดภัย พบ เศษหิน มอด และดอกหญ้ามากที่สุด โดยมีค่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) หมายถึง จำนวนครั้งข้อร้องเรียนต่อ 1 ล้านครั้งสินค้าที่ขายไปเท่ากับ 77 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 5.28 ซึ่งสิ่งเจือปนที่เป็นปัญหาด้านความปลอดภัยและพบมากที่สุดนี้ จะนำไปใช้ในการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวต่อไป และจากการประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุง สามารถประเมินได้ว่าจุดที่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสาร โดยแหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นก่อนผลิตภัณฑ์สุดท้าย พบว่าจุดที่ทำให้ปนเปื้อนอาจมาได้จากวัตถุดิบ เช่น ข้าวเปลือก สัตว์พาหะ เช่น นก และกระรอก และในระหว่างการผลิต เช่น ตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยลดอันตรายของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด จะเป็นจุดสำคัญของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้การศึกษาจึงได้ทำการศึกษาการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยอันตรายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้นจากการประเมินข้อมูลเบื้องต้นในด้านประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวและสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับข้าวสารที่ผ่านการคัดแยกสีเมล็ดข้าวด้วยระบบซีซีดีในการผลิตข้าวสารบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา เพื่อวิเคราะห์ถึงอันตรายทางกายภาพ หลังจากที่ผลิตภัณฑ์ผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งที่เจือปนในข้าวสารระหว่างกระบวนการผลิต ด้วยการสุ่มตัวอย่าง 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ทุก 1 ชั่วโมงต่อรอบการผลิตเป็นระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่กุมภาพันธ์ ถึงมีนาคม 2559 เพื่อดูชนิดและปริมาณสิ่งเจือปนที่เครื่องคัดแยกได้ พร้อมทั้งวัดขนาดด้วยเครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนียร์แบบดิจิตอล เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี พบว่าชนิดของสิ่งเจือปนที่ส่งผลต่อคุณภาพและอันตรายทางกายภาพที่อาจปนมากับข้าวสารดีก่อนการบรรจุถุง ได้แก่ เศษหิน/เศษกรวด ขนาด 1-5 มิลลิเมตร (มม.) 55 ชิ้น มอด ขนาด 1-5 มม. 40 ชิ้น เศษพลาสติก ขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 1 และ 3 ชิ้น ตามลำดับ ดอกหญ้าขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 408 และ 50 ชิ้น ตามลำดับ และหนอน ขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 10 และ 3 ชิ้น ตามลำดับ การตรวจพบสิ่งเจือปนในข้าวสารที่ผ่านเครื่องคัดแยกดังกล่าว เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับการผลิตข้าวในโครงการ เพื่อจะนำตัวอย่างสิ่งเจือที่ตรวจพบไปใช้ในการทวนสอบประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของเครื่องในการผลิตข้าวสารบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา และจากการการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี เพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง และเพื่อทวนสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องในการผลิตข้าวสารบรรจุถุง โดยคัดเลือกสิ่งเจือปนที่พบมากที่สุดที่เป็นอันตรายทางด้านกายภาพโดยการเก็บข้อมูลของสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตได้แก่ เศษหิน มอด และดอกหญ้า จากนั้นดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี ในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร ด้วยการใช้สิ่งเจือปนผสมปนไปกับข้าวดีจำนวน 10 กิโลกรัม อย่างละ 10 ชิ้น และสิ่งเจือปนรวมทั้งหมด 3 ชนิดรวมเป็น 30 ชิ้นที่ขนาด 1-5 มิลลิเมตร ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่า เมื่อนำสิ่งเจือปนประเภทเศษหินใส่ปนรวมไปกับข้าวสารดีจำนวน 10 กิโลกรัม จำนวน 10 ชิ้น เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error) เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงที่สูง และจากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทมอด พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 และ 3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 2 พบว่าเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 2.82 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้า พบว่า การทดลองซ้ำที่ 1 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 2.82 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน มอด และดอกหญ้า พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 และ2 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0.56 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 99.44 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 0.93 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น การทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวที่ทำการศึกษานี้จัดว่าเครื่องมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูงในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร โดยเฉพาะสิ่งเจือปนทางอันตรายด้านกายภาพ จึงทำให้ลดปัญหาการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนทางด้านคุณภาพและอันตรายด้านกายภาพลงสู่ในระดับที่ยอมรับได้ โดยหลังจากที่ได้ทำการทวนสอบและผลิตเพื่อจำหน่ายให้กับผู้บริโภคและตามผลการร้องเรียนของผู้บริโภคไม่พบข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัยตั้งแต่มีการเริ่มใช้เครื่องจนถึงปัจจุบันโดยมีค่า DPMO เท่ากับ 18 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 5.63 จัดว่าการจัดตั้งระบบการทวนสอบการผลิตของระบบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวสามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนของการผลิตข้าวบรรจุถุงของโครงการได้ โดยลดข้อร้องเรียน (DPMO) ลงจาก 77 เหลือ 18 ดังนั้นระบบการทวนสอบการผลิตของระบบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวนี้สามารถนำมาใช้ทวนสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวก่อนการผลิตข้าวสารบรรจุถุงของโครงการเพื่อเพิ่มคุณภาพ และลดอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตข้าวสารบรรจุถุงเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงของโครงการ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Verification of CCD Rice Color Sorter for Reducing the Foreign Matter during Packed Rice Process
Student	Ms. Warunee Piwngam
Student ID.	57608019
Degree	Master of Science
Program	Food Safety Management
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof.Dr.Adisorn Swetwiwathana

ABSTRACT

Refer to the complaint for quality and safety of polished rice packed in bag produced in The Royal Chitralada Projects, it was found that the quality problems were related to most unstable bag, while the safety problems were concerned to the adulteration of physical hazards e.g. rubble, gravel, wheat weevils, and grass pollen (Defects Per Million Opportunities – DPMO is 77, and the Sigma level is 5.28). These foreign materials will be used to verify the efficiency of the rice color sorter. According to the data from the potential hazards assessment during the process of polished rice packed in bags, it can be estimated that there is a potential adulteration during rice production. By the source of the physical hazards that might be occurred during process through the finish product, the adulteration points might be derived from raw materials such as paddy, vectors (from birds and squirrels), and during production such as paddy cleaners etc. Thus, the rice color sorter is the last step to reduce the hazard of this product to an acceptable level. The purpose of this study was to verify the efficacy of the rice color sorter machine under CCD system in sorting the colour rice and foreign materials during the process of polished rice before packed in the plastic bag as a product under the brand of The Royal Chitralada Projects in order to minimize the physical hazard from physical hazard and enhance the quality of the product by minimized the difference colour of the rice grains before packed and sale to consumer. A random sampling of 100 grams of the sorted rice (every one hour during the process) from each batch of production from February-March 2016 was examined for the types and amount of foreign materials. Meanwhile, each detected foreign material was measured for the size with a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

digital vernier caliper. Results informed that the types of physical hazards in the rice after sorted were belonged to 55 rubble or gravel fragments of 1-5 mm in size, 40 wheat weevils of 1-5 mm, 1 plastic fragment of 1-5 mm and 3 of 6-10 mm, 408 grass pollen of 1-5 mm and 50 of 6-10 mm, also 10 worms of 1-5 mm and 3 of 6-10 mm. The information of these adulterated foreign materials found in the sorted rice are, therefore, considered as preliminary information for the verification of accuracy and precision of the rice colour sorter under The Royal Chitralada Projects and verification the efficacy of CCD rice color sorter during rice packing process, in order to reduce contaminants and verify precision and accuracy of the machine. Through the collection of data from the sorting process, foreign materials which are physical hazards, commonly found during packing, were selected as follow: rubbles or gravels, wheat weevils and grass pollens. Then, the performance of the CCD rice color sorter was tested in sorting out foreign materials from rice prior to packing step. This was done by combining the foreign materials into 10 kg of the sorted rice. The 3 replicated experiments were done with 10 pieces of each type of foreign material. Moreover, the binding of all 3 types of foreign materials (1-5 mm in size of moth's segments, rubble, and grass pollens) with totally 30 pieces (10 pieces for each type) were also performed for 6 times (with 3 replicated tests for each time). The results revealed that when 10 pieces of foreign materials were mixed with 10 kg of sorted rice, the rice color sorter had an average error of 0 and a relative error of 0 percent. The average high precision equal to 100 percent of average and higher accuracy and from the test of moth's segments. It was found that the1 and 3 replicated experiments of the rice color sorter had an average mean error of 0 and the mean of the relative error of 0 percent with a high accuracy of 100 percent and an average of high precision. The 2-replicated test showed that the rice color sorter had the mean absolute error of 0.17 and the mean of the relative error of 1.67 percent had the average accuracy of 98.33 percent and the average precision was 2.82 percentage and from the test results of grass pollens. It was found that the replicate experiments 1 and 2 of the rice color sorter had an average of 0 error tolerances and a mean of 0 percent relative error. The average accuracy was 100 percent and the average precision was high. The replicated test 3 of the rice color sorter had an average absolute error of 0.17 and a mean of 1.67 percent relative accuracy with an accuracy of 98.33 percent and average of precision about 2.82 percent. From the results of the test of the impurities of the rocks, moths' segments and grass pollens, it was found that the experiments were repeated at 1 and 2 grain color sorter. The mean of absolute error is 0 and the mean of the relative error is 0 percent.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The average accuracy is 100 percent and the average precision is high. Replicated test 3 of the rice color sorter had an average absolute error of 0.17 and a mean of 0.56 percent relative tolerance. The accuracy was 99.44 percent and the average precision was 0.93 percent. Therefore, to verify the efficiency of the rice color sorter that was found that the machine was accuracy and high precision for the sorting of impurities before packing especially physical hazard. DPMO was 18 and Sigma level was 5.63, which reduced complaints from 77 to 18. In order to increase the reliability of consumers for the quality and safety of the packaged rice product under the brand of The Royal Chitralada Project, this verification method can be used to verify the efficacy of rice colour sorter for enhancing the quality and safety of the packaged rice product.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับพระกรุณาธิคุณ จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี องค์ประธานมูลนิธิโนวาร์ติส 72 พรรษา ที่ทรงพระราชทานทุนการศึกษาตลอดหลักสูตรรวมถึงทุนวิทยานิพนธ์ ในระดับปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ผู้วิจัยรู้สึกสำนึกในพระกรุณาธิคุณอย่างหาที่สุดมิได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อดิศร เสวตวิวัฒน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือคำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำมาโดยตลอด ตลอดจนการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์และกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อพัชชา จินดาประเสริฐ ดร. กิตติชัย บรรจง และรศ.สพญ.ดร. ประภาพร ขอไพบูลย์ ที่เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำ เสนอแนะข้อคิดดีๆที่ทำให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้สำเสร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ โรงผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่างโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่ในการทำการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณ บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด สำหรับการอนุเคราะห์อุปกรณ์ในทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า พ่อ แม่ พี่น้องของข้าพเจ้า และเพื่อนๆที่ช่วยให้กำลังใจข้าพเจ้าโดยมาตลอดจนสำเร็จลุลวงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

วารุณี ผิวงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... IV

กิตติกรรมประกาศ..... VII

สารบัญ..... VIII

สารบัญตาราง..... XIII

สารบัญภาพ..... XIV

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 5

2.1 ประวัติความเป็นมาของข้าว..... 5

2.1.1 ประวัติศาสตร์ข้าวโลก..... 5

2.1.2 ประวัติศาสตร์ข้าวไทย..... 6

2.2 ข้าว..... 8

2.2.1 ลักษณะทั่วไป..... 9

2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์..... 10

2.3 ข้าวกับการขยายพันธุ์..... 14

2.3.1 การปลูกข้าว..... 14

2.4 การเก็บเกี่ยว..... 18

2.5 การใช้ประโยชน์..... 19

2.5.1 อุตสาหกรรมสิ่งทอ..... 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 วัชพืชในนาข้าว..... 20
2.6.1 วัชพืชใบกว้าง..... 21
2.6.2 วัชพืชใบแคบ..... 21
2.6.3 วัชพืชกก..... 21
2.6.4 วัชพืชประเภทเฟิร์น..... 21
2.6.5 วัชพืชสาหร่าย..... 21
2.6.6 วัชพืชกลุ่มอื่นๆ..... 21
2.7 แมลงศัตรูในโรงเก็บ..... 22
2.7.1 แมลงศัตรูข้าวเปลือก..... 22
2.7.2 แมลงศัตรูข้าวสาร..... 22
2.7.3 แมลงศัตรูข้าวกล้อง..... 22
2.7.4 แมลงศัตรูรำข้าว..... 22
2.7.5 แมลงศัตรูแป้ง..... 22
2.7.6 แมลงศัตรูเส้นหมี่แห้ง..... 22
2.8 เทคโนโลยีของโรงสีข้าวในประเทศไทย..... 23
2.9 การแปรรูปข้าว..... 23
2.9.1 ขั้นตอนการสีข้าว 25
2.10 เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป..... 26
2.10.1 เครื่องแยกหิน..... 26
2.10.2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก..... 27
2.10.3 ตะแกรงโยก 27
2.10.4 เครื่องขัดขาว..... 28
2.10.5 เครื่องขัดมัน 28
2.10.6 ตะแกรงคัดขนาด..... 29
2.10.7 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว 29
2.11 มาตรฐานสินค้าข้าวขาว..... 30
2.11.1 คำนิยาม..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.11.2 กำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวขาว	31
2.12 การส่งออกข้าว	33
2.13 นิยามศัพท์	34
2.13.1 ความถูกต้อง/ความแม่นยำ (Accuracy)	34
2.13.2 ความเที่ยงตรง (Precision)	34
2.13.3 การยืนยันความถูกต้อง (Validation)	36
2.13.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error)	36
2.14 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color Sorter)	37
2.14.1 ส่วนประกอบของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว	38
2.14.2 แผนผังโครงสร้างเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color Sorter)	40
2.15 ความปลอดภัยทางอาหาร (Food Safety)	42
2.15.1 อันตรายทางเคมี (Chemical Hazard)	42
2.15.2 อันตรายทางชีวภาพ (Biological Hazard)	42
2.15.3 อันตรายทางกายภาพ (Physical Hazard)	42
2.16 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	44
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการทดลอง	47
3.1 อุปกรณ์การทดลอง	47
3.2 วิธีการทดลอง	47
3.2.1 เก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับข้าวสารขัดขาว บรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา	47
3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปน ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง	48
3.2.3 ศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี……..	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.4 การดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร..... 48
3.2.5 การเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558..... 50

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล..... 51
4.1 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา..... 51
4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง..... 53
4.3 ผลการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี..... 59
4.4 ผลการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร..... 61
4.5 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558 68

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 69
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 69
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 70
บรรณานุกรม..... 71
ภาคผนวก..... 75
ภาคผนวก ก วิธีการคำนวณหาค่า Accuracy และ Precision..... 76
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color Sorter)..... 78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค วิธีการสุ่มตัวอย่างสิ่งเจือปนในการทดลอง.....	80
ภาคผนวก ง วิธีการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกในขั้นตอนการรับข้าวเปลือก.....	81
ภาคผนวก จ แบบฟอร์มบันทึกสิ่งเจือปนข้าวขาวบรรจุถุง.....	82
ภาคผนวก ฉ วิธีการคำนวณ Six Sigma.....	83
ประวัติผู้เขียน.....	85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1	ชั้นคุณภาพข้าวขาวและข้าวหรือวัตถุอื่นที่อาจมีปนได้ในข้าว ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.....	33
2.2	รายละเอียดด้านเทคนิคของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว.....	41
2.3	ตัวอย่างอันตรายกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น……..	43
2.4	อันตรายในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง……	44
2.5	ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งของอันตราย……..	45
3.1	การตั้งค่าโปรแกรมการผลิตข้าว…….	49
4.1	ข้อมูลการร้องเรียนของผลิตภัณฑ์ข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงใน โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558…….	51
4.2	ข้อมูลอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิตข้างสาร ขัดขาวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....	54
4.3	ข้อมูลขนาดและชนิดของสิ่งเจือปนที่ตรวจพบบ่งชี้ถึงคุณภาพและ อันตรายทางกายภาพ ในช่วงการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงของ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....	59
4.4	การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน.....	61
4.5	การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทมอด.....	63
4.6	การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้า.....	64
4.7	การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน มอด และดอกหญ้า.....	66
4.8	ปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่

		หน้า
2.1	ต้นข้าว.....	8
2.2	รากแบบรากฝอย.....	10
2.3	ราก…….....	11
2.4	ใบ…….	11
2.5	ช่อดอกเป็นแบบ panicle ……..	12
2.6	ช่อดอกและดอก……...	13
2.7	ผลและเมล็ด…….	13
2.8	แผนภูมิกระบวนการผลิตข้าวขาวหอมมะลิบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา.....	24
2.9	ค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่ำ……...	35
2.10	ค่าความแม่นยำต่ำแต่ค่าความเที่ยงตรงสูง…….	35
2.11	ค่าความแม่นยำสูงแต่ค่าความเที่ยงตรงต่ำ.....	35
2.12	ค่าความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงสูง.....	36
2.13	เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าว รุ่น MAX SORT (MINI)…….	37
2.14	ระบบป้อน (Feed System)……...	38
2.15	ระบบกล้องซีซีดี……..	38
2.16	ระบบประมวลผลภาพและสีอัจฉริยะ……..	38
2.17	หัวเป่าลม…….	39
2.18	ระบบวิเคราะห์และประมวลผล……...	39
2.19	ระบบควบคุมหน้าจอ……...	39
2.20	แผนผังโครงสร้างเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว……..	40
3.1	แผนภูมิการผลิต……...	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก (ประพาส, 2517)โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆของโลก การผลิตบริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงกระจุกตัวอยู่ในทวีปเอเชีย แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะใช้ในการบริโภคภายในประเทศทำให้มีข้าวเพียง 6 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดย ประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือประเทศไทย รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีนและพม่าตามลำดับ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2549)

การสีข้าว (rice milling) เป็นขั้นตอนการแปรรูปเบื้องต้นของข้าวเปลือกให้ได้เป็นข้าวสารหรือ ข้าวกล้องที่เหมาะสมกับการนำไปรับประทานหรือแปรรูป (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2533) เครื่องจักรที่ใช้สีข้าวประกอบไปด้วยเครื่องจักรต่างๆตามลำดับกระบวนการในการสีข้าวได้แก่ เครื่องที่ใช้ทำความสะอาดและการคัดแยก (Paddy Cleaner and Sorting) เศษดิน หิน เศษฟาง ข้าวแกลบ วัชพืช ที่จำเป็นต้องทำความสะอาด ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการกะเทาะเปลือก ซึ่งจะทำให้คุณภาพของข้าวสารที่กะเทาะได้ดีขึ้น, เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก (The hulling of paddy), เครื่องที่ใช้ในการแยกแกลบ (Husk aspirator), เครื่องที่ใช้ในการแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือก (Paddy separator), เครื่องขัดขาวและขัดเงา (The whitening and polishing of rice) และเครื่องคัดขนาดข้าว (Rice grader) (รุ่งเรือง, 2550) หลังจากนั้นข้าวจะถูกลำเลียงผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว เพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจนได้ข้าวคุณภาพดีและปลอดภัยต่อผู้บริโภค และขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนการบรรจุข้าวลงถุงก่อนจำหน่ายให้กับผู้บริโภค

จากปัญหาในอดีตที่ผ่านมาของชาวนาที่ปลูกข้าว คือการประสบปัญหาในการขายข้าวเปลือกได้ในราคาถูก แต่ต้องซื้อข้าวสารและเครื่องอุปโภคบริโภคในราคาแพง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ ๙ ทรงห่วงใยถึงฐานะความเป็นอยู่ของชาวนา ที่ส่วนใหญ่จะมีปัญหาเรื่องหนี้สิน จึงทรงมีพระราชดำริว่า สมควรที่จะแก้ไขโดยให้ชาวนารวมตัวกันเป็นกลุ่มดำเนินการในรูปแบบสหกรณ์ ทำการสีข้าวเปลือกหรือมอบหมายหน้าที่ให้ตัวแทนของตนรับผิดชอบการสีข้าวซึ่งเป็นผลผลิตของตนเองแทนที่จะนำข้าวเปลือกไปจ้างบุคคลอื่นสี หรือขายข้าวเปลือกในราคาถูกแต่ต้องซื้อข้าวสารมาบริโภคในราคาแพง ด้วยเหตุนี้เองพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ ๙ จึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตั้งโรงสีข้าวตัวอย่างขึ้น ในปี พ.ศ.2514 เพื่อทำการทดลองสีข้าวและเผยแพร่ความรู้แก่พสกนิกร

กระบวนการสีข้าวสมัยก่อนของโรงสีข้าวตัวอย่างสวนจิตลดา ใช้เครื่องสีข้าว ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้ ดังนั้นกระบวนการสีข้าวในช่วงแรกๆ จึงยังไม่สมบูรณ์ ทำให้เกิดปัญหาสิ่งเจือปนติดมากับข้าวที่บรรจุถุง เช่น เศษหิน เศษกรวด เศษพลาสติก เศษโลหะ ซึ่งเป็นปัญหาด้านความปลอดภัยทางกายภาพต่อผู้บริโภค (กิตติศักดิ์ และคณะ, 2554) ส่วนข้าวเปลือก ข้าวเมล็ดดำ ข้าวเมล็ดแดง ข้าวเมล็ดเหลือง ข้างเหนียว และข้าวท้องไข่ ที่พบจะเป็นปัญหาด้านคุณภาพต่อผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบมอดและดอกหญ้า ซึ่งเป็นปัญหาที่อาจก่อให้เกิดภูมิแพ้ต่อผู้บริโภค โดยเป็นอาการภูมิแพ้ที่เกิดจากแมลงและดอกหญ้า เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเน้นอันตรายทางกายภาพเป็นสำคัญ

ต่อมาในวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2553 มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้เข้าตรวจเช็คเครื่องสีข้าว เนื่องจากเครื่องสีข้าวมีอายุการใช้งานประมาณ 41 ปี โดยการเข้ามาครั้งนี้ ทางมหาวิทยาลัยขอนแก่นได้ทำการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงเครื่องจักร เช่น การบำรุงรักษาเครื่องกะเทาะ และซ่อมแซมตะแกรงโยกที่ชำรุด เนื่องจากปัญหาข้าวเปลือกปนไปกับข้าวกล้อง ทำการปรับการปล่อยข้าว เปลี่ยนตะแกรงทำความสะอาดที่ชำรุด ปรับปรุงแท่นยึดมอเตอร์ใหม่ และพอกหินเครื่องขัดขาวใหม่ ซึ่งมีผลทำให้ขจัดสิ่งเจือปนที่ปนมากับข้าวลดลง จากนั้นในปี พ.ศ. 2556 เครือบริษัทเจริญโภคภัณฑ์ได้ทำการติดตั้งเครื่องจักรเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เครื่องจักรและเพิ่มกำลังการผลิต โดยเครื่องจักรที่เพิ่มเติมให้กับโรงสีข้าวตัวอย่าง ได้แก่ เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก ตะแกรงโยกข้าวกล้อง และเครื่องขัดขาว ในการดำเนินการปรับปรุงมาตรฐานเครื่องจักรครั้งนี้ ยังคงพบว่ามีสิ่งเจือปนหลุดออกไปกับผลิตภัณฑ์ เนื่องมาจากทางโรงสีข้าวตัวอย่างยังคงใช้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวตัวเดิม ซึ่งเป็นเครื่องที่มีอายุการใช้งานมานานและกำลังการผลิตไม่เพียงพอ ทำให้ประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนไม่ดีเท่าที่ควร จึงเป็นที่มาให้ทางบริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด ได้น้อมเกล้าฯถวาย เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ระบบซีซีดี ทำให้สามารถรองรับกำลังการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกสิ่งเจือปนได้ดีขึ้น แต่เนื่องจากเครื่องดังกล่าว ยังไม่ได้ดำเนินการตั้งเกณฑ์หรือมีระบบการทวนสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยเฉพาะการนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ข้าวขาวบรรจุถุงที่เป็นสินค้าที่มียอดจำหน่ายสูงของโครงการ และปัญหาเรื่องการร้องเรียนของสิ่งเจือปนที่พบมากในอดีต ดังนั้นเพื่อเป็นการยืนยันในความเที่ยงตรงและความแม่นยำของเครื่อง ทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว เพื่อให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในด้านความปลอดภัยมากขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงของโรงสีข้าวตัวอย่างสวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาปัญหาการปนเปื้อนและชนิดของสิ่งเจือปนที่อาจมีการตกค้างในข้าวสารบรรจุถุงในปี พ.ศ. 2557-2558

1.2.2 เพื่อศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง

1.2.3 เพื่อศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี

1.2.4 เพื่อทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี และเพื่อให้ทราบถึงความสามารถของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยประเมินจากความแม่นยำ (accuracy) และ ความเที่ยงตรง (precision)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ติดตามปัญหาข้อร้องเรียนของสินค้าก่อนเปลี่ยนเครื่องใหม่เปรียบเทียบเครื่องเก่าในช่วง 2 ปี ที่ผ่านมา (พ.ศ. 2557-2558) และหลังจากการเปลี่ยนมาใช้เครื่องคัดแยกสีตัวใหม่ โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3-6 เดือน เพื่อให้เกิดความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุมากยิ่งขึ้น

1.3.2 ศึกษาและตรวจปัญหาของสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นก่อนที่จะนำเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดีมาใช้รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากใช้เครื่องนี้ และศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง รวมถึงศึกษาชนิดและประเภทของอันตรายทางกายภาพหรือสิ่งเจือปนโดยทำการสุ่มตัวอย่างตรวจสอบสิ่งเจือปนในข้าว Reject หลังการผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวสามารถคัดแยกออกได้ เพื่อดูชนิดและจำนวนของสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิต

1.3.3 นำสิ่งเจือปนที่เป็นปัญหามาใช้เป็นตัวทดสอบเครื่องใหม่ โดยทำการผสมกับข้าวดีที่จะใช้เป็นตัวอย่างควบคุม และทำการเติมสิ่งเจือปนที่เคยเกิดขึ้นในระบบเก่า เพื่อทำการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวทวนสอบความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องใหม่ที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับให้ทราบถึงการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี

1.4.2 ประเมินความสามารถของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ว่ามีความแม่นยำและความเที่ยงตรงเพียงใด สำหรับการนำไปใช้เพื่อลดสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตข้าวบรรจุถุง

1.4.3 เป็นข้อมูลสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาในการคัดแยกสิ่งเจือปนในข้าว เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและมีมาตรฐานความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของข้าว

2.1.1 ประวัติศาสตร์ข้าวโลก

ข้าวเป็นธัญญาหารหลักของชาวโลก จัดเป็นพืชสายพันธุ์เดียวกับหญ้า ซึ่งนับได้ว่าเป็นหญ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกและมีความหลากหลายทางชีวภาพ สามารถปลูกขึ้นได้ง่ายมีความทนทานต่อทุกสภาพภูมิประเทศในโลกไม่ว่าจะเป็นถิ่นแห้งแล้งแบบทะเลทราย พื้นที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง หรือแม้กระทั่งบนเทือก เขาที่หนาวเย็นข้าวก็ยังสามารถงอกงามขึ้นมาได้อย่างทรหดอดทน ข้าวชนิดแรกที่มนุษย์รู้จักนำมากินคือ ข้าวป่า

จากหลักฐานที่พบทำให้สันนิษฐานได้ว่าเมื่อประมาณ 16,000-13,000 ปีที่แล้ว ยุคน้ำแข็งใกล้สิ้นสุดลงสัตว์ใหญ่หลายชนิดเริ่มสูญพันธุ์ไป มนุษย์จึงต้องลดบทบาทการล่าสัตว์แล้วหันมาสะสมข้าวป่า และพืช เพื่อเป็นอาหาร นาย Richard S. Macheish นักโบราณคดีชาวอเมริกัน ผู้ซึ่งทำการศึกษาสถานที่ทางประวัติศาสตร์ของจีนแผ่นดินใหญ่ในปี 2536 มีหลักฐานที่ยืนยันได้ว่าประเทศจีน คือ แหล่งกำเนิดของการปลูกข้าว เพราะได้พบร่องรอยของข้าวป่าที่มีอายุถึง 16,000 ปี และข้าวที่ปลูกอายุกว่า 9,000 ปี โดยพิจารณาจากการขุดพบหลักฐานข้าวไหม้ที่ติดอยู่กับเศษภาชนะ รวมทั้งเศษต้นข้าวสมัยโบราณที่ขุดได้จากถ้ำ 2 แห่งในหุบเขาเมืองหนานชาง (Nanchang) เมืองหลวงของมณฑลเจียงสี (Jianxi) ซึ่งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของจีน จุดเริ่มต้นของการเพาะปลูกข้าวของมนุษย์จากวัฒนธรรมลุงชานของประเทศจีน และวัฒนธรรมฮัวบิเนียนของประเทศเวียดนาม บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำตอนเหนือของอินเดียตอนล่าง ด้านตะวันออกของเชิงเขาหิมาลัย ซึ่งการเพาะปลูกใช้วิธีการปลูกคล้ายกับการทำไร่เลื่อนลอย

หลังจากนั้นวิวัฒนาการปลูกข้าวจากการทำไร่เลื่อนลอยมาเป็นการทำนาหว่าน ประมาณ 9,000 ปีก่อน และพัฒนาสู่การทำนาแบบปักดำ ซึ่งพบหลักฐานในวัฒนธรรมบ้านเชียงของไทย เมื่อราว 5,000 ปีที่ผ่านมา หลักฐานต้นข้าวที่ค้นพบข้าวป่าในช่วงแรกจะมีก้าน และใบเดี่ยวแต่ที่ปลูกใหม่มีถึง 5 ก้านเป็นการแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาดังกล่าว มนุษย์เริ่มเข้าใจว่าหากปลูกข้าวลงดินเองจะเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่า แสดงให้เห็นถึงความเป็นมนุษย์ในการพัฒนาการเกษตรเพื่อดำรงชีวิต สายพันธุ์ของพืชตระกูลข้าวที่มีอยู่บนโลกนี้มีมากถึง 120,000 สายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่รู้จักและนำมาปลูกสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ *Oryza Sativa* ที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชีย และ *Oryza glaberrina* ที่นิยมเพาะปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ปลูกและซื้อขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดจะเป็นข้าวจากทวีปเอเชีย แบ่งเป็น 3 กลุ่มตามลักษณะและพื้นที่ปลูกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 ข้าวอินดิกา (Indica) หรือข้าวเจ้า เป็นข้าวที่มีลักษณะเม็ดเรียวยาวรี ลำต้นสูง ตั้งชื่อมาจากแหล่งที่ค้นพบครั้งแรกในประเทศอินเดีย เป็นข้าวที่นิยมเพาะปลูกในทวีปเอเชียเขตมรสุมตั้งแต่จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย ไปจนถึงอินเดียและศรีลังกา และแพร่กระจายไปทั่งเขตอุษาอาคเนย์ตั้งแต่หลัง พ.ศ. 1000 ทั่งเขตลุ่มน้ำอิระวดี และต่อมาแพร่ขยายเพาะปลูกในทวีปอเมริกาเฉพาะในเมืองไทย ข้าวอินดิกานิยมเพาะปลูกในบริเวณที่ราบลุ่มตอนใต้ของแม่น้ำเจ้าพระยา เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว แทนข้าวเหนียวที่เคยปลูก ซึ่งคนไทยสมัยนั้นเรียกข้าวอินดิกาที่มาจากต่างประเทศว่าข้าวของเจ้า แล้วเรียกกันสั้นลงเหลือเพียงข้าวเจ้ามาถึงทุกวันนี้

2.1.1.2 ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม กลมรี มีแหล่งกำเนิดจากทางภาคเหนือแล้วผ่านมาทางลุ่มแม่น้ำโขงในสมัยก่อนพุทธศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นลดจำนวนลงไปแพร่หลายในเขตอบอุ่นที่ ญี่ปุ่น เกาหลี รัสเซีย ยุโรป และอเมริกา

2.1.1.3 ข้าวจาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวลักษณะเมล็ดป้อมใหญ่สันนิษฐานว่า เป็นข้าวพันธุ์ผสมระหว่างข้าวอินดิกาและจาปอนิกา นิยมเพาะปลูกในอินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน หมู่เกาะริวกิว และญี่ปุ่น แต่ไม่ค่อยได้รับความนิยมนักเพราะให้ผลผลิตต่ำ ประเทศต่างๆในโลกต่างก็มีการพัฒนาสายพันธุ์ข้าวใหม่เพิ่มพื้นที่การเพาะปลูกข้าวและวิธีการปลูกข้าวให้ได้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นในขณะที่ตำนานเกี่ยวกับข้าวของแต่ละชาติต่างก็มีประวัติศาสตร์อันยาวนาน

2.1.2 ประวัติศาสตร์ข้าวไทย

ข้าวของไทยเป็นพืชอาหารประจำชาติที่มีตำนานประวัติศาสตร์มายาวนานปรากฏเป็นร่องรอยพร้อมกับอารยธรรมไทยมาไม่น้อยกว่า 5,500 ปี ซึ่งมีหลักฐานจากแกลบข้าวที่เป็นส่วนผสมของดินใช้เครื่องปั้นดินเผาที่บ้านเชียง อำเภอโนนนกทา ตำบลบ้านโคก อำเภอภูเวียง อันสันนิษฐานได้ว่าเป็นเมล็ดข้าวที่เก่แก่ที่สุดของไทยรวมทั้งยังพบหลักฐานเมล็ดข้าวที่ขุดพบที่ถ้ำปุงฮุง จังหวัดแม่ฮ่องสอน โดยแกลบข้าวที่พบนี้มีลักษณะของข้าวเหนียวเมล็ดใหญ่ที่เจริญงอกงามในที่สูงนอกจากนี้ยังมีการคันพบเมล็ดข้าว เถ้าถ่านในดิน และรอยแกลบข้าวบนเครื่องปั้นดินเผาที่โคกพนมดี อำเภอพนัสนิคม จังหวัดชลบุรี แสดงให้เห็นถึงชุมชนปลูกข้าวสมัยก่อนประวัติศาสตร์ในแถบชายฝั่งทะเล รวมทั้งยังหลักฐานคล้ายดอกข้าวป่าที่ถ้ำเขาทะลุ จังหวัดกาญจนบุรี อายุประมาณ 2,800 ปี ซึ่งอยู่ในช่วงรอยต่อของยุคหินใหม่ตอนปลายกับยุคโลหะตอนต้น ภาพเขียนบนผนังถ้ำหรือผนังหินอายุประมาณ 6,000 ปี ที่ผาหมอนน้อย บ้านตากุ่ม ตำบลห้วยไผ่ อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี มีลักษณะคล้ายบันทึกการปลูกธัญพืชอย่างหนึ่งที่มีลักษณะเหมือนข้าว ภาพควาย แปลงพืชคล้ายข้าว แสดงให้เห็นว่ามนุษย์ได้รู้จักการเพาะปลูกข้าวเป็นอย่างดีแล้ว

นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น 3 คน คือ Tayada Natabe, Tomoya Akihama และ Osamu Kinosgita แห่งมหาวิทยาลัย Tottri และกระทรวงเกษตรและกรมป่าไม้ ได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องข้าวไทย ดูแกลบจากแผ่นอิฐโบราณจากโบราณสถาน 108 แห่งใน 39 จังหวัดทั่งทุกภาคของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเทศไทย ทำให้สันนิษฐานได้ว่าการปลูกข้าวในไทยมีมานานนับตั้งแต่พุทธศตวรรษที่ 6 โดยข้าวที่ปลูกจะเป็นข้าวเหนียวนาสวนเมล็ดป้อม และข้าวเหนียวไร่เมล็ดใหญ่ ต่อมาการปลูกข้าวเหนียวไร่น้อยลง แล้วเริ่มมีการปลูกข้าวนาสวนเมล็ดเรียวเพิ่มขึ้น

การศึกษาวิจัยนี้ทำให้ทราบว่า ในช่วงพุทธศตวรรษที่ 11-20 มีข้าวชนิดต่างๆ จำนวน 3 ขนาด คือ ข้าวเมล็ดใหญ่ ได้แก่ ข้าวเหนียวที่งอกงามในที่สูง ข้าวเมล็ดป้อม ได้แก่ ข้าวเหนียวที่งอกงามในที่ลุ่ม ทั้งสองชนิดมีการเพาะปลูกก่อนสมัยทวาราวดี (พุทธศตวรรษที่ 11-16) และเมล็ดข้าวเรียว ได้แก่ ข้าวเจ้า พบในสมัยศรีวิชัย (พุทธศตวรรษที่ 13-18) ซึ่งข้าวแต่ละชนิดพบมากหรือน้อยแตกต่างกันไปตามระยะเวลา

ประมาณ พ.ศ. 540-570 ไทยได้รับอิทธิพลด้านกสิกรรมและการค้าจากจีน ซึ่งคาดว่ามาตามลำน้ำโขงสู่ดินแดนอีสานตอนล่าง ที่นิยมปลูกข้าวเหนียวเมล็ดป้อม และเมล็ดใหญ่กันอย่างแพร่หลาย เช่นเดียวกับภาคกลางในยุคทวาราวดี

ในช่วงเวลานั้นเริ่มมีการเพาะปลูกข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวขึ้นแล้ว สันนิษฐานว่านำมาจากอาณาจักรขอม ซึ่งในยุคนั้นถือว่า เป็นชนชั้นปกครอง การหุงต้มข้าวเมล็ดยาวนี้แตกต่างจากข้าวของชาวพื้นเมือง จึงเชื่อว่าเป็นสาเหตุให้ข้าวชนิดนี้ถูกเรียกว่า ข้าวเจ้า และเรียกข้าวเหนียวว่า ข้าวไพร่ บ้างก็เรียกว่า ข้าวบ่าว หรือ ข้าวนึ่ง ซึ่งข้าวในสมัยนั้นเรียกกันเป็นสิ่งบ่งบอกชนชั้นได้อีกด้วย

ในสมัยกรุงสุโขทัย (พ.ศ. 1740-2040) ข้าวที่ปลูกในสมัยนี้ยังเป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อมและเมล็ดยาวเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็เริ่มปลูกข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ในยุคนี้พระมหากษัตริย์ทรงทำนุบำรุงการกสิกรรม ได้ผลผลิตอุดมสมบูรณ์ ดังปรากฏในศิลาจารึกว่า ในน้ำมีปลา ในนามีข้าว มีการหักล้างถางพงและถือครองเป็นที่ทำกิน และที่ดินนั้นจะสืบทอดเป็นมรดกตกทอดแก่ลูกหลาน การสร้างหลักปักฐานเพื่อประกอบอาชีพกสิกรรมเช่นนี้ ก่อให้เกิดระบบการปกครองเศรษฐกิจและสังคมขึ้น ดังนั้นระบบศักดินาซึ่งเป็นการแบ่งระดับชนชั้นตามจำนวนของพื้นที่นาจึงน่าจะเริ่มในยุคนี้

ต่อมาเข้าสู่สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้น บ้านเมืองมีความมั่งคั่งเป็นอู่ข้าวอู่น้ำที่สำคัญ อีกทั้งหัวเมืองในอาณาจักรจำนวนมาก เริ่มระบบการปกครองแบบจตุสดมภ์ มีกรมนาดูแล และส่งเสริมและสนับสนุนการทำนาอย่างจริงจัง เพราะข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรและเป็นเสบียงสำรองในยามเกิดศึกสงคราม โดยข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่ยังคงเป็นข้าวเหนียวเมล็ดป้อม และเมล็ดยาว แต่การปลูกข้าวเจ้าเมล็ดยาวเรียวมากขึ้นด้วย

สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนปลาย-กรุงรัตนโกสินทร์ตอนต้นในต้นรัชสมัยรัชกาลที่ ๓ ได้มีการเก็บอากรข้าวในภาคกลาง ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ข้าวที่ทางราชการแนะนำหรือพันธุ์พื้นเมืองที่มีคุณภาพ ส่วนภาคเหนือตอนบนนิยมปลูกข้าวเหนียว แต่ในภาคเหนือตอนล่างและภาคใต้เน้นปลูกข้าวเจ้าเป็นหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงนี้เองที่ประเทศตะวันตกได้ออกล่าอาณานิคม และเมืองไทยเป็นหนึ่งในเป้าหมาย แต่ด้วยพระปรีชาญาณ และวิเทโศบายอันชาญฉลาดของพระมหากษัตริย์ทุกพระองค์ ไทยจึงรอดพ้นเงื้อมมือของต่างชาติ และดำรงเอกราชอยู่ได้ ซึ่งส่วนหนึ่งคือ การเปิดเสรีการค้ากับต่างประเทศมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวกลายเป็นสินค้าออกที่สำคัญของไทย รัฐบาลต้องขยายพื้นที่เพาะปลูกเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด

ปัจจุบันการปลูกข้าวในประเทศไทย คงมีเพียงข้าวเมล็ดป้อมที่พบมากในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขณะที่ข้าวเมล็ดยาวพบมากในภาคกลางและภาคใต้ ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากที่สุด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าว คิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ ส่วนใหญ่ปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวคุณภาพดีที่สุดของโลก ข้าวที่ปลูกในพื้นที่แถบนี้จึงมักปลูกไว้เพื่อขาย รองลงมาคือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ที่พื้นที่เพาะปลูกเท่ากันประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์

ทุกวันนี้ไทยเป็นแหล่งปลูกข้าวที่ผลิตออกสู่ตลาดโลกมากที่สุด และเป็นศูนย์กลางของการศึกษาวิจัยพันธุ์ข้าว ซึ่งแสดงให้เห็นถึงบทบาทของผู้สร้างตำนานแห่งอารยธรรมธัญญาหาร ของมนุษยชาติ

2.2 ข้าว (วัชรินทร์, 2527)

ภาพที่ 2.1 ต้นข้าว

ที่มา: ฟาร์มเกษตร (2017) http://www.farm-kaset.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa L.*

การจำแนกทางพฤกษศาสตร์

Class	Angiospermae
Subclass	Monocotyledonae
Family	Gramineae
Genus	Oryza
Species	sativa

2.2.1 ลักษณะทั่วไป

ข้าวเป็นพืชที่มีการปลูกอย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย (ภาพที่ 2.1)โดยข้าวที่ปลูกในประเทศไทยมีที่มาจาก พันธุ์ข้าวที่มนุษย์เพาะปลูกในปัจจุบันพัฒนามาจากข้าวป่าในตระกูล *Oryza gramineae* สันนิษฐานว่า พืชสกุล Oryza มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนชื้นของทวีป Gondwanaland ก่อนผืนดินจะเคลื่อนตัวและเคลื่อนออกจากกันเป็นทวีปต่างๆเมื่อ 230-600 ล้านปีมาแล้วจากนั้นกระจายจากเขตร้อนชื้นของแอฟริกา เอเชียใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงเหนือ ออสเตรเลีย อเมริกากลางและใต้ ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ความสูงระดับน้ำทะเลถึง 2,500 เมตรหรือมากกว่า ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น ทั้งในที่ราบลุ่มจนถึงที่สูง มนุษย์ได้คัดเลือกข้าวป่าชนิดต่างๆตามความต้องการของตน เพื่อให้สอดคล้องกับระบบนิเวศน์มีการผสมพันธุ์ข้ามระหว่างข้าวที่ปลูกกับวัชพืชที่เกี่ยวข้องเกิดข้าวพื้นเมืองมากมายหลายสายพันธุ์ ซึ่งสามารถให้ผลผลิตสูงปลูกได้ตลอดปีก่อให้เกิดพันธุ์ข้าวปลูกที่เรียกว่าข้าวลูกผสม ซึ่งมีปริมาณ 120,000 พันธุ์ทั่วโลก ข้าวที่ปลูกในปัจจุบันแบ่งออกเป็นข้าวแอฟริกาและข้าวเอเชีย (มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2560) อีกทั้งข้าวยังเป็นอาหารหลักที่คนไทยนิยมรับประทานกันมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเป็นเวลาช้านานหลายคนอาจเห็นว่าต้นข้าวมีลักษณะการเจริญเติบโตเหมือนกับต้นหญ้า ซึ่งก็อาจเป็นความคิดที่ไม่แปลกนักเพราะข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า ที่มีลำต้นเป็นปล้องและมีโพรงตรงกลาง มีรากฝอยที่เติบโตอยู่ในระดับผิวดินเพื่อหาอาหารไปเลี้ยงลำต้นและส่วนต่างๆของต้นข้าว ลักษณะการเจริญเติบโตของต้นข้าว หากจะแบ่งส่วนประกอบของต้นข้าวออกเป็นส่วนต่างๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้

2.2.1.1 ราก ของต้นข้าวเป็นรากฝอยที่ไม่ได้หยั่งรากลึกส่วนใหญ่จะเป็นรากที่แตกแขนงออกอยู่ใต้ผิวดิน ทำหน้าที่ยึดต้นข้าวไม่ให้ล้มและดูดซึมอาหาจากดินขึ้นไปเลี้ยงส่วนต่างๆของต้นข้าว

2.2.1.2 ลำต้น แบ่งออกเป็นปล้องๆที่มีความยาวแตกต่างกันและมีจำนวนเท่ากับใบของต้นข้าว ภายในลำต้นจะมีลักษณะเป็นโพรงต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์จะมีความยาวของปล้องแตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 ใบข้าว แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ กาบใบที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มต้นข้าวและแผ่นใบที่มีลักษณะแตกต่างกันไปตามแต่ละสายพันธุ์ของข้าว ซึ่งทั้งสองส่วนนี้ถูกเชื่อมติดกันด้วยข้อต่อของใบข้าวที่กันแมลงและเยื่อกันน้ำฝนติดอยู่ด้วย

2.2.1.4 รวงข้าว เป็นส่วนช่อดอกของต้นข้าวที่อยู่บริเวณข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว มีลักษณะเป็นก้านอันใหญ่ต่อจากคอรวงขึ้นไป รวงข้าวจะมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ ลักษณะของรวงข้าวที่ให้ผลผลิตสูงจะมีข้อแขนงที่หนึ่งและแขนงที่สองค่อนข้างถี่ ทำให้มีดอกต่อรวงมากผลผลิตข้าวจึงมากขึ้นตามไปด้วย

2.2.1.5 ดอกข้าว ส่วนใหญ่จะมีการผสมพันธุ์แบบผสมตัวเอง เพราะมีมีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกันที่เรียกว่า ดอกสมบูรณ์เพศ

2.2.1.6 เมล็ดข้าว เกิดขึ้นจากการผสมเกสรของดอกข้าวเป็นส่วนที่มีชีวิตสามารถนำเอาไปเพาะปลูกเพื่อให้เจริญเติบโตได้ และมีส่วนประกอบของแป้งที่สามารถนำมาบริโภค ข้าวที่พบอยู่ในโลกใบนี้มีอยู่ด้วยกันหลายสายพันธุ์ แต่ที่บริโภคกันอยู่ในปัจจุบันเป็นข้าวในตระกูลออไรซา แคลเบอร์ริมา และออไรซา ซาไทวา ซึ่งตระกูลนี้สามารถแยกย่อยออกได้เป็น 3 ประเภท คือ อินดิคา จาปอนิคา และจาวานิคา ในประเทศไทยนิยมปลูกข้าวในกลุ่มสายพันธุ์อินดิคา ที่มีลักษณะเมล็ดค่อนข้างแบนและยาว มีการแตกกอมากลำต้นสูงแต่อ่อน ใบสีเขียวอ่อนมีลักษณะค่อนข้างยาว

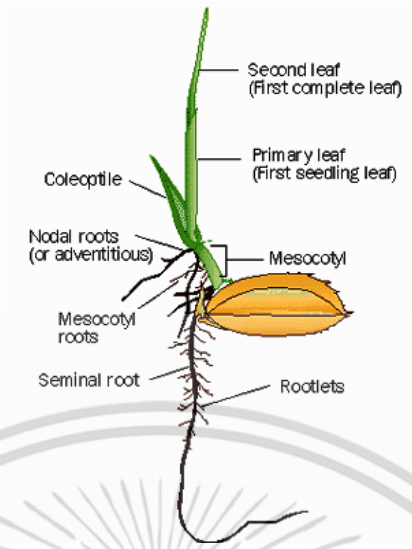
2.2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (วัชรินทร์, 2527)

2.2.2.1 ราก ระบบรากเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) (ภาพที่ 2.2) ประกอบด้วยรากที่พัฒนามาจากส่วนแรดิเคิล (radicle) เรียกว่า primary root หรือ first seedling root และรากที่แตกแขนงออกมาเรียกว่า secondary root หรือ lateral root รากที่เกิดจาก scutellar node เรียกว่า seminal root ส่วนรากที่เกิดจากข้อใต้ดินตั้งแต่ coleoptilar node ขึ้นไป เรียกว่า adventitious root (ภาพที่ 2.3)

ภาพที่ 2.2 รากแบบรากฝอย

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

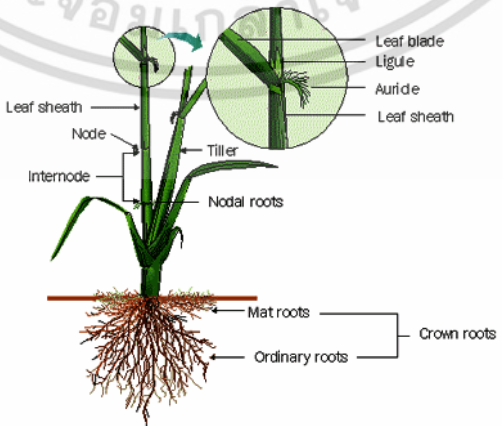


ภาพที่ 2.3 ราก

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

2.2.2.2 ลำต้น (haulmหรือ culm) ประกอบด้วยข้อ (node) และปล้อง (internode) ข้อประกอบด้วยวงเจริญ (growth ring) ปุ่มกำเนิดราก (root primordia) ตา (bud) และรอยกาบใบ (leaf scar) ข้าวมีการแตกหน่อ (tillering) ลำต้นหลักเรียกว่า main culm หน่อที่เจริญจาก main culm เรียกว่า primary tiller หน่อที่เจริญจาก primary tiller เรียกว่า secondary tiller และหน่อที่เจริญจาก secondary tiller เรียกว่า tertiary tiller ตามลำดับ

2.2.2.3 ใบเป็นใบเดี่ยว (simple leaf) ประกอบด้วย กาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) บริเวณรอยต่อระหว่างกาบใบและแผ่นใบ (leaf collar) มีเยื่อกันน้ำหรือลิ้นใบ (ligule) หูใบหรือเขี้ยวใบ (auricle) ส่วนที่มีลักษณะคล้ายใบแต่ไม่มีเส้นกลางใบเป็นสัน 2 สัน พบระหว่างหน่อหรือแขนงที่แตกจากลำต้นเรียกว่า prophyllum (ภาพที่ 2.4)

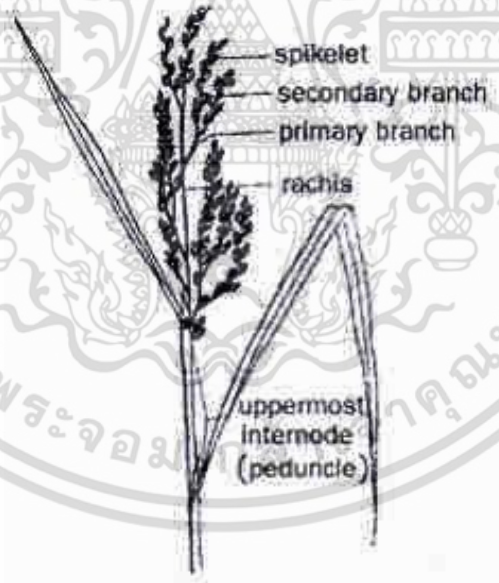


ภาพที่ 2.4 ใบ

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

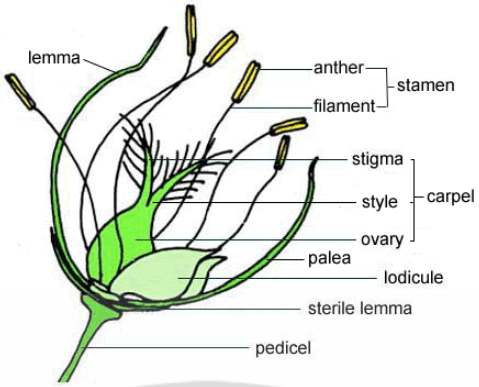
2.2.2.4 ช่อดอกและดอก เป็นแบบ panicle ปล้องสุดท้ายของลำต้น (uppermost internode) เป็นก้านช่อดอก (peduncle) แกนกลางช่อดอกเรียกว่า rachis หรือ panicle axis กิ่งที่แตกจาก rachis เรียกว่า primary branch และกิ่งที่แตกจาก primary branch เรียกว่า secondary branch (ภาพที่ 2.5) ดอกข้าวเกิดเป็นกลุ่มเรียกว่า spikelet ประกอบด้วยกลีบดอกที่หุ้ม spikelet 2 กลีบ ได้แก่ กลีบด้านนอก (outer glume) และกลีบด้านใน (inner glume) แต่มองเห็นไม่ชัด (rudimentary glume) ดอกประกอบด้วยดอกย่อย (floret) 3 ดอก มีดอกย่อยเพียงดอกเดียวที่มีการเจริญ เรียกว่า flowering glume ส่วนดอกย่อยที่ไม่เจริญเหลือเฉพาะส่วน lemma เรียกว่า sterile lemma หรือ non-flowering glume หรือ empty glume ดอกย่อยที่มีการเจริญประกอบด้วยกลีบดอกย่อยด้านนอก (lemma) ที่มีเส้นตามความยาว 5 เส้น และกลีบดอกย่อยด้านใน (palea) ที่มีเส้นตามความยาว 3 เส้น ดอกย่อยประกอบด้วยเกสรตัวผู้ (stamen) ที่มีก้านชูละอองเกสรตัวผู้ (filament) และอับละอองเกสรตัวผู้ (anther) ส่วนเกสรตัวเมีย (pistil) ประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านชูเกสรตัวเมีย (style) สั้น ปลายเกสรตัวเมีย (stigma) แยกเป็น 2 แฉก มีลักษณะคล้ายขนนกเรียกว่า plumose stigma และเยื่อรองรังไข่ (lodicule) อยู่ที่ส่วนฐานของรังไข่ (ภาพที่ 2.6)



ภาพที่ 2.5 ช่อดอกเป็นแบบ panicle

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

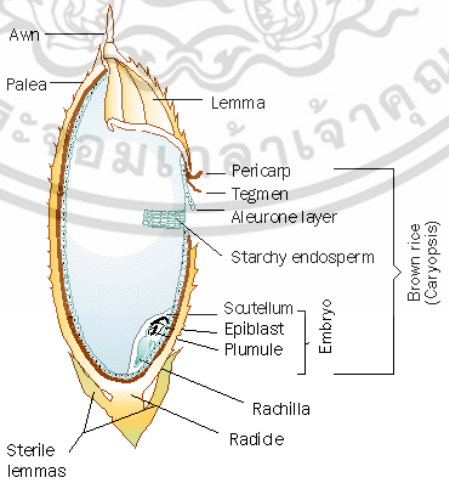
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 ช่อดอกและดอก

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

2.2.2.5 ผลและเมล็ดเป็นแบบ caryopsis ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล (pericarp) ติดอยู่กับส่วนของเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) มีเปลือกหุ้มซึ่งเป็นส่วนของ lemma และ palea เรียกว่า hull ผลของข้าวที่เก็บเกี่ยวมาเรียกว่า ข้าวเปลือก (hulled grain) เมื่อแกะส่วนของเปลือกหุ้มออกเห็นเยื่อหุ้มผล และเยื่อหุ้มเมล็ดที่มีสีน้ำตาล เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice grain) เมื่อขัดส่วนของเยื่อหุ้มสีน้ำตาลออกจะเป็นข้าวสาร (kernel) ส่วนหัวของข้าวสารมีสีขาวขุ่น เรียกว่า จมูกข้าว หรือคัพภะ (embryo) ที่เหลือเป็นเอนโดสเปิร์ม (endosperm) คัพภะประกอบด้วยแรดิเคิล (radicle) พลูมูล (plumule) ใบเลี้ยงที่ไม่มีการพัฒนา (epiblast) และเนื้อเยื่อที่กั้นระหว่างคัพภะกับเอนโดสเปิร์ม (scutellum) บริเวณรอบนอกของเอนโดสเปิร์มมีชั้น aleurone layer และส่วนสีขาวขุ่นที่ด้านท้องของเมล็ดด้านเดียวกับคัพภะ เรียกว่า ท้องปลาซิวหรือท้องไข่ (abdominal white) (ภาพที่ 2.7)



ภาพที่ 2.7 ผลและเมล็ด

ที่มา: ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2015) http://www.agron.agri.kps.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ข้าวกับการขยายพันธุ์

2.3.1 การปลูกข้าว (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2560)

2.3.1.1 การทำนาดำเป็นวิธีการทำนาที่มีการนำเมล็ดข้าวไปเพาะในแปลงที่เตรียมไว้ (แปลงกล้า) ให้งอกเป็นต้นกล้า แล้วถอนต้นกล้าไปปักดำในกระทงนาที่เตรียมไว้ และมีการดูแลรักษาจนให้ผลผลิต การทำนาดำนิยมในพื้นที่ที่มีแรงงานเพียงพอ การทำนาดำ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมดินสำหรับการทำนา ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เช่น น้ำ ภูมิอากาศ ลักษณะพื้นที่ ตลอดจนแบบวิธีการทำนา และเครื่องมือการเตรียมดินที่แตกต่างกัน การเตรียมดินแยกได้เป็น 2 ขั้นตอนคือ

1.1 การไถดะและไถแปร การไถดะคือ การไถพลิกหน้าดินครั้งแรกเพื่อกำจัดวัชพืช และตากดินให้แห้ง การไถแปร คือ การไถครั้งที่สองโดยไถขวางแนวไถดะ เพื่อย่อยดินและคลุกเคล้าฟาง วัชพืช ฯลฯ ลงไปในดิน การไถด้วยแรงงานสัตว์ เช่น วัว ควาย รถไถเดินตาม รถแทรกเตอร์

1.2 การคราดหรือใช้ลูกทุบ คือการกำจัดวัชพืช ตลอดจนการทำให้ดินแตกตัว และเป็นเทือกพร้อมที่จะปักดำได้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ทำต่อจากขั้นตอนที่ 1 และขังน้ำไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้มีสภาพดินที่เหมาะสมในการคราด การใช้ลูกทุบหรือเครื่องไถพรวนจอบหมุน (Rotary)

2. การตกกล้า เตรียมต้นกล้าให้ได้ต้นที่แข็งแรง เมื่อนำไปปักดำก็จะได้ข้าวที่เจริญเติบโตได้รวดเร็ว และมีโอกาสให้ผลผลิตสูง ต้นกล้าที่แข็งแรงดีต้องมีการเจริญเติบโตและความสูงสม่ำเสมอทั้งแปลง มีกาบใบสั้น มีรากมากและรากขนาดใหญ่ ไม่มีโรคและแมลงทำลาย

3. การเตรียมเมล็ดพันธุ์ ต้องเป็นเมล็ดพันธุ์ที่บริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ปราศจากการทำลายของโรคและแมลง การแช่และหุ้มเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดข้าวที่ได้เตรียมไว้บรรจุในภาชนะ เช่น ตะกร้าไม้ไผ่สาน กระสอบป่าน หรือ ถุงผ้า ไปแช่ในน้ำสะอาดนานประมาณ 12-24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ขึ้นมาวางบนพื้นที่น้ำไม่ขัง และมีการถ่ายเทอากาศดีนำกระสอบป่านชุบน้ำจนชุ่มมาหุ้มเมล็ดพันธุ์โดยรอบ รดน้ำทุกเช้าและเย็น เพื่อรักษาความชุ่มชื้น หุ้มเมล็ดพันธุ์ไว้นานประมาณ 30-48 ชั่วโมง เมล็ดข้าวจะงอกขนาดตุ่มตา (มียอดและรากเล็กน้อยโดยรากจะยาวกว่ายอด) พร้อมที่จะนำไปหว่านได้การหุ้มเมล็ดพันธุ์นั้น ควรวางเมล็ดพันธุ์ไว้ในที่ร่มไม่ถูกแสงแดดโดยตรง และขนาดของกองเมล็ดพันธุ์ต้องไม่โตมากเกินไป หรือบรรจุถุงขนาดใหญ่เกินไป เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสูงในกองหรือถุงข้าว เพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปเมล็ดพันธุ์ข้าวจะตาย ถ้าอุณหภูมิพอเหมาะข้าวจะงอกเร็ว และสม่ำเสมอกันตลอดทั้งกอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การปักดำควรทำเป็นแถวเป็นแนว ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย การพ่นยากำจัดโรคแมลง และยังทำให้ข้าวแต่ละกอมีโอกาสได้รับอาหารและแสงแดดอย่างสม่ำเสมอกัน

2.3.1.2 การทำนาหว่าน เป็นการปลูกข้าวโดยการหว่านเมล็ดลงไปในนาที่เตรียมพื้นที่ไว้แล้วโดยตรง เป็นวิธีการที่นิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากประหยัดแรงงานและเวลา การทำนาหว่าน แบ่งเป็น 2 วิธี คือ

1. นาหว่านข้าวแห้ง เป็นการหว่านเมล็ดข้าวเพื่อคอยฝน และมีชื่อเรียกปลีกย่อยไปตามวิธีปฏิบัติ คือ การหว่านสำรวย เป็นการหว่านเมล็ดข้าวแห้งในสภาพดินแห้ง เนื่องจากฝนยังไม่ตก โดยหลังจากการไถแปรครั้งสุดท้ายแล้วหว่านเมล็ดข้าวลงไปโดยไม่ต้องคราดกลบ เมล็ดจะตกลงไปอยู่ในระหว่างก้อนดิน เมื่อฝนตกลงมาเมล็ดข้าวจะงอกขึ้นมา ในบางพื้นที่หลังจากการหว่านข้าวแห้งแล้วมีการคราดกลบหรือไถกลบ การหว่านหลังขี้ไถ เป็นการหว่านในสภาพที่มีฝนตกลงมา และน้ำเริ่มจะขังในกระทงนา เมื่อไถแปรแล้วก็หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวตามหลังแล้วคราดกลบทันที

2. นาหว่านข้าวงอก หว่านน้ำตมโดยการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ถูกเพาะให้งอก มีขนาดตุ่มตา (มีรากงอกประมาณ 1-2 มิลลิเมตร) ไปหว่านลงในกระทงนา ซึ่งมีการเตรียมดินจนเป็นเทือก แยกเป็นการหว่านหนีน้ำทำในนาน้ำฝน เนื่องจากการหว่านข้าวแห้งหรือทำการตกกล้าไม่ทัน เมื่อฝนมามากหลังจากเตรียมดินเป็นเทือกดีแล้ว ก็หว่านข้าวที่เพาะจนงอก ลงไปในกระทงนาที่มีน้ำขังอยู่มากจึงเรียกว่า นาหว่านน้ำตม นาชลประทานหรือนาในเขตที่มีแหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์ การทำนาในสภาพนี้มักจะให้ผลผลิตสูง หลังจากเตรียมดินเป็นเทือกดีแล้วระบายน้ำออกหรือให้เหลือน้ำขังบนผืนนาน้อยที่สุด นำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่งอกขนาดตุ่มตาหว่านลงไปแล้วคอยดูแลควบคุมการให้น้ำ มักจะเรียกการทำนาแบบนี้ว่า การทำนาน้ำตมแผนใหม่

2.3.1.3 การทำนาหยอด เป็นวิธีการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝน โดยหยอดเมล็ดข้าวแห้งลงไปในดินเป็นหลุมๆ หรือโรยเป็นแถวแล้วกลบเมล็ดข้าว เมื่อฝนตกลงมาดินมีความชื้นพอเหมาะเมล็ดก็จะงอกเป็นต้น การทำนาหยอดนิยมทำในพื้นที่สภาพไร่ หรือนาในเขตที่การกระจายของฝนไม่แน่นอน แบ่งเป็น 2 สภาพ ได้แก่

1. นาหยอดในสภาพไร่ (ข้าวไร่) พื้นที่ส่วนใหญ่มักเป็นที่ลาดชัน เช่น ที่เชิงเขา เป็นต้น ปริมาณน้ำฝนไม่แน่นอนสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่สามารถเตรียมดินโดยการไถได้ จึงจำเป็นต้องหยอดข้าวเป็นหลุม

2. นาหยอดในสภาพที่ราบสูง เช่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขาหรือหุบเขา การหยอดอาจหยอดเป็นหลุมหรือใช้เครื่องมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยอด หรือโรยเป็นแถวแล้วคราดกลบ นาหยอดในสภาพนี้ให้ผลผลิตสูงกว่านาหยอดในสภาพไร่มาก

2.3.1.4 การทำนาขั้นบันได เป็นการทำนาบนพื้นที่สูงโดยการขุดปรับพื้นที่สภาพไร่ซึ่งเคยใช้ปลูกข้าวไร่หรือพืชไร่อื่นๆ ปรับเปลี่ยนเป็นพื้นที่นา ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งในการลดปัญหาการทำไร่เลื่อนลอยช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว และสร้างความมั่นคงทางอาหารบนพื้นที่สูง

1. การคัดเลือกพื้นที่ควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่ไม่มีความลาดชันมากนัก เนื่องจาก การขุดปรับพื้นที่ทำได้ค่อนข้างยากและจะได้พื้นที่ปลูกข้าวในกระทงนาที่แคบ การทำงานได้ไม่สะดวก และควรเลือกพื้นที่ใกล้แหล่งน้ำ สามารถทำระบบส่งน้ำมายังแปลงนาได้ หรือจัดหาน้ำมายังแปลงนาได้ในอนาคต

2. การขุดปรับพื้นที่นาขั้นบันไดสามารถทำได้โดยใช้แรงงานคน หรือใช้เครื่องจักรกล แต่ในบางพื้นที่อาจมีข้อจำกัดในการใช้เครื่องจักรกลเนื่องจากไม่มีถนนเข้าสู่พื้นที่ การใช้แรงงานคนเป็นวิธีการที่เหมาะสมในหลายพื้นที่และเจ้าของนามีความภาคภูมิใจผลงานที่ตนได้ดำเนินการเอง รวมทั้งมีความเอาใจใส่ที่จะบำรุงรักษาเมื่อเกิดการชำรุด การขุดปรับพื้นที่นาสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

2.1 การขุดดินจากล่างขึ้นบน เป็นการขุดดินจากขอบแปลงด้านล่างขึ้นไปทำเป็นคันนาเหนือจุดที่ขุดดิน พร้อมทั้งปรับแปลงให้มีความสม่ำเสมอ การขุดปรับพื้นที่นาแบบนี้มีข้อดีคือ โครงสร้างของดินในแปลงนาจะถูกรบกวนน้อย หน้าดินจะไม่ถูกเคลื่อนย้ายจึงทำให้ยังรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินเดิมไว้ได้ สามารถทำให้น้ำขังในแปลงนาได้เร็วขึ้น

2.2 การขุดดินจากบนลงล่าง เป็นการขุดดินจากส่วนบนของแปลงที่สูงกว่ามาถมส่วนล่างของแปลงที่ต่ำกว่า เพื่อปรับให้แปลงนามีความสม่ำเสมอ การขุดปรับพื้นที่นาโดยวิธีนี้สามารถทำได้ง่ายเกษตรกรส่วนใหญ่คุ้นเคย และสามารถใช้เครื่องจักรกลได้ แต่การขุดปรับพื้นที่นาโดยวิธีนี้มีข้อจำกัดคือ หน้าดินส่วนบนของแปลงนาจะถูกตัดออกไปเหลือแต่ดินชั้นล่างความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ จึงทำให้การเจริญเติบโตของข้าวในระยะแรกไม่ค่อยดี ส่วนหน้าดินที่ตัดออกไปจะถูกนำไปถมในส่วนล่างของแปลงนาและปรับเป็นคันนา จึงทำให้ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ส่วนล่างเจริญเติบโตได้ดีกว่า การแก้ปัญหาสามารถทำได้โดยการขุดเอาดินชั้นบนของกระทงนาที่อยู่เหนือขึ้นไปนำไปใส่แปลงนาที่อยู่ด้านล่างปรับระดับให้สม่ำเสมอ การปรับพื้นที่ในแปลงนาให้สม่ำเสมอทำได้โดยการปล่อยน้ำเข้าในแปลงแล้วปรับพื้นที่ให้น้ำท่วมพื้นที่ในแปลงให้สม่ำเสมอกัน หรือถ้าไม่สามารถปล่อยน้ำเข้าแปลงได้ก็ใช้การสังเกตและค่อยๆปรับระดับให้สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.5 การทำนาที่สูง ข้าวบนพื้นที่สูงหรือข้าวดอย มีลักษณะการปลูก 2 แบบ คือ การปลูกแบบสภาพไร่ หรือที่เรียกว่า ข้าวไร่ ปลูกตามไหล่เขาไม่มีคันนาสำหรับเก็บกักน้ำในแปลงปลูก ส่วนมากมักเตรียมดินโดยกาถางวัชพืชหรือพืชอื่นออกก่อนแล้วเตรียมดิน หลังจากนั้นจึงทำการปลูกข้าว พื้นที่ปลูกข้าวไร่ส่วนใหญ่มักมีความลาดชันตั้งแต่ 5-60 องศา อาศัยความชื้นในการเจริญเติบโตจากน้ำฝนเพียงอย่างเดียวและการปลูกในสภาพนาโดยเริ่มต้นตั้งแต่เตรียมดิน ตกกล้า ไถ คราด ทำเทือก และปักดำ ดังเช่น การทำนาพื้นราบทั่วไป พื้นที่ปลูกจะอยู่ระหว่างหุบเขา มีการทำคันนาสำหรับกักเก็บน้ำ ส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะนาขั้นบันได การกำหนดพื้นที่สูงนั้นจะทำการกำหนดพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (above mean sea level) ตั้งแต่ 700 เมตร ขึ้นไป ให้เป็นพื้นที่สูง หรือสังเกตจากธรรมชาติ จากการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้บนพื้นที่ดอยหรือภูเขา โดยสังเกตจากไม้ป่า เช่น สัก เต็ง รัง และพลวง ซึ่งพันธุ์ไม้เหล่านี้จะสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นราบ จนถึงพื้นที่ที่มีความสูงประมาณ 700-800 เมตรจากระดับน้ำทะเล เหนือขึ้นไปจะมีพันธุ์ไม้ประเภทสน ซึ่งเป็นไม้ที่ขึ้นได้ดีในเขตอบอุ่นหรือเขตหนาว ขึ้นปะปนกับพันธุ์ไม้อื่นๆ สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน สำหรับการปลูกข้าวบนที่สูงมีขั้นตอนการปลูกที่อาจแตกต่างจากการปลูกข้าวบนพื้นที่ราบทั่วๆ ไป โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. การเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวบนที่สูงจะเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะการปลูกข้าวไร่ จะเริ่มถางกำจัดวัชพืชนำออกไปไว้ข้างแปลงหรือวางเป็นแนวขวางทางลาดชัน เพื่อดักตะกอนดินไม่แนะนำให้เผาเศษซากพืช ถ้าในพื้นที่ที่มีหินสามารถนำไปขวางลาดชันดักตะกอนดิน และทำให้เกิดลักษณะขั้นบันไดในระยะต่อไป พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงไม่ควรไถเพราะจะทำให้เร่งการชะล้างหน้าดินเมื่อฝนตก การเตรียมพื้นที่จะทำ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกในเดือนมีนาคม ครั้งที่สองในเดือนเมษายนหรือพฤษภาคม การเตรียมพื้นที่ครั้งที่สองเป็นการเตรียมแบบประณีตเพื่อปลูกข้าว ส่วนข้าวนาที่สูงจะเริ่มเตรียมดินตกกล้าในเดือนพฤษภาคม มีการเตรียม 2 แบบ คือ เตรียมดินเพื่อตกกล้าสภาพไร่ โดยการถางวัชพืชออกแล้วสับดินให้ละเอียดก่อนหว่านเมล็ดข้าวลงไป และเตรียมดินเพื่อตกกล้าสภาพนาที่มีน้ำขัง เริ่มจากหลังที่ฝนตกมีน้ำขังในนาอยู่บ้าง มีการไถคราด ทำเทือก ยกร่องเป็นแปลงขนาดเล็กกว้าง 1-1.5 เมตรความยาวตามพื้นที่ มีร่องระบายน้ำ แล้วหว่านเมล็ดข้าวที่หุ้มให้งอกแล้วลงบนแปลงเพาะ ดังเช่น การตกกล้าสำหรับการทำนาบนพื้นราบทั่วไป

2. การเตรียมเมล็ดพันธุ์และพันธุ์ข้าวที่สูงหรือข้าวดอยเป็นพันธุ์ข้าวที่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆได้ดีกว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ราบทั่วไป เช่น ทนต่อสภาพอากาศเย็น ต้านทานต่อโรคไหม้ เป็นต้น เมล็ดข้าวที่จะนำไปปลูกต้องมาจากแหล่งที่สามารถเชื่อถือได้ เช่น ไม่มีโรคแมลง สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน และควรมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์สำหรับความบริสุทธิ์ (purity) ของเมล็ดพันธุ์นั้น ในข้าวนาจะมีความบริสุทธิ์ของพันธุ์มากกว่าข้าวไร่ เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวไร่มีสภาพการปลูกบนดินที่ไม่มีน้ำขังในแปลงปลูก แปลงหนึ่งๆ อาจพบความหลากหลายทางพันธุกรรม (genitic diversity) ของข้าวที่ปลูกในแปลงนั้นๆได้ ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกข้าวในสภาพไร่นั้นมักจะประสบปัญหามากกว่าข้าวนา เช่น ความแห้งแล้ง ฝนทิ้งช่วง อากาศหนาวเย็น โรคไหม้ แมลง และ วัชพืช เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วข้าวบนพื้นที่สูงมักมีอายุการออกดอก แบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

2.1 ข้าวอายุเบาจะออกดอกประมาณต้นเดือนกันยายน ส่วนใหญ่จะพบในข้าวไร่มากกว่า ข้าวนา เช่น พันธุ์อาร์ 258

2.2 ข้าวอายุกลางออกดอกประมาณกลางเดือนกันยายนถึงต้นเดือนตุลาคม จะพบมากที่สุดทั้งข้าวนา และข้าวไร่ ซึ่งจะอยู่ในพื้นที่ระดับความสูงไม่เกิน 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล ข้าวอายุปานกลางที่เป็นข้าวไร่ ได้แก่ เจ้าลีซอสันป่าตอง เจ้าขาวเชียงใหม่ และลาซอ เป็นต้น ส่วนข้าวนา ได้แก่ ข้าวหลวงสันป่าตอง เป็นต้น

2.3 ข้าวอายุหนัก เป็นข้าวที่ออกดอกในช่วงปลายเดือนตุลาคม พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่บนพื้นที่สูงกว่า 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเลซึ่งมีความชื้นจากฝนและหมอกที่ตกในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนพฤศจิกายน ซึ่งในเขตที่ต่ำกว่าปริมาณฝนเริ่มลดลง ข้าวที่มีอายุหนักส่วนมากจะทนต่อความหนาวเย็นได้ดีกว่าพันธุ์อื่น และเป็นข้าวไร่ เช่น พันธุ์น้ำรู ขี้ช้าง งาช้าง เป็นต้น

2.4 การเก็บเกี่ยว

การเก็บเกี่ยวข้าวจะกระทำเมื่อผลแก่จัดเต็มที่อายุประมาณ 30 วันหลังดอกบาน มีความชื้นภายในผลหรือเมล็ดประมาณ 21-24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดบริเวณโคนรวงมีสีเหลืองทั่วกันทั้งหมด หรืออาจเก็บเกี่ยวในระยะที่เมล็ดข้าวสุกเหลืองเกือบทั้งรวง ประมาณร้อยละ 80 ถ้าเก็บเกี่ยวข้าวช้าเกินไปจะทำให้คอรวงหักและเมล็ดร่วงเสียหายในการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคนจะใช้เคียวเกี่ยวข้าว ซึ่งมี 2 ชนิด คือ เคียวนาสวนที่มีวงกว้าง และเคียวนาเมืองที่มีวงแคบ ในภาคใต้ของประเทศไทย มีการเก็บเกี่ยวโดยการใช้แกระ เช่นเดียวกับประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย และฟิลิปปินส์ ซึ่งเก็บเกี่ยวได้ทีละรวงทำให้เสียเวลาในการเก็บเกี่ยวมาก

ในปัจจุบันมีการปรับพื้นที่นาให้เป็นแปลงนาขนาดใหญ่และมีพื้นที่เหมาะสมต่อการรองรับน้ำหนักของรถเกี่ยวข้าวที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ทำให้ประหยัดเวลาและแรงงานในการเกี่ยวข้าว ซึ่งพันธุ์ข้าวที่เกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวข้าวต้องมีความเหมาะสมด้วย

หลังจากเกี่ยวข้าวแล้วจะมีการตากแดดฟ่อนรวงข้าวในนาให้แห้งจนมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 13-15 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงทำการนวดบนลานข้าวที่เตรียมไว้ แล้วใช้วัวหรือควายย่ำ หรือฟาดกำข้าวบนเสื่อลำแพน ผ้าใบ กระชุ หรือลานนวด หรืออาจใช้คนย่ำ ซึ่งเหมาะกับการนวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวที่มีปริมาณไม่มากนัก ในปัจจุบันเครื่องนวดข้าวขนาดต่างๆ เป็นที่นิยมแพร่หลายไปทั่ว โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ทำนาขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย หรือว่าจ้างให้เจ้าของเครื่องทำการรับเหมานวดข้าวให้ได้ เมื่อนวดเมล็ดข้าวเสร็จแล้ว ยังคงมีเศษฟาง ใบข้าว เศษวัชพืช และสิ่งเจือปนต่างๆ ต้องทำการกำจัดออกโดยใช้การสาดข้าวด้วยพลั่วให้ลมพัดเศษสิ่งสกปรกที่มีน้ำหนักเบาปลิวออกไปจากเมล็ดข้าว หรืออาจใช้พัดขนาดใหญ่โบกไปมาเพื่อให้เศษฟาง ข้าวลีบ และใบข้าวปลิวออก ถ้าเมล็ดข้าวมีปริมาณน้อยอาจใช้กระด้งฝัด แต่ต้องอาศัยความชำนาญในการฝัดเอาสิ่งเจือปนออกมา ส่วนเครื่องทุ่นแรงที่ใช้ในการทำความสะอาดเมล็ดข้าวคือ เครื่องสีฝัด สามารถทำความสะอาดเมล็ดข้าวได้ดีหลังจากทำความสะอาดแล้ว เมล็ดข้าวยังคงมีความชื้นสูงอยู่ จึงต้องนำเมล็ดข้าวไปตากบนลาน 2-3 วัน จากนั้นจึงนำไปเก็บรักษาในถุงผ้า กระสอบ หรือกระบุงก่อนนำไปเก็บไว้ในยุ้งฉางที่มีการระบายอากาศดีและปราศจากเชื้อรา รวมทั้งสัตว์พวกนก หนู และแมลงต่างๆ เมื่อจะนำไปบริโภคจึงนำไปขัดสีเป็นข้าวสาร หรือถ้าจะนำเมล็ดข้าวไปปลูกทำพันธุ์ต่อไปก็สามารถนำเมล็ดข้าวจากยุ้งฉางเหล่านี้ไปปลูกได้

2.5 การใช้ประโยชน์

ข้าวเปลือก (unhulled grain) เป็นข้าวที่ยังไม่ได้นำส่วนที่ห่อหุ้มภายนอก คือ แกลบออก เมื่อทำการสีเอาแกลบออกจะได้ข้าวกล้อง เมื่อขัดส่วนของผนังผลและเปลือกเมล็ดข้าว จะได้ข้าวสาร ปลายข้าว และรำข้าว ในการขัดสีแกลบที่ห่อหุ้มเมล็ดข้าวออกทำได้โดยการผ่านเมล็ดข้าวเปลือกเข้าสู่ลูกกลิ้งหรือหินโม่สองอันซึ่งบดเข้าหากัน แล้วผ่านการคัดเลือกแยกเมล็ดและแกลบออกจากกัน

ในอินเดีย บังคลาเทศ และปากีสถานมีการนำข้าวเจ้าทั้งเปลือกมาแช่น้ำแล้วนึ่งด้วยความร้อนให้มีความสุกเพียงครึ่งหนึ่งเป็นการกระตุ้นให้วิตามินละลายในไขมันได้ดี และมีการเปลี่ยนแปลงสารอาหารบางอย่างให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมและมีคุณค่าทางโภชนาการแก่การบริโภคยิ่งขึ้น เนื่องจากวิธีการนี้จะทำให้แกลบแยกออกจากเมล็ดเมื่อผ่านกระบวนการสีข้าว โดยส่วนของรำซึ่งมีคุณค่าทางอาหารสูงไม่ถูกขัดสีทิ้งไป ข้าวสารของข้าวเหนียวและข้าวเจ้าถูกนำมาบริโภคโดยการหุงหรือนึ่งให้สุกด้วยไอน้ำ แล้วรับประทานกับผัก ปลา เนื้อสัตว์ ที่นำมาปรุงเป็นกับข้าว นำมาทำขนมหวานชนิดต่างๆ เช่น ข้าวหลาม ข้าวเม่า ข้าวพอง ข้าวต้มมัด ข้าวเหนียวย่าง และนำมาผลิตเบียร์ ไวน์ และสุราสูตรต่างๆ แป้งที่บดได้จากเมล็ดข้าวเจ้าและข้าวเหนียวถูกนำมาใช้ในการประกอบอาหารจำพวก ขนมจีน เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นหมี่ ขนมปังแข็ง อาหารเด็ก อาหารสำเร็จรูป แป้งแช่แข็ง อาหารรับประทานเล่น ของหวานและขนมต่างๆ รวมทั้งใช้เป็นส่วนผสมของขนมปัง แพนเค้ก วอฟเฟิล แป้งข้าวเหนียวถูกนำมาใช้ในการผลิตซ๊อสขาว น้ำเกรวี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพุดดิ้ง ส่วนแป้งข้าวเจ้านั้น นอกจากใช้ทำอาหารประเภทต่างๆ ทั้งคาวและหวานแล้ว ยังใช้ทำแป้งสำหรับอัดกลีบเสื้อผ้า เครื่องสำอาง และเคลือบเส้นใย

2.5.1 อุตสาหกรรมสิ่งทอ

2.5.1.1 ปลายข้าวถูกนำมาใช้ในการผลิตแป้ง ทำโจ๊ก และอาหารเลี้ยงสัตว์

2.5.1.2 รำข้าวถูกนำมาใช้ในการผลิตอาหารเสริมสุขภาพ อาหารเลี้ยงสัตว์จำพวกหมู เป็ด ไก่ และนำมาผสมกับอาหารอื่นๆ เพื่อเลี้ยงปลาและนก นอกจากนี้รำข้าวยังถูกนำมาผลิตน้ำมันรำข้าวสำหรับปรุงอาหาร ผลิตสบู่ เนยเทียม เครื่องสำอาง สารป้องกันสนิม สารป้องกันความชื้น สารเคลือบเงา สารเคลือบหนัง และยา แหล่งผลิตน้ำมันรำที่สำคัญของโลก คือ จีน อินเดีย ญี่ปุ่น เวียดนาม และไทย

2.5.1.3 เมล็ดข้าวที่เริ่มพัฒนาเข้าสู่ระยะน้ำนมถูกนำมาตำแล้วคั้นน้ำ เพื่อทำเครื่องดื่มน้ำนมข้าวบำรุงสุขภาพ

2.5.1.4 แกลบถูกนำมาใช้ทำเป็นเชื้อเพลิง วัสดุปลูกพืช สารดูดซับน้ำ ผสมวัสดุก่อสร้างและซีเมนต์ ทำวัสดุกรองน้ำ สกัดวิตามิน ยา สารพิษ และสารชีวภาพต่างๆ แกลบของข้าวเจ้ามีสารซิลิก้าอยู่เป็นปริมาณสูง ซึ่งมีการสกัดมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแก้วและกระเบื้องเซรามิกส์ ถ้านำแกลบข้าวเจ้ามาอบที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส จะได้สารซิลิก้าซึ่งนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของแผ่นซิลิคอนรับพลังงานจากดวงอาทิตย์ ในแผงเซลล์สุริยะ (solar cell)

2.5.1.5 ถ่านแกลบสีดำที่ได้จากการเผาแกลบถูกนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกพืชเนื่องจากดูดซับน้ำได้ดี และถูกนำมาใช้ทำวัสดุกรองน้ำ นอกจากนี้มีการใช้ผสมกับปูนซีเมนต์ในการก่อสร้างเนื่องจากทนทานต่อกรดได้ดี

2.5.1.6 ฟางข้าวหรือส่วนต่างๆของต้นข้าวที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวรวงข้าวถูกนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์ ทำวัสดุปลูกพืช วัสดุเพาะเห็ดฟาง ทำปุ๋ยหมัก ใช้เป็นวัสดุคลุมแปลงปลูกผักที่ต้องการความชื้นสูง ทำกระดาษฟาง กระดานอัดจากฟางข้าว นำไปรองคอกสัตว์ นำไปอัดขายเป็นฟ่อนๆ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร ใช้ทำหุ่นฟางรูปสัตว์ต่างๆ และหุ่นไล่กา และใช้รองพื้นป้องกันสินค้าที่แตกหักง่ายได้รับความกระทบกระเทือนน้อยลงขณะขนส่ง

2.6 วัชพืชในนาข้าว

วัชพืชเป็นศัตรูอย่างหนึ่งของพืชปลูก ทำให้ผลิตผลทางการเกษตรลดลงเป็นจำนวนไม่น้อย มีรายงานจากการวิจัยว่า วัชพืชที่ขึ้นในแปลงพืชปลูกจะทำให้ผลิตผลลดลงถึง 30-35 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากวัชพืชมีนิเวศวิทยาเช่นเดียวกับพืชปลูก โดยทั่วไปวัชพืชจะดูดธาตุอาหารได้เร็วกว่าและในปริมาณที่มากกว่าพืชปลูก โดยเฉพาะพืชปลูกที่เป็นพืชล้มลุก (Moody, 1989) นอกจากนี้แล้ว วัชพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังเป็นที่อาศัยของโรคและแมลงอีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2545) การจำแนกวัชพืชเพื่อการควบคุมป้องกันกำจัดวัชพืช สามารถแบ่งออกได้ 6 ประเภท คือ (หฤทัย , 2552)

2.6.1 วัชพืชใบกว้าง (broadleaved weeds)

หมายถึง วัชพืชที่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่ (dicotyledon) ที่ลำต้นอาจมีกิ่งก้านสาขา ตัวใบจะมีความกว้างและยาวแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย เส้นใบเป็นร่างแห มีรากแก้ว เช่น ผักปอดนา (*Sphenochlea zeylanica* Gaertn.) เทียนนา (*Ludwigia hyssopifolia* (G.Don) Exell) ผักบุ้ง(*Ipomea aquatica* Forsk.) ผักปลาบ (*Commelina diffusa* Burm.f.)

2.6.2 วัชพืชใบแคบ (narrowleaved weeds) หรือวัชพืชตระกูลหญ้า (Poaceae)

หมายถึง พืชใบเลี้ยงเดี่ยว (monocotyledon) ในวงศ์หญ้า (Poaceae) บางครั้งอาจเรียกว่า วัชพืชใบแคบตระกูลหญ้า ลำต้นกลม ปล้องกลวง ข้อตัน ใบจะแยกเป็นตัวใบและกาบใบ เส้นใบขนาน ไม่มีรากแก้ว เช่น หญ้าข้าวนก (*Echinochloa colona*) หญ้าดอกขาว *(Leptochloa chinensis*) หญ้าคา (*Imperata cylindrica*) หญ้ารังนก (*Chloris barbata*) เป็นต้น

2.6.3 วัชพืชกก (sedge)

หมายถึง พืชที่อยู่ในวงศ์กก (Cyperaceae) ลักษณะคล้ายวัชพืชใบแคบ ลำต้นไม่มีข้อและปล้อง ภายในลำต้นตัน ใบไม่แยกเป็นกาบใบและแผ่นใบ ใบจัดเรียงตัวบนลำต้นเป็น 3 แถว เช่น กกทราย (*Cyperus iria* L.) กกขนาก (*Cyperus difformis* L.) หนวดปลาดุก (*Frimbristylis miliacea* (L.) Vahl.)

2.6.4 วัชพืชประเภทเฟิร์น (fern)

เป็นกลุ่มพืชที่มีท่อลำเลียงแต่ไม่มีดอกและเมล็ด ขยายพันธุ์ด้วยส่วนของต้น สร้างอับเรณู (spore) เช่น ผักแว่น (*Marsilea crenata*)

2.6.5 วัชพืชสาหร่าย (algae)

เป็นกลุ่มพืชชั้นต่ำ ไม่มีราก ลำต้น ใบอย่างแท้จริง มีรูปร่างอย่างง่ายๆ ประกอบด้วยเซลล์เดียว หรือหลายเซลล์มาต่อกัน ราก ลำต้นและใบไม่มีความแตกต่างกัน เช่น สาหร่ายไฟชนิดต่างๆ (stone wort)

2.6.6 วัชพืชกลุ่มอื่นๆ

ที่ไม่ได้จัดเข้าในกลุ่มนี้ ส่วนมากเป็นวัชพืชน้ำเช่น ธูปฤาษี (*Typha angustifolia* L.) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แมลงศัตรูในโรงเก็บ

ในโรงเก็บเมล็ดข้าวเปลือก โรงสี ยุ้งฉางต่าง ๆมีแมลงหลายชนิด แมลงเหล่านี้อาจพบปะปนอยู่ตามกระสอบเกาะตามฝาผนัง บนพื้น ซ่อนตัวอยู่ในอาหาร หรืออยู่ใต้ไม้รองกระสอบ เป็นต้น แมลงแต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะวงจรชีวิต อุปนิสัย และความชอบในอาหารแตกต่างกัน ดังนั้น จึงควรทราบว่าแมลงชนิดใดกินอาหารชนิดใดจะช่วยให้ทำการป้องกันหรือกำจัดแมลงชนิดนั้นได้ดีขึ้น แมลงบางชนิดสามารถกินอาหารได้หลายอย่างแต่แมลงบางชนิดจะกินอาหารเพียงชนิดเดียวเท่านั้น เนื่องจากข้าวมีทั้งที่เป็นรูปเดิมคือ ข้าวเปลือกและผลิตผลแปรสภาพได้แก่ ข้าวสาร รำข้าว แป้งข้าว เส้นหมี่ เป็นต้น จึงแยกเป็นแมลงศัตรูของอาหารชนิดต่างๆ ดังนี้ (กุสุมา, 2545)

2.7.1 แมลงศัตรูข้าวเปลือก ได้แก่ ผีเสื้อ และมอดผีเสื้อที่พบในข้าวเปลือกมีเพียงชนิดเดียว คือ ผีเสื้อข้าวเปลือก ส่วนมอดที่พบมีหลายชนิดได้แก่ มอดหัวป้อม หรือมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าว มอดแป้ง มอดสยาม มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาวคาเดล แมลงที่สำคัญที่สุดมี 4 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด และด้วงงวงข้าวสาร

2.7.2 แมลงศัตรูข้าวสาร ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าวสาร มอดแป้ง ผีเสื้อข้าวสาร มอดอาฮาสเวอร์ส มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย แมลงที่สำคัญที่สุดมี 4 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าวสาร มอดแป้งและผีเสื้อข้าวสาร

2.7.3 แมลงศัตรูข้าวกล้อง ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าวสาร ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดแป้ง และมอดฟันเลื่อย แมลงที่สำคัญที่สุดมี 3 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้อข้าวเปลือกและมอดแป้ง

2.7.4 แมลงศัตรูรำข้าว ได้แก่ ผีเสื้อ และมอด ผีเสื้อที่พบทำลายรำข้าว ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสาร มอดที่เข้าทำลายมีหลายชนิด ได้แก่ มอดแป้ง มอดอัลฟิโตเปียส และมอดอีกหลายชนิด ในวงศ์ Tenebrionidae แมลงที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวสารและมอดแป้ง

2.7.5 แมลงศัตรูแป้ง ได้แก่ มอดชนิดต่าง ๆ เช่น มอดแป้ง มอดฟันเลื่อยเป็นต้น มอดแป้งจัดเป็นแมลงศัตรูสำคัญของแป้งข้าว

2.7.6 แมลงศัตรูเส้นหมี่แห้ง ได้แก่ มอดฟันเลื่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

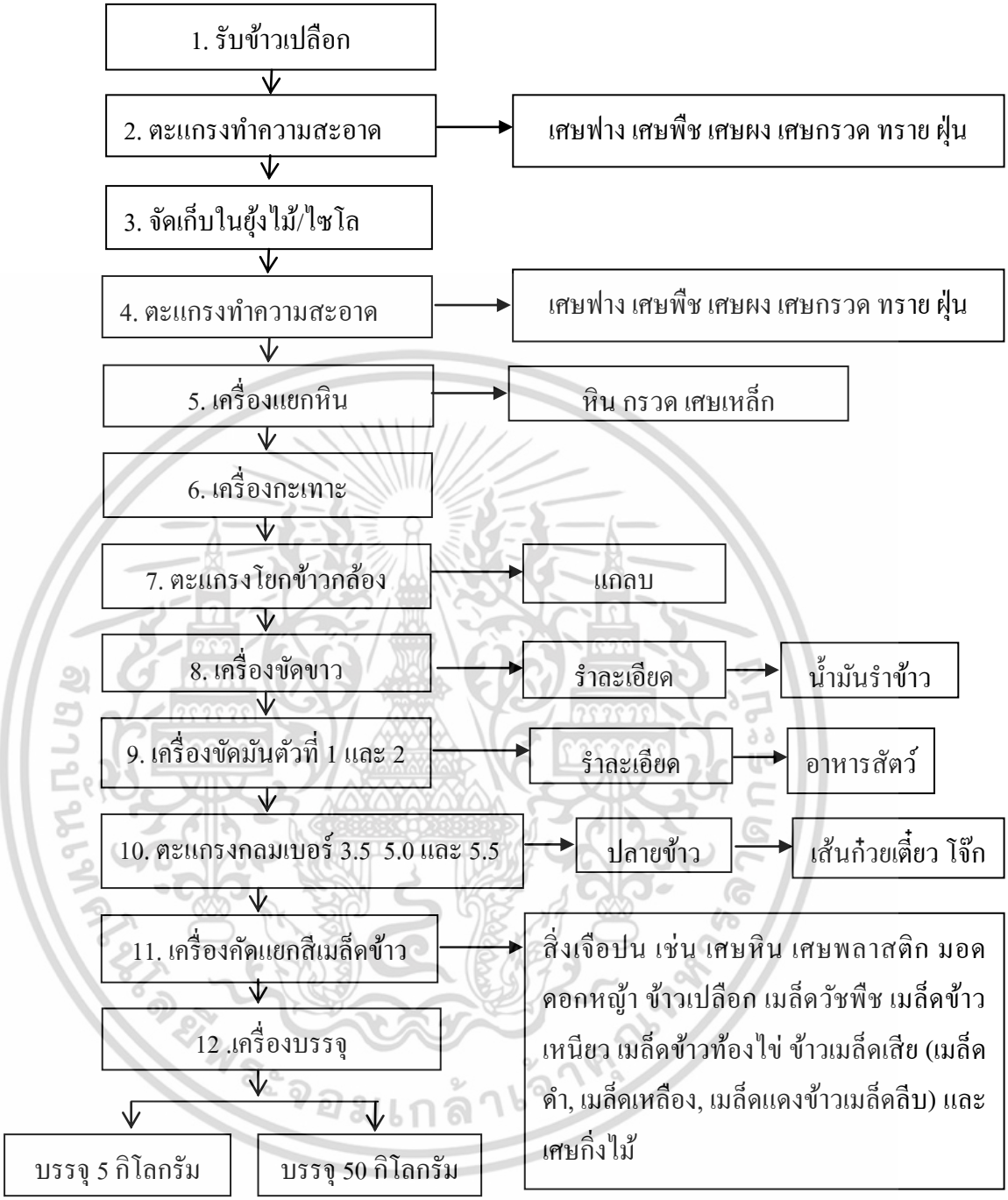
2.8 เทคโนโลยีของโรงสีข้าวในประเทศไทย (อัมมาร และวิโรจน์, 2533)

คนไทยบริโภคข้าวเป็นอาหารหลักมาช้านาน จึงมีเทคโนโลยีในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการสีข้าวแตกต่างกันตามชุมชนที่อยู่ตั้งแต่การใช้มือหรือเท้าในการตำข้าวเปลือกให้เป็นข้าวซ้อมมือซึ่งยังคงมีอยู่บ้างในชนบทที่ห่างไกลข้าวซ้อมมือนี้ให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าข้าวสารขาว เนื่องจากยังมีส่วนเยื่อหุ้มชั้นนอกและคัพภะติดอยู่ ทำให้ได้รับสารอาหารโดยเฉพาะไขมัน แร่ธาตุ วิตามิน และโปรตีนมากกว่าข้าวสารขาว แต่ในปัจจุบันคนสวนใหญ่ซื้อข้าวมาบริโภคโดยให้โรงสีเป็นผู้แปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ทั่วประเทศไทยยังมีโรงสีอยู่มากเป็นหมื่นๆแห่ง สามารถแบ่งประเภทของโรงสีตามกำลังการสีเป็น 3 ประเภท คือโรงสีขนาดเล็ก (กำลังการสี 1 – 2 เกวียนต่อวัน) โรงสีขนาดกลาง (กำลังการสี 13 – 59 เกวียนต่อวัน) และโรงสีขนาดใหญ่ (กำลังการสี 60 เกวียนต่อวันขึ้นไป

2.9 การแปรรูปข้าว

การสีข้าว (rice milling) เป็นขั้นตอนการแปรรูปเบื้องต้นของข้าวเปลือกให้ได้เป็นข้าวสารหรือข้าวกล้องที่เหมาะสมกับการนำไปรับประทานหรือแปรรูป (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553) ข้าวเปลือกที่จะนำมาสีต้องผ่านการลดความชื้นมาก่อน ให้มีความชื้น 13-15 เปอร์เซ็นต์ การสีข้าวต้องมีการตรวจสอบคุณภาพทุกขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ขั้นตอนการรับซื้อวัตถุดิบ คือ ข้าวเปลือก ผ่านขั้นตอนการผลิตต่างๆ จนกระทั่งการบรรจุหีบห่อ โดยประกอบด้วยขั้นตอนการสีข้าวดังนี้ (ภาพที่ 2.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แผนภูมิกระบวนการผลิตข้าวขาวหอมมะลิบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

ที่มา : เอกสารกระบวนการผลิตโรงผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา (2559)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 ขั้นตอนการสีข้าว (ภาพที่ 2.8) (2559) ดังนี้

2.9.1.1 รับข้าวเปลือกจากสหกรณ์ โดยการสุ่มตัวอย่าง 100 กรัม เพื่อดูเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น เปอร์เซ็นต์ความชื้น และสิ่งเจือปนตามมาตรฐานวัตถุดิบ ของหน่วยงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.9.1.2 ผ่านตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก เพื่อแยกสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง เศษพืช เศษผง เศษกรวด ทราย และฝุ่นละอองออกจากข้าวเปลือก โดยวิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การใช้ตะแกรงร่อนทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก

2.9.1.3 จัดเก็บข้าวเปลือกในยุ้งไม้หรือไซโล เพื่อควบคุมความชื้นและคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนการสี

2.9.1.4 นำข้าวเปลือกออกจากยุ้งไม้หรือไซโล ลำเลียงผ่านกะพ้อเข้าโรงสี จากนั้นผ่านตะแกรงทำความสะอาดข้าวเปลือก เพื่อแยกสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง เศษพืช เศษผง เศษกรวด ทราย และฝุ่นละอองออกจากข้าวเปลือกอีกครั้ง โดยวิธีการทำความสะอาดแบบแห้ง เช่น การใช้ตะแกรงร่อนทำความสะอาด เพื่อแยกสิ่งเจือปนออกจากข้าวเปลือก

2.9.1.5 ผ่านเครื่องแยกหิน (destoner) เพื่อแยกสิ่งเจือปนที่มีขนาดใกล้เคียงออกจากข้าวเปลือก เช่น เศษหิน, เศษกรวดและเศษเหล็ก โดยใช้การแยกด้วยความหนาแน่น หรือความถ่วงจำเพาะ

2.9.1.6 การกะเทาะเปลือก เพื่อที่จะแยกเอาเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเรียกว่า แกลบ (husk)ออกจากเมล็ดข้าว ในขั้นตอนนี้จะใช้เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก (huller) โดยลูกยางทั้งสองลูกหมุนจะเข้าหากันที่ความเร็วต่างกันหรือใช้เครื่องกะเทาะที่ทำด้วยแผ่นโลหะสองแผ่นบุด้วยหินหยาบ เพื่อให้เกิดการเสียดสี และจะกะเทาะให้แกลบหลุดออกจากตัวเมล็ดข้าว ข้าวที่ได้จากขั้นตอนนี้ คือ ข้าวกล้องซึ่งยังมีเยื่อหุ้มเมล็ดและคัพภะติดอยู่ จากนั้นจึงแยกแกลบและข้าวเปลือกที่ยังไม่ถูกกะเทาะออกจากข้าวกล้อง แกลบจาการสีข้าว อาจนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ข้าวเปลือกจะผ่านเครื่องกะเทาะเพื่อทำให้เปลือกแตกออกจากเมล็ดข้าวโดยใช้อัตราการกะเทาะ 70:30 (ข้าวกล้อง: ข้าวเปลือก) แล้วผ่านเข้าตู้สีฝัดโดยใช้ลมจากตู้สีฝัดพัดแกลบให้แยกออกจากเมล็ดข้าว

2.9.1.7 ผ่านตะแกรงโยกข้าวกล้องเพื่อแยกข้าวกล้องกับข้าวเปลือกออกจากกัน

2.9.1.8 ผ่านเครื่องขัดขาว (whitening) เป็นการขัดชั้นรำ (rice bran) ซึ่งเป็นเยื่อหุ้มเมล็ดออกจากข้าวกล้องให้เหลือเฉพาะส่วนของเอนโดสเปิร์ม รำข้าวจากขั้นตอนนี้ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด คัพภะ มีไขมันสูง เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำมันรำข้าว ข้าวจะผ่านเข้าสู่เครื่องขัดขาว เพื่อทำการขัดผิวเมล็ดข้าวโดยขั้นตอนนี้จะได้เป็นข้าวสารขาวและรำละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.9 ผ่านเครื่องขัดมันตัวที่ 1 (polishing) ทำการขัดผิวเมล็ดข้าว โดยทำการขัดผิวเมล็ดข้าวเพียงเล็กน้อยและใช้สเปรย์น้ำเพื่อทำการเคลือบเมล็ดข้าว ขั้นตอนนี้จะได้รำหยาบซึ่งนำไปเป็นอาหารสัตว์ และผ่านเครื่องขัดมันตัวที่ 2 (polishing) ทำให้ข้าวมีความขาวมากยิ่งขึ้น และใช้สเปรย์น้ำไปเคลือบผิวเมล็ดข้าวอีกครั้งเพื่อทำให้เมล็ดข้าวเกิดความมันวาว ขั้นตอนนี้จะได้รำละเอียดซึ่งนำไปเป็นอาหารสัตว์

2.9.1.10 จากนั้นผ่านตะแกรงกลมเบอร์ 3.5, 5.0 และ5.5 เพื่อคัดแยกขนาดของปลายข้าวออกจากข้าวเต็มเมล็ด โดยปลายข้าวจะนำไปทำเส้นก๋วยเตี๋ยว และโจ๊ก

2.9.1.11 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (color sorter) เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนต่างๆออกจากข้าวสาร เช่น เศษหิน เศษพลาสติก มอด ดอกหญ้า ข้าวเปลือก เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวเหนียว เมล็ดข้าวท้องไข่ ข้าวเมล็ดเสีย (เมล็ดดำ, เมล็ดเหลือง, เมล็ดแดง และข้าวเมล็ดลีบ) และเศษกิ่งไม้เป็นต้น

2.9.1.12 เครื่องบรรจุอัตโนมัติ จะทำการบรรจุข้าวสารขนาด 5 กิโลกรัม และ 50 กิโลกรัม

2.10 เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป (ข้าวรัชมงคล, 2560)

2.10.1 เครื่องแยกหิน

ปล่อยข้าวเปลือกลงสู่เครื่องแยกหิน เครื่องแยกหินจะทำหน้าที่คัดเอาเศษหินออกจากข้าวข้าวเปลือกโดยมีหลักการดังนี้ ข้าวเปลือกจะไหลลงบนตะแกรงคัดแยก ซึ่งเป็นตะแกรงมีรูยาวสลับกันเป็นฟันปลา และมีลักษณะลาดเอียง ตะแกรงจะขยับขึ้นลงตลอดเวลาที่เครื่องจักรทำงานด้านใต้ของตะแกรงจะมีลมเป่า เพื่อให้ข้าวเปลือกลอยตัวขึ้นมาเล็กน้อย เมื่อตะแกรงขยับตัวเมล็ดข้าวเปลือกที่ลื่นกว่าใต้ท้องของตะแกรงจะมีลมเป่า เพื่อให้ข้าวกล้องลอยตัวขึ้นมาเล็กน้อย เมื่อตะแกรงขยับตัวเมล็ดข้าวเปลือกที่ลื่นกว่าจะไหลลงด้านล่างส่วนเมล็ดข้าวเปลือกจะไหลลงด้านล่างส่วนเศษหินซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าจะไม่ลอยตัว เมื่อตะแกรงขยับเศษหินจะกลิ้งปีนขึ้นด้านบนตามตะแกรงรูปฟันปลาจะรอตรงช่องไหลออก วิธีการนำเศษหินออกมี 2 วิธี ได้แก่ ติดตั้งประตูปิด/เปิดอัตโนมัติ / ใช้คนควบคุมการปิด/เปิด เครื่องแยกหินก็สำคัญมากจะทำหน้าที่คัดแยกเศษหินออกจากข้าวเปลือก หากคัดแยกไม่ดีเมื่อผู้บริโภคกินข้าวแล้วกัดโดนเศษหิน ผู้รับประทานจะจำความรู้สึกไม่ดี ทำให้ผู้บริโภคไม่อยากซื้อข้าวยี่ห้อนั้นๆไปอีกนาน ข้าวสารที่ผ่านการคัดแยกเศษหินออก ไหลลงสู่กะพ้อเพื่อลำเลียงขึ้นไปเก็บไว้ในถังพักหลังตะแกรงโยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.2 เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก

ปล่อยข้าวเปลือกลงสู่เครื่องกะเทาะเมล็ดข้าวเปลือก ข้าวเปลือกจะไหลลงสู่แผ่นกระจาย เพื่อให้ข้าวเปลือกกระจายตัวเรียงลงสู่ลูกยางกะเทาะ ลูกยางกะเทาะจะทำหน้าที่บีบเปลือกของเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งมีอยู่ 2 ชีกออกจากกันโดยใช้หลักการบีบที่ความเร็วรอบของลูกยางที่แตกต่างกันโดยลูกขับจะหมุนเร็วกว่าลูกตามอยู่ประมาณ 20 - 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเราใช้งานไปสักระยะหนึ่งลูกยางที่เป็นลูกขับซึ่งความเร็วรอบสูงกว่าจะสึกหรอเร็วกว่าลูกตาม จะทำให้ความเร็วรอบของลูกยางที่แตกต่าง ก็จะมีความเร็วรอบที่ใกล้เคียงกัน เพราะฉะนั้นเราจะต้องทำแก้ไขให้ลูกยางต้องมีความเร็วรอบต่างกันอยู่เสมอด้วยการสลับลูกยาง เพื่อให้ลูกใหญ่เป็นตัวขับก็จะทำให้ความเร็วรอบมีความแตกต่างเหมือนเดิม เครื่องกะเทาะถึงจะทำงานได้ดีเหมือนเดิม หากเครื่องกะเทาะไม่ดีจะทำให้อัตราการกะเทาะไม่เหมาะสมจะทำให้ข้าวเกิดการแตกหัก เมื่อสีแล้วเปอร์เซ็นต์ YIELD ต้นข้าวต่ำ (เนื้อข้าว)

2.10.3 ตะแกรงโยก

ปล่อยข้าวสารลงสู่ตะแกรงโยก จะทำหน้าที่คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้อง ข้าวเปลือกที่ถูกคัดออกมาภาษาโรงสีเรียกว่า ข้าวกาก หลักการทำงานของตะแกรงโยกมีหลักการอยู่ 5 หลักการดังต่อไปนี้

2.10.3.1 ความเร็วรอบที่เหมาะสม

2.10.3.2 หลุมบนพื้นผิวของตะแกรง

2.10.3.3 ผิวสัมผัสของเมล็ดข้าวที่แตกต่าง ข้าวเปลือกมีขน ข้าวกล้องจะมีผิวมัน

2.10.3.4 ความลาดเอียงของแผ่นตะแกรง

2.10.3.5 อัตราการไหลข้าวสารที่จะคัดแยก

หลักการทั้ง 5 อย่างต้องสมดุลกันประสิทธิภาพการคัดแยกถึงจะดีที่สุด ข้าวที่ไหลผ่านออกมาจากตะแกรงโยก จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ข้าวกล้อง บริสุทธิ์พร้อมที่จะไปสู่กระบวนการต่อไป

2. ข้าวกล้อง ที่มีข้าวเปลือกผสมอยู่จะไหลลงสู่ถังพักด้านบนเพื่อกลับลงมาคัดในรอบที่ 2

3. ข้าวเปลือกที่มีข้าวกล้องผสมอยู่บางส่วนจะต้องไหลลงสู่กะพ้อเพื่อไปเก็บในถังพักข้าวเปลือกนำไปกะเทาะใหม่ ทำหน้าที่คัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวสาร เพราะฉะนั้นหากมีข้าวเปลือกปนอยู่ในข้าวสารผู้บริโภคก็จะมีความรู้สึกไม่ดีเหมือนข้าวไม่สะอาด ข้าวกล้องที่ได้จากการคัดแยกจะไหลลงสู่โซ่ลำเลียงแล้วลงสู่กะพ้อลำเลียงเพื่อขึ้นไปเก็บไว้ในถังพักเหนือเครื่องขัดมัน เมื่อทำการขัดขาวก็จะปล่อยข้าวลงสู่เครื่องขัดได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.4 เครื่องขัดขาว หลักการทำงานของเครื่องขัดขาว ดังนี้

2.10.4.1 ให้ข้าวสารมีการขัดสีกับตะแกรงซึ่งล้อมอยู่ด้านส่วนด้านในที่มีกำลังขับโดยมอเตอร์จะมีแกนเหล็กพอกด้วยหินเป็นตัวเหวี่ยงเมล็ดข้าวให้หมุนรอบตัวเอง และรอบแกนเหล็กคล้ายเหมือนหลักการโลกหมุนรอบดวงอาทิตย์

2.10.4.2 ให้ข้าวสารมีการขัดสีกันเองเมื่อเมล็ดข้าวสารมีการหมุนรอบตัวเองก็จะมีการขัดสีกันเองแต่จะน้อยกว่า ข้าวกล้องที่ผ่านเครื่องขัดขาวตัวนี้จากสีน้ำตาลก็จะเปลี่ยนเป็นสีขาวส่วนฟิล์มที่ห่อหุ้มเมล็ดก็จะหลุดออกไปพร้อมกับเนื้อแป้งบางส่วนแม้กระทั่งเยื่อเจริญ (จมูกข้าว) ก็จะหลุดออกไปจากขั้นตอนนี้ ส่วนหลุดออกไปจากขั้นตอนนี้เรียกว่า รำข้าว ส่วนใหญ่เราจะนำส่วนนี้ไปเลี้ยงสัตว์ซึ่งส่วนนี้แท้จริงแล้วจะมีคุณค่าทางโภชนาการมากซึ่งจะอุดมไปด้วยวิตามินต่างๆมากมาย

2.10.5 เครื่องขัดมัน

ข้าวสารที่ผ่านการขัดสีแล้วจะมีเมล็ดที่ขาวขึ้นแต่จะไม่สวยมากนักเพราะผิวของเมล็ดจะโดนขูดออกโดยตะแกรง และหินขัดซึ่งผิวของหินขัดและตะแกรงจะหยาบ ฉะนั้นจะต้องข้าวสารที่ได้ต้องนำตกแต่งใหม่อีกครั้ง ข้าวสารที่ไหลออกมาจากเครื่องขัดขาวก็จะไหลลงสู่กะพ้อเพื่อตักไปเก็บไว้ในถังพักหลังเครื่องขัดมัน เมื่อทำการตกแต่งข้าวสารเพื่อให้เกิดความเงาสวย ก็จะต้องมีการขัดเงากันต่อ จะเอาข้าวสารที่ผ่านการขัดสีแล้วมาทำการตกแต่งใหม่ โดยให้เมล็ดข้าวมีรอยขีดข่วนน้อยที่สุด หรือเส้นของข้าวกล้องตกค้างอยู่บนตัวเมล็ดข้าวน้อยที่สุด โดยทั่วไปจะมีการขัดมันกัน 2 รอบ หลักการทำงานของเครื่องขัดมัน มีดังนี้ แกนเหล็กสแตนเลสเป็นแกนกลาง ตรงกลางของแกนมีรูกลวงและเจาะรูรอบๆเพลา และรอบเพลาจะครีบเป็นเกลียว เพื่อขับดันข้าวสารจากทางเข้าไปสู่ทางออก เมื่อเครื่องจักรเริ่มทำงานเราจะปล่อยข้าวสารที่ผ่านการขัดขาวแล้วเข้ามาทางด้านเข้าซึ่งบริเวณนั้นของเครื่องจักรจะติดตั้งเป็นหัวฉีดสเปรย์น้ำ ซึ่งที่หัวฉีดสเปรย์น้ำจะทำหน้าที่ปล่อยน้ำที่ผสมกับอากาศออกมาเป็นละอองฝอยเล็กๆ ฉีดเข้าไปที่รูเพลาเมื่อข้าวสารไหลผ่านเมล็ดข้าวก็จะสัมผัสกับละอองน้ำเมื่อเมล็ดข้าวมีการขัดสีกับเพลากับตะแกรงหรือเมล็ดข้าวขัดสีกันเอง เมล็ดข้าวจะเงาสวยงาม เมล็ดข้าวที่ไหลออกจากเครื่องขัดเงาก็จะไหลลงกะพ้อเพื่อไปเก็บในถังพัก เพื่อรอการขัดมันรอบที่ 2 ซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกันทุกอย่างเพียงแต่จะทำให้ข้าวที่ขัดมันไม่เงาใสก็จะเป็นเงามันขึ้นสวยขึ้นกว่าขัดมันครั้งที่1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.6 ตะแกรงคัดขนาด

เมื่อข้าวที่ผ่านการขัดมันแล้วก็ลงกะพ้อ เพื่อนำไปเก็บไว้ในถังเล็กๆก่อนลงสู่ตะแกรงเหลี่ยมอนามัย

2.10.6.1 ตะแกรงเหลี่ยมอนามัย (Rotary Sifter) จะทำหน้าที่คัดแยกขนาดของเมล็ดข้าวตามที่เรากำหนดขนาดของตะแกรงโดยคัดแยกข้าวออกเป็นชนิดๆดังต่อไปนี้

1.1 ต้นข้าว คือข้าวที่เป็นเต็มเมล็ดไม่มีการแตกของเมล็ด

1.2 เมล็ดหักใหญ่ คือข้าวที่มีขนาดรองลงมาแต่ต้องเกินสามส่วนสี่ขึ้นไป ส่วนใหญ่ใช้ผสมกับต้นข้าว

1.3 หักเล็ก คือข้าวที่ขนาดต่ำกว่าครึ่งเมล็ดลงมาแยกออกขายเป็นอาหารสัตว์

1.4 ปลายข้าว คือจมูกข้าวหรือเมล็ดข้าวที่แตกออกมาเล็กๆ จะแยกออกขายเป็นอาหารสัตว์

2.10.6.2 ตะแกรงกลม (Lengh Grader) ตัวเมล็ดข้าวหักใหญ่หลังจากที่คัดด้วยตะแกรงเหลี่ยมจะทำการคัดแยกด้วยตะแกรงกลมอีกครั้งเมล็ดใหญ่จะอยู่กับต้นข้าวเมล็ดเล็กจะลงไปในหักเล็ก เครื่องคัดแยกขนาดทำหน้าที่คัดแยกขนาดของข้าวเมล็ดหักออกจากข้าวเต็มเมล็ด โรงสีจะประสบความสำเร็จกับการสีหรือไม่ จะสีดีแค่ไหนหากการคัดแยกไม่ดีก็จะเสียหายทำให้ข้าวที่สีออกมาราคาตกแต่หากข้าวคัดแยกดีจะทำให้ขายได้ราคา

2.10.7 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว

ข้าวสารที่ผ่านการคัดขนาดเรียบร้อยแล้วที่เหลืออยู่ในระบบการผลิตก็คือต้นข้าวแต่ในต้นข้าวจะมีข้าวเปลือกหลงเหลืออยู่บ้าง เพราะฉะนั้นเมื่อต้องการให้ข้าวสารสะอาดน่ารับประทานก็ต้องนำข้าวสารไปผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดดำ จะทำหน้าที่คัดแยกสิ่งสกปรกออกจากข้าวสาร เปลือกที่ยังมีอยู่ เมล็ดวัชพืช ดอกหญ้า เศษหิน แม้กระทั่งเมล็ดข้าว แมลงเจาะกินจนมีสีดำเล็กๆ เครื่องก็สามารถกำจัดออกไปได้ โดยจะออกคำสั่งไปยังกล่องควบคุมหัวยิงว่าเมื่อเมล็ดสีผิดปรกติไหลผ่านก็จะใช้ลมเป่าข้าวเมล็ดผิดปรกติออกไป เครื่องคัดแยกสีสำคัญมากๆ ปัจจุบันนี้เครื่องตัวนี้ทุกโรงสีต้องการแต่ติดตรงที่ราคาค่อนข้างจะแพง ซึ่งทำให้โรงสีขนาดเล็กไม่สามารถลงทุนในส่วนนี้ได้ แต่มีเครื่องคัดแยกสีคุณภาพของสินค้าที่โรงสีขนาดเล็กผลิตออกมาก็จะใกล้เคียงกับโรงสีใหญ่ เครื่องคัดแยกสีทำหน้าที่คัดแยกสิ่งสกปรก เช่น เศษหิน ทราย ข้าวเปลือกที่ยังไม่กะเทาะ เมล็ดข้าวที่มีแมลงกัดกินเป็นจุดดำ หรือเป็นข้าวลีบสีเขียว แม้กระทั้งข้าวเม็ดมะขามสีน้ำตาลเข็ม หรือข้าวกล้องที่หลุดจากการขัดไม่ค่อยจะขาวมากหนักเครื่องตัวนี้ก็จะกำจัดให้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นข้าวที่ผ่านเครื่องจักรตัวนี้แล้วจะได้ข้าวที่ขาวสะอาด บริสุทธิ์ ไม่มีสิ่งเจือปน ทำให้ดูสวยน่ากิน

2.11 มาตรฐานสินค้าข้าวขาว (กระทรวงพาณิชย์, 2555)

กระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวขาว เรื่อง กำหนดให้ข้าวขาวเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวขาว พ.ศ. 2555 ดังนี้

2.11.1 คำนิยาม

1. ข้าวขาว หมายถึง ข้าว (*Oryza sativa* L.) ที่ได้จากการนำข้าวกล้องเจ้าไปขัดเอารำออกแล้ว

2. พื้นข้าว (Rice classification) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีขนาดความยาวระดับต่าง ๆ ตามที่กำหนด ซึ่งเป็นส่วนผสมของข้าวแต่ละชั้นตามอัตราส่วนที่กำหนด

3. ชั้นของเมล็ดข้าว (Classes of rice kernels) หมายถึง ชั้นของเมล็ดข้าวที่แบ่งตามระดับความยาวของข้าวเต็มเมล็ด

4. ส่วนของเมล็ดข้าว (Parts of rice kernels) หมายถึง ส่วนของข้าวเต็มเมล็ดแต่ส่วนที่แบ่งตามความยาวของเมล็ดออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆกัน

5. ข้าวเต็มเมล็ด (Whole kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป

6. ต้นข้าว (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด

7. ข้าวหัก (Brokens) หมายถึง เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 2.5 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึงความยาวของต้นข้าว และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ไม่ถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของเมล็ด

8. ปลายข้าวซีวัน (Small brokens C1) หมายถึง เมล็ดข้าวหักขนาดเล็กที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 7

9. ข้าวเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (Undermilled kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ผ่านการขัดสีต่ำกว่าระดับการสีที่กำหนดไว้สำหรับข้าวแต่ละชนิด

10. ข้าวเมล็ดแดง (Red kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีรำสีแดงหุ้มอยู่ทั้งเมล็ด หรือติดอยู่เป็นบางส่วนของเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ข้าวเมล็ดเหลือง (Yellow kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีบางส่วนของเมล็ดกลายเป็นสีเหลืองอย่างชัดแจ้ง

12. ข้าวเมล็ดท้องไข่ (Chalky kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวเจ้าที่เป็นสีข้าวขุ่นเหมือนชอล์คมีเนื้อที่ตั้งแต่ 50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ของเนื้อที่เมล็ดข้าว

13. ข้าวเมล็ดเสีย (Damaged kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่เสียอย่างเห็นได้ชัดแจ้งด้วยตาเปล่าซึ่งเกิดจากความชื้น ความร้อน เชื้อรา แมลงหรืออื่น ๆ

14. ข้าวเมล็ดลีบ (Undeveloped kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ไม่เจริญเติบโตตามธรรมดาที่ควรจะเป็นมีลักษณะแฟบแบน

15. ข้าวเมล็ดอ่อน (Immature kernels) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีสีเขียวอ่อนได้จากข้าวเปลือกที่ยังไม่แก่

16. เมล็ดพืชอื่น (Other seeds) หมายถึง เมล็ดพืชอื่น ฯ ที่มิใช่เมล็ดข้าว

17. วัตถุอื่น (Foreign matter) หมายถึง สิ่งอื่นๆที่มิใช่ข้าวรวมทั้งแกลบและรำที่หลุดจากเมล็ดข้าว

2.11.2 กำหนดมาตรฐานสินค้าข้าวขาว

1. ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1 ต้องมีพื้นข้าวส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสีดังนี้ พื้นข้าว ประกอบด้วยข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่า 70.0 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดยาวชั้น 3 ได้ไม่เกิน 5.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสม ประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด ไม่น้อยกว่า 60.0 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วนไม่เกิน 4 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป ข้าวที่อาจมีปนได้

ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเหนียวขาว ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเปลือก ไม่เกิน 5 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม
ระดับการสี สีดีพิเศษ

2. ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2 ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสีดังนี้ พื้นข้าวประกอบด้วย ข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่า 40.0 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และหรือชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกิน 5.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสม ประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อย 60.0 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไปแต่ไม่ถึง 8.0 ส่วนไม่เกิน 4.5 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้อาจมข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปลายข้าวขาวซีวันไม่เกิน 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป ข้าวและสิ่งที่อาจมีปนได้ในข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์

ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกิน 6.0 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกิน 0.25 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเหนียวขาว ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเปลือก ไม่เกิน 7 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม

ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ระดับการสี สีดีพิเศษ

3. ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 3 ต้องมีพื้นข้าว ส่วนผสมของเมล็ดข้าวและระดับการสี ดังนี้พื้นข้าว ประกอบด้วยข้าวเมล็ดยาวชั้น 1 ไม่น้อยกว่า 30.0 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 2 และหรือชั้น 3 ในจำนวนทั้งหมดนี้ อาจมีข้าวเมล็ดสั้นได้ไม่เกิน 5.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนผสมประกอบด้วย ข้าวเต็มเมล็ดไม่น้อยกว่า 60.0 เปอร์เซ็นต์ ข้าวหักที่มีความยาวตั้งแต่ 5.0 ส่วนขึ้นไป แต่ไม่ถึง 8.0 ส่วนไม่เกิน 5.0 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้อาจมีข้าวหักที่มีความยาวไม่ถึง 5.0 ส่วน และไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7 ไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปลายข้าวขาวซีวัน ไม่เกิน 0.1 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็นต้นข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 8.0 ส่วนขึ้นไป ข้าวและสิ่งที่อาจมปนได้

ข้าวเมล็ดเหลือง ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเมล็ดท้องไข่ ไม่เกิน 6.0 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเมล็ดเสีย ไม่เกิน 0.25 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเหนียวขาว ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์
ข้าวเปลือก ไม่เกิน 7 เมล็ดต่อข้าว 1 กิโลกรัม

ข้าวเมล็ดลีบ ข้าวเมล็ดอ่อน เมล็ดพืชอื่น และวัตถุอื่น อย่างใดอย่างหนึ่งหรือ หลายอย่างรวมกัน ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ระดับการสีดีพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ชั้นคุณภาพข้าวขาวและข้าวหรือวัตถุอื่นที่อาจมีปนได้ในข้าวของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ชั้นคุณภาพข้าวขาว	ส่วนผสม(%)					ส่วนของต้นข้าว	ส่วนของข้าวหัก	ข้าวและวัตถุอื่นที่อาจมีปนได้ไม่เกิน (%)							ระดับการสี
	ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักและปลายข้าว C1					เมล็ดแดงและ/หรือเมล็ดสีต่ำกว่ามาตรฐาน (%)	เมล็ดเหลือง (%)	ท้องไข่ (%)	เมล็ดเสีย (%)	ข้าวเหนียวขาว (%)	เมล็ดลีบเมล็ดอ่อนวัตถุอื่น (%)	ข้าวเปลือก (เมล็ด/กก.)	
			รวม	ข้าวหักที่มีความยาวต่ำกว่ากำหนดและไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 7	ปลายข้าว C1										
100%	≥60.0	-	≤4.5	≤0.5	≤ 0.1	≥8.0	≥5.0 ถึง <8.0	0	0.2	6.0	0.25	1.5	0.2	7	สีดีพิเศษ
5%	≥60.0	-	≤7.0	≤0.5	≤ 0.1	≥7.5	≥3.5 ถึง <7.5	2.0	0.5	6.0	0.25	1.5	0.3	10	สีดี
10%	≥55.0	-	≤12.0	≤0.7	≤ 0.3	≥7.0	≥3.5 ถึง <7.0	2.0	1.0	7.0	0.5	1.5	0.4	15	สีดี
15%	≥55.0	-	≤17.0	≤2.0	≤ 0.5	≥6.5	≥3.0 ถึง <6.5	5.0	1.0	7.0	1.0	2.0	0.4	15	สีดีปานกลาง

ที่มา: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2555)

2.12 การส่งออกข้าว

ถ้ากล่าวถึงผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทยมาเป็นระยะเวลาอันยาวนานนั้นก็คือ ข้าว พบว่ามีมูลค่าการส่งออก 119,340.13 ล้านบาทซึ่งรองจากยางพารา ในช่วงระยะเวลา 15 ปีที่ผ่านมานั้น ปริมาณการส่งออกข้าวมีความผันผวน ถึงแม้ว่าข้าวเป็นสินค้าบริโภคที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตประจำวันก็ตาม แต่ปริมาณการส่งออก หรือปริมาณความต้องการนั้นก็มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเช่นเดียวกัน ดังนั้นการที่ปริมาณการส่งออกข้าวที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นมาจากปัจจัยต่างๆหลายๆปัจจัยที่ทำให้ปริมาณการส่งออกข้าวนั้นเปลี่ยนไปไม่ว่าจะเป็นด้านศักยภาพในการแข่งขันกับประเทศคู่แข่งขัน ด้านสภาพดินฟ้าอากาศ ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และการส่งออกข้าวของไทยยังมีอุปสรรคจากการแข่งขันของประเทศต่างๆ โดยเฉพาะเวียดนาม ซึ่งสามารถพัฒนาคุณภาพข้าวได้ใกล้เคียงกับข้าวของไทยมากขึ้นทุกขณะ ผลผลิตที่ออกมาในบางช่วงมีคุณภาพใกล้กับของไทยมาก ในไม่ช้าเวียดนามจะสามารถพัฒนามาตรฐานคุณภาพข้าวได้ในระดับเดียวกับไทย จึงเป็นและสาเหตุสำคัญที่ให้ประเทศไทยต้องมีการพัฒนาคุณภาพข้าว (อรรถพงษ์ และสุดา, 2550)

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เพราะนอกจากจะเป็นแหล่งรายได้ที่สำคัญของเกษตรกรส่วนใหญ่ของประเทศแล้ว ข้าวยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมากจนทำให้ประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ของโลก ในปัจจุบันการค้าข้าวของโลกได้พัฒนาจากตลาดผู้ขายไปเป็นตลาดผู้ซื้อ ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันกันทั้งในด้านราคาและคุณภาพเป็นอย่างมาก (ชณัฐฐา, 2539)

2.13 นิยามศัพท์

2.13.1 ความถูกต้อง/ความแม่นยำ (Accuracy)

ความถูกต้องหรือความแม่นยำ เป็นค่าที่บ่งบอกความสามารถของเครื่องมือวัดในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง ตัวอย่างเช่น ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่แท้จริงคือ 200 V เมื่อนำมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ามาวัดสามารถอ่านค่าได้ 204 205 203 203 และ 205 V แสดงว่าเครื่องมือวัดนี้มีค่าความแม่นยำเท่ากับ 97.5 เปอร์เซ็นต์ หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสามารถในการอ่านค่าซ้ำ (repeatability) อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สำหรับเครื่องมือวัดที่ให้ค่าความแม่นยำต่ำอาจเป็นเพราะเครื่องมือวัดขาดการสอบเทียบ (calibration) ดังนั้นหากต้องการให้เครื่องมือวัดค่าได้ถูกต้องควรทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

2.13.2 ความเที่ยงตรง (Precision)

ความเที่ยงตรงเป็นคำที่นิยมใช้และแสดงความหมายใกล้เคียงกับความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วความเที่ยงตรงมีความหมายที่แตกต่างจากความแม่นยำ โดยความเที่ยงตรงเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเครื่องมือวัดในการแสดงค่าเดิมเมื่อทำการวัดหลายๆ ครั้ง หรือความสามารถในการแสดงค่าซ้ำ (repeatability) ของเครื่องมือวัดภายใต้เงื่อนไขการวัดแบบเดิม จากตัวอย่างข้างต้นสามารถแสดงได้ว่าเครื่องมือวัดอ่านค่าได้เท่ากับ 204 ± 1 V ซึ่งมีความหมายว่า เครื่องมือวัดให้ความเที่ยงตรงน้อยกว่า 0.5vเปอร์เซ็นต์ เครื่องมือวัดที่ได้รับการออกแบบที่ดี ทำให้มีความเที่ยงตรงในการแสดงค่าสูง ส่งผลให้ค่าที่วัดได้มีความถูกต้องแม่นยำสูง อย่างไรก็ตาม การวัดเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องนั้นเครื่องมือวัดควรได้รับการสบเทียบอย่างสม่ำเสมอด้วย (นวภัทรา และทวีพล, 2555) การเปรียบเทียบนิยามของความแม่นยำและความเที่ยงตรงของการวัด (ภาพที่ 2.9-2.12) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.9 ค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงต่ำ (Low accuracy and Low precision)

ภาพที่ 2.10 ค่าความแม่นยำต่ำแต่ค่าความเที่ยงตรงสูง (Low accuracy but High precision)

ภาพที่ 2.11 ค่าความแม่นยำสูงแต่ค่าความเที่ยงตรงต่ำ (High accuracy but Low precision)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.12 ค่าความแม่นยำและค่าความเที่ยงตรงสูง (High accuracy and High precision)

ภาพที่ 2.9 –2.12 ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด

ที่มา : นวภัทรา และทวีพล (2555)

2.13.3 การยืนยันความถูกต้อง (Validation)

กระบวนการหาหลักฐานหรือการยืนยันด้วยหลักฐาน เพื่อให้มั่นใจถึงมาตรการหรือวิธีที่กำหนดไว้ มีความสามารถในการควบคุมอันตรายที่มีการระบุไว้ (Codex, 2008)

2.13.4 การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error) (นวภัทรา และทวีพล, 2555)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด

$$\text{Absolute error} = |x_{mea} - x_t| \quad (1.1)$$

โดย x_t คือ ค่าจริง (True Value)

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

2. ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\text{Relative error} = \left|\frac{x_{mea} - x_t}{x_t}\right| \quad (1.2)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (1.3)$$

โดย x_t คือ ค่าจริง (True Value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง (% Accuracy)

% Accuracy = 100-% Error (1.4)

4. ค่าความเที่ยงตรง (Precision)

$$\text{Precision} = \left| \frac{x_i - x_m}{x_m} \right| \quad (1.5)$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$$

โดย x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ คือ ผลรวมค่าของการวัดทั้งหมด

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

2.14 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color sorter)

เครื่องรุ่นใหม่ล่าสุดออกแบบมาให้มีขนาดกะทัดรัด แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานที่ล้ำเลิศ โครงสร้างเครื่องมีความแข็งแรงทนทานมีระบบระบายความร้อน (cooling system) เพื่อยืดระยะเวลาการบำรุงรักษาและอายุการใช้งาน (ภาพที่ 2.13)

ภาพที่ 2.13 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวเพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าว รุ่น MAX SORT (MINI)
ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

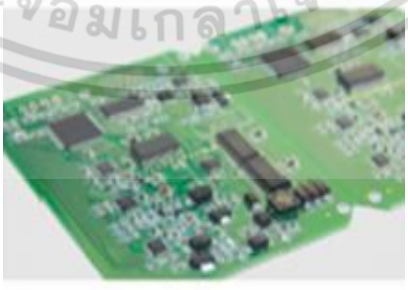
2.14.1 ส่วนประกอบของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว มีดังนี้

ภาพที่ 2.14 ระบบป้อน (Feed system)
ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

1. ระบบป้อน (Feed System) ที่ออกแบบมาโดยเฉพาะเพื่อลดความเสียหายของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการคัดแยก (ภาพที่ 2.14)

ภาพที่ 2.15 ระบบกล้องซีซีดี
ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

2. ใช้กล้องซีซีดี ระดับ High-end มีความละเอียดสูงถึงขนาด 2048 พิกเซลซ์ พร้อมกับชิปอัจฉริยะ สามารถมองภาพความละเอียดถึง 0.04 ตารางมิลลิเมตร จึงสามารถคัดแยกเมล็ดข้าวที่มีตำหนิของสีเพียงเล็กน้อยได้ เช่น เมล็ดข้าวท้องไข่ สีเหลืองอ่อนต่างๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น (ภาพที่ 2.15)



ภาพที่ 2.16 ระบบประมวลผลภาพและสีอัจฉริยะ
ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การประมวลภาพแบบอัจฉริยะของสิ่งเจือปน เช่นสีเหลืองอ่อน จุดดำ ท้องไข่ และอื่นๆที่เจือปน สามารถค้นหาและคำนวณอย่างถูกต้องและแม่นยำ สามารถจำแนกสีที่ใกล้เคียงกันได้เป็นอย่างดี ทำให้ผลการคัดดีขึ้นอย่างชัดเจน (ภาพที่ 2.16)

ภาพที่ 2.17 หัวเป่าลม

ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

4. ใช้หัวเป่าลมคุณภาพดีจากอิตาลี ความถี่สูง ค่าความผิดพลาดต่ำมาก มีอายุการใช้งานยาวนาน จึงทำให้เครื่องคัดแยกมีความละเอียดสูง ศักยภาพดีได้รับผลลัพธ์ออกมาตามต้องการสูงสุด (ภาพที่ 2.17)

ภาพที่ 2.18 ระบบวิเคราะห์และประมวลผล

ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

5. การวิเคราะห์และประมวลผล ซีพียูอันเป็นสมองกลของเครื่องคัดแยกสีระบบและชิ้นส่วนมีกระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และมีความเสถียรสูงเป็นพิเศษ ทำให้ตอบสนองความต้องการด้านการผลิตที่สูงขึ้นได้เป็นอย่างดี (ภาพที่ 2.18)

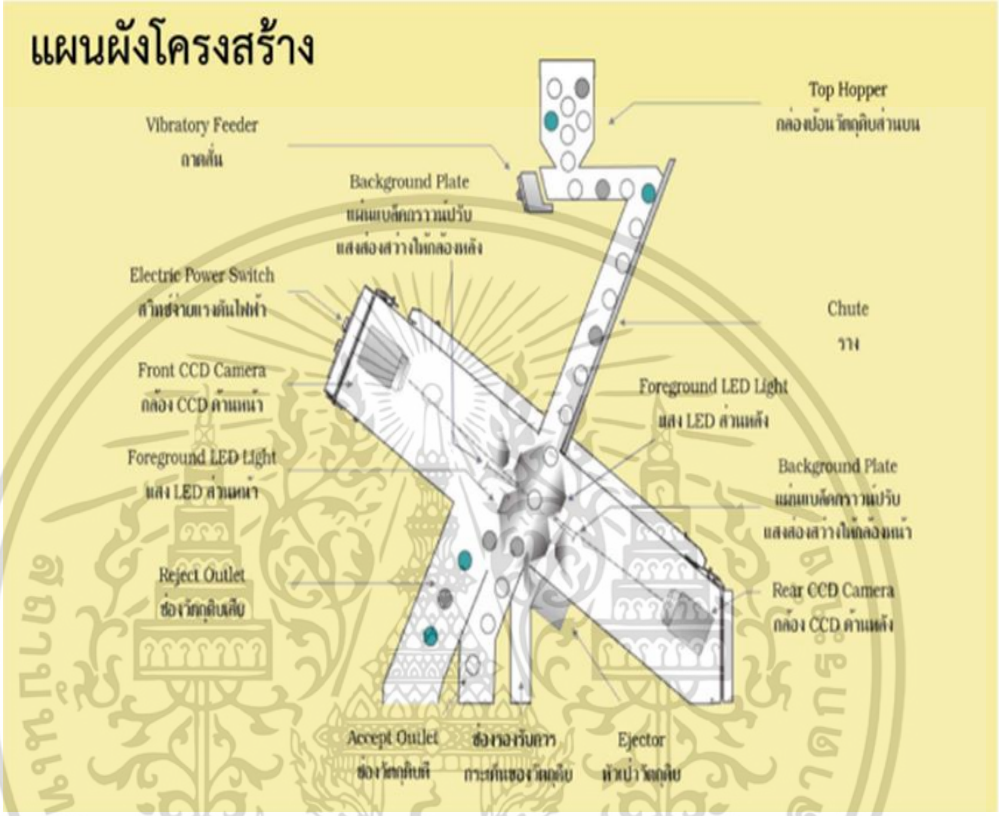
ภาพที่ 2.19 ระบบควบคุมหน้าจอ

ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ระบบควบคุมหน้าจอสี ควบคุมแบบสัมผัสมีเมนูภาษาไทยง่ายและสะดวกต่อการปฏิบัติงานและยังสามารถแก้ไขโปรแกรมตามต้องการได้ (ภาพที่ 2.19)

2.14.2 แผนผังโครงสร้างเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color sorter)



ภาพที่2.20 แผนผังโครงสร้างเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว

ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวตามแผนผังโครงสร้าง (ภาพที่ 2.20) มีขั้นตอนดังนี้

1. กล่องป้อนวัตถุดิบส่วนบน (Top hopper) กล่องใส่วัตถุดิบที่ผ่านการกระบวนต่างๆในการผลิต

2. ถาดสั่น (Vibratory feeder) สำหรับให้ข้าวเกิดการกระจายตัวโดยปล่อยให้วัตถุดิบไหลเร็ว/ช้า ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลโดยมี user ในการปรับตั้งให้หยุดกับเปิดได้

3. ราง (Chute) ลำเลียงวัตถุดิบเพื่อส่งต่อไปยังจุดตรวจจับและให้ข้าวกระจายตัวได้ดี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัด

4. หลอด LED ส่วนหลัง (Foreground LED light rear) และหลอด LED ส่วนหน้า (Foreground LED light front) LED ด้านหน้าและด้านหลัง ให้แสงวัตถุดิบเพื่อให้กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถมองเห็นวัตถุดิบได้ชัดเจน ส่วนสีของแสงสว่างขึ้นอยู่กับวัตถุดิบนั้นๆ เพื่อให้มองของเสียได้ชัดเจน

5. แผ่นแบ็คกราวน์ปรับแสงส่องสว่างให้กล่องหลัง (background plate for rear camera) และแผ่นแบ็คกราวน์ปรับแสงส่องสว่างให้กล่องหน้า (Background Plate for front camera) จะหยุดการมองของวัตถุดิบควบคุมแสงสว่างให้ใกล้เคียงวัตถุดิบที่เป็นของดีมากที่สุด

6. กล้องด้านหน้า (Front CCD camera) จะจับภาพด้านหน้าวัตถุดิบและกล้องด้านหลัง (rear CCD camera) จะจับภาพด้านหลังของวัตถุดิบ มองวัตถุดิบหาของเสียโดยวิธีการสแกน โดย CCD ทำหน้าที่สแกนวัตถุดิบเสีย ขยายโดยเลนส์ ให้ขนาดการมองเท่ากับรางใช้วิธีมองผ่านเลนส์สามารถมองได้ทุกเมล็ดโดยและนำภาพไปวิเคราะห์โดยระบบไมโครโปรเซสเซอร์

7. หัวเป่าลมเป็นการตอบสนองของกล้องในการมองเห็นวัตถุดิบที่เป็นของเสีย โดยสั่ง Ejector ให้เป่าของเสียออกเปิดให้ยิงข้าวเสียหรือข้าวที่ไม่สมบูรณ์ เช่น เมล็ดดำ เมล็ดแดง เมล็ดลีบ เมล็ดเหลือง ข้าวท้องไข่ ข้าวเหนียว หรือสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น มอด หนอน เศษหิน/เศษกรวด เศษพลาสติก ดอกหญ้า เมล็ดวัชพืช และเศษกิ่งไม้ เป็นต้น

8. วัตถุดิบเสีย (Reject outlet) เป็นช่องที่วัตถุดิบเสียที่เครื่องยิงออกมา

9. ข้าวดีจะออกมายังช่องวัตถุดิบดี (Accept outlet) เพื่อนำไปบรรจุต่อไป

ตารางที่ 2.2 รายละเอียดด้านเทคนิคของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว

รุ่น	**MAXSORT MINI**
ความแม่นยำ (%)	$\geq$ 99
น้ำหนัก (Kg.)	350
ค่าความละเอียด (มม.^{2})	0.04
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	1.0
ขนาด (ยาวXกว้างXสูง) (มม.)	958X1467X1256
กำลังการจ่ายไฟ (วัตต์/เฮิร์ทซ์)	220/50 (110/60)

ที่มา : บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 ความปลอดภัยทางอาหาร (Food safety) (นงนุช, 2557)

หมายถึงการจัดการให้อาหาร และสินค้าเกษตรที่นำมาเป็นอาหารบริโภคสำหรับมนุษย์มีความปลอดภัย โดยไม่มีลักษณะเป็นอาหารไม่บริสุทธิ์ตามกฎหมายว่าด้วยอาหาร และตามกฎหมายอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้บริโภคปลอดภัยจากอันตรายที่มาจากอาหารซึ่งสามารถจำแนกตามประเภทของอันตรายได้ 3 ประเภท ดังนี้

2.15.1 อันตรายทางเคมี (Chemical Hazard) หมายถึงอันตรายที่เกิดจากสารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติในวัตถุดิบที่ใช้แปรรูปอาหาร หรือเกิดการปนเปื้อน (contamination) ในระหว่างการผลิตวัตถุดิบ การแปรรูปอาหาร การบรรจุ และการเก็บรักษา ก่อนที่จะถึงมือผู้บริโภค

2.15.2 อันตรายทางชีวภาพ (Biological Hazard) หมายถึงอันตรายในอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ ซึ่งได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) หนอนพยาธิ (helminth) และไวรัส อันตรายทางชีวภาพมีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรมอาหาร เพราะทำให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ เป็นสาเหตุของโรคอาหารเป็นพิษ จุลินทรีย์เหล่านี้จึงสามารถติดมากับวัตถุดิบ อุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต สิ่งแวดล้อมการผลิต และผู้ปฏิบัติต่ออาหาร ซึ่งสามารถถูกทำลาย หรือลดปริมาณโดยการใช้มาตรการควบคุมการผลิตที่เหมาะสม

2.15.3 อันตรายทางกายภาพ (Physical Hazard) หมายถึง สิ่งแปลกปลอมต่างๆที่ปนเปื้อนลงในอาหาร อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บแก่ผู้บริโภค สาเหตุของการปนเปื้อนมีหลายสาเหตุ โดยอาจมาจากวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ เช่น เศษหิน เศษไม้ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษพลาสติก ลวด เย็บกระดาษ ก้างปลา กระดูก ชิ้นส่วนแมลง เศษชิ้นส่วนจากอาคารหรือสิ่งก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษโลหะ เศษสีหลุดลอก เศษแก้วจากหลอดไฟหรือกระจกที่แตก เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องมือเครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงาน เช่น น๊อต เศษโลหะ เครื่องมือในการทำงาน ฝอยเหล็กทำความสะอาด ขนแปรง เศษผ้า สิ่งแวดล้อมบริเวณปฏิบัติงาน เช่น ฝุ่นผง แมลง ขนหนู มูลนกและหนู และจากพนักงาน เช่น เส้นผม กิ๊บติดผม เครื่องประดับ ปากกา ดินสอ กระดุม พลาสเตอร์ปิดแผล

อันตรายเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคในระดับต่างกัน อาจทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยหรืออาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ นอกจากผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคแล้ว ยังมีผลกระทบต่อผู้ประกอบการในเรื่องชื่อเสียงของสินค้าและการเรียกคืนสินค้า ทำให้เกิดจากสูญเสียทางเศรษฐกิจอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างอันตรายกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น

อันตรายกายภาพ	ลักษณะของอันตรายและการบาดเจ็บ
เศษแก้ว	จะบาดอวัยวะต่างๆทำให้เลือดออก อาจต้องใช้ศัลยแพทย์เพื่อค้นหาหรือนำออกจากร่างกาย
เศษโลหะ	จะบาดอวัยวะต่างๆหรือทำให้ฟันหักหรือบิ่น อาจต้องใช้ศัลยแพทย์ เพื่อค้นหาหรือนำออกจากร่างกาย
เศษไม้	จะฝังในอวัยวะต่างๆทำให้บาดเจ็บเป็นแผล
เศษหิน	อาจทำให้ฟันบิ่นหรือหักได้

ที่มา: National Seafood, (1997)

นอกจากอันตรายที่เป็นของแข็งที่มีผลต่อการบาดเจ็บต่อผู้บริโภคลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น ยังพบรายงานการปนเปื้อนของสิ่งอื่น ๆ ทางกายภาพที่ไม่มีผลโดยตรงกับผู้บริโภค แต่อาจมีผลต่อผู้บริโภคในลักษณะอื่นๆ เช่น การปนเปื้อนของแมลง ชิ้นส่วนของตัวมอด แมลง ซึ่งมีผลต่อการทำให้เกิดอาการแพ้จากโปรตีนในตัวมอดโดยทดสอบการตอบสนองกับผิวหนังของมนุษย์ พบว่าทำให้เกิดรอยแดงบนผิวหนังและจากผลการศึกษาในห้องทดลอง พบว่าตัวมอดเป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดโรคหืดในคนงานโรงสีข้าวสาลี (Lunn, 1966) จากมูลของมอดโดยทดสอบกับผิวหนังของมนุษย์ พบว่าทำให้เกิดรอยแดงบนผิวหนัง (Frankland และ Lunn, 1965) การปนเปื้อนของดอกไม้ หรืออื่นๆ ดอกหญ้าเป็นแหล่งทำให้เกิดภูมิแพ้ทางระบบหายใจ จากการศึกษาพบว่าการแพ้เกสรดอกหญ้า Timothy โดยการวัดปริมาณการเกิดขึ้นของสารแอนติบอดี้ในร่างกาย (Andersson และ Lidholm, 2003) และการปนเปื้อนของเศษหินซึ่งส่งผลให้ผู้บริโภคเกิดอาการเจ็บป่วยและไม่เห็นผลทันทีโดยตรงเหมือนกับอันตรายทางกายภาพที่เป็นของแข็ง เช่น เศษหิน เศษพลาสติก หรือของแข็งที่มีลักษณะแหลมคม เช่น เศษแก้ว เสี้ยนไม้ เศษเหล็ก โดยอันตรายที่ปนเปื้อนดังกล่าวสามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากรายงานว่ามีผลทำให้เกิดอันตรายต่อการบาดเจ็บของฟันและช่องปากของผู้บริโภคพบว่ามีการเรียกคืนสินค้าที่ดำเนินการโดย USDA กรณีพบเศษแก้วในสินค้าอาหารเด็ก Beech-Nut CLASSIC sweet potato & chicken วันผลิต 12 Dec 2014 (USDA-United States Department of Agriculture, 2016)

2. จากรายงานพบว่ามีการเรียกคืนสินค้า P.F.Chang's Home Menu Brand code 5006616500, code 5006617400 ในกรณีพบว่ามีการปนเปื้อนเศษโลหะในน้ำตาลระหว่างขั้นตอนการผลิต (USDA-United States Department of Agriculture, 2016)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

กิตติศักดิ์ และคณะ (2554) ได้ทำการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง โดยการวิเคราะห์อันตรายที่เกิดอาจขึ้นในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง แบ่งได้ 3 ประเภท ได้แก่ (ตารางที่ 2.4)

- อันตรายทางชีวภาพ เช่น *Staphylococcus aureus, Escherichai coli* เชื้อราและการปนเปื้อนจากมอด อันตรายทางชีวภาพส่วนใหญ่จะถูกทำลายด้วยการหุงต้ม และสามารถลดจำนวน โดยมาตรการต่างๆ เช่น การควบคุมอุณหภูมิ การจัดการสุขลักษณะ เป็นต้น

- อันตรายทางเคมี เช่น สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง

- อันตรายทางกายภาพ เช่น เศษดิน เศษหิน กรวด เครื่องประดับ เส้นผม เป็นต้น ส่วนอันตรายทางกายภาพเกิดจากการปฏิบัติงานที่ไม่ถูกต้อง และอาจเกิดการปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ

ตารางที่ 2.4 อันตรายในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง

อันตรายทางชีวภาพ	อันตรายทางเคมี	อันตรายทางกายภาพ
-*Staphylococcus aureus*	- สารตกค้างจากยาฆ่าแมลง	- เศษดิน เศษหิน เศษฟาง
-*Escherichia coli*		- เศษหญ้า เศษโลหะ
-*Bacillus cereus*		- เศษพลาสติก เข็ม เศษแก้ว
-เชื้อรา		เชือก ด้าย เครื่องประดับ เส้นผม
-*(Aspergillus spp.)*		
-*Salmonella spp.*		
-การปนเปื้อนโดยมอด		

ที่มา: กิตติศักดิ์ และคณะ (2554)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งของอันตราย

อันตรายกายภาพ	**แหล่งหรือสาเหตุ**
โลหะ	ตะปู น๊อต ตะแกรง แผ่นโลหะ
แก้ว	หลอดไฟ หน้าปัดนาฬิกา เทอร์โมมิเตอร์ หลอดไฟดักแมลง
ชิ้นไม้	ลัง แพลเลต ตัวยึดอุปกรณ์ โครงสร้างซึ่งอยู่เหนือศีรษะ
แมลง	สิ่งแวดล้อม เครื่องดักแมลง ถ้าพบในสารที่รับเข้ามา/มาจากผู้ผลิต
เส้นผม ขน	ส่วนประกอบที่เป็นเนื้อ ผู้ปฏิบัติงาน เสื้อผ้า สัตว์ฟันแทะ/สัตว์อื่นๆ
รา แผ่นรา	สุขลักษณะที่ไม่ดี คือมีการทำความสะอาดเครื่องมือต่างๆ ไม่เพียงพอ
สัตว์ฟันแทะมูล	มีการควบคุมสัตว์ฟันแทะไม่เพียงพอ มาจากสารที่รับเข้า
หมากฝรั่ง/กระดาษห่อขนม	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ฝุ่น/เศษหิน	วัตถุดิบ ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
แผ่นสีที่ร่อนออกมา	เครื่องมืออุปกรณ์ โครงสร้างซึ่งอยู่เหนือศีรษะ
เครื่องประดับ กระดุม	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ก้นบุหรี่	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
พลาสเตอร์ปิดแผล	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ผ้าปิดปาก	ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี
ป้ายชื่อติดซากสัตว์	โรงฆ่าสัตว์
เข็มฉีดยา	สัตว์แพทย์
ลูกปืน	สัตว์ที่ถูกฆ่านอกโรงสัตว์
ขนนก	สุขลักษณะที่ไม่ดี การควบคุมนกไม่เพียงพอ
กรีส	โปรแกรมการบำรุงรักษาไม่ดีพอ
ชิ้นส่วนปะเก็น	การบำรุงรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องมือไม่เพียงพอ

ที่มา : ธรณัส (2556) อ้างอิงจาก McSwanne และคณะ (1998)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pasikatan และ Dowell (2003) ได้ทำการประเมินเครื่องคัดแยกสีระบบความเร็วสูงสำหรับการคัดแยกข้าวสาลีแดงและข้าวสาลีขาว จากการเก็บตัวอย่างในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้ง พบว่าจะมีข้าวสาลีขาว 95 เปอร์เซ็นต์ และข้าวสาลีแดง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติแล้วการตรวจสอบข้าวสาลีแดงและข้าวสาลีขาว จะใช้วิธีแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และการผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวเพียงแค่รอบเดียว จะมีข้าวแดงที่ถูกคัดแยกออกมาอย่างน้อย 15 เปอร์เซ็นต์ ถ้าจะทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวแดงลดลงในข้าวที่คัดออกเหลือ 1 เปอร์เซ็นต์ จากการผ่านข้าวสาลีแบบที่ยังไม่ได้คัดแยก การลดลงนี้จะสำเร็จก็ต่อเมื่อต้องมีการกำหนดเปอร์เซ็นต์ข้าวคัดออกอยู่ที่ 20-25 เปอร์เซ็นต์ หรือมีการผ่านเครื่องคัดแยกซ้ำ

Pasikatan และ Dowell (2001) ได้ทำการศึกษาระบบคัดแยกที่ใช้หลักการสำหรับการคัดแยกเมล็ดวัชพืชที่มีการติดเชื้อจากแมลงและเชื้อราโดยการคัดแยกตัวอ่อนของแมลงออกมาโดยการศึกษานี้ใช้หลักการความยาวคลื่นแสงจากเครื่องสำหรับคัดแยกเมล็ดที่มีการติดเชื้อจากเชื้อรา

Delwiche และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาการคัดแยกข้าวสาลีเมล็ดอ่อนด้วยระบบการคัดแยกความเร็วสูง เพื่อลดสาร Deoxynivalenol โดยโรค Fusarium head blight (FHB) เป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรามาจากเมล็ดธัญพืช เช่น ข้าวบาร์เลย์และข้าวสาลี โดยการศึกษาประสิทธิภาพการคัดแยกของระบบการคัดแยกความเร็วสูง พบว่า ผลการคัดแยกอยู่ในช่วง 18 ถึง 112 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 51 เปอร์เซ็นต์

วัชรชัย และสมโชติ (2540) ได้ทำการศึกษาระบบความคุมการคัดแยกเมล็ดข้าวดำโดยใช้การตรวจจับสีโดยจุดมุ่งหมาย เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ต่างๆที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิผลของการตรวจจับเพื่อการคัดแยก ผลการวิจัยพบว่าสมรรถนะการตรวจจับที่ดีที่สุดขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆที่ต้องควบคุม คือ ความเร็วแล่นเฉลี่ยของเมล็ดที่ 0.04 เมตร/วินาที, ความเข้มของแสงอยู่ระหว่าง 8800-9600 ลักซ์, แรงดันไฟฟ้าสำหรับหลอดแบล็คกราวด์เฉลี่ยที่ 8.2 โวลท์, ระยะโฟกัสของการจับที่ 123 มิลลิเมตร, ระยะห่างของแบล็คกราวด์เฉลี่ย 54 มิลลิเมตร, แรงดันไฟฟ้าชุดป้อนส่งเมล็ดอยู่ระหว่าง 60-70 โวลท์ และแรงดันเป่าลมแยกเมล็ดเฉลี่ย 2.5บาร์ จะทำให้ได้ประสิทธิผลการคัดแยกได้ระหว่าง 74-82 เปอร์เซ็นต์

ภากร (2549) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตของโรงปรับปรุงคุณภาพข้าว กล่าวถึงมาตรการป้องกันอันตรายของระบบวิเคราะห์หาจุดวิกฤตในกระบวนการผลิตและศึกษาความปลอดภัยของอาหารด้านกายภาพและชีวภาพ พบว่าจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมมี 2 จุด คือ ขั้นตอนการวัดความชื้นและการอบ และขั้นตอนการคัดแยกข้าวสารด้วยเครื่องคัดแยกสี และทำการกำหนดค่าวิกฤตเพื่อทำการควบคุมจุดวิกฤตที่ตรวจพบและกำหนดวิธีเฝ้าระวังและความเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นในจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมเพื่อความปลอดภัยต่อผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ

ข้าวขาวหอมมะลิ โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

3.1.2 เครื่องมือ

1. เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color sorter) รุ่น MAX SORT (MINI) บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

2. เครื่องชั่งดิจิตอล 1 ตำแหน่ง ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น จำหน่ายโดยบริษัท ดี โปรดักส์ อินสตรูเม้นท์ จำกัด

3. เครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนียร์แบบดิจิตอล (Mitutoyo M-500) ผลิตจากประเทศญี่ปุ่น จำหน่ายโดยบริษัทเลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด

4. คีมคีบ (Forcep)

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 เก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนของผลิตภัณฑ์ข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558 โดยทำการรวบรวมข้อมูลการร้องเรียนด้านคุณภาพ เช่น ถุงไม่สุญญากาศ ข้าวเปลือกปนกับข้าวสาร ข้าวมีกลิ่นหืนและซองบรรจุภัณฑ์ต่างสี และข้อมูลการร้องเรียนที่เกี่ยวข้องกับด้านความปลอดภัย เช่น เศษหิน ดอกหญ้า และเมล็ดวัชพืช หนอนในข้าวสาร ราในข้าวสาร มอด ที่เกิดขึ้นในระหว่างจำหน่ายข้าวขัดขาวบรรจุถุง โดยประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาตามแนวทางของ DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) สูตรการคำนวณ

$$\text{DPMO} = \frac{(\text{Number of Defects} \times 1{,}000{,}000)}{((\text{Number of Defects Opportunities/Unit}) \times \text{Number of Units})}$$

ซึ่งแนวทางนี้จะทำให้เกิดการกำหนดปัญหาอย่างเป็นระบบ และมีมาตรฐานสามารถวิเคราะห์สาเหตุและความแปรปรวนของปัญหาเพื่อหาแนวทางปรับปรุงลดจำนวนข้อพกพร่องได้อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพ (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2554) จากนั้นนำข้อมูลปัญหาข้อเรียนไปเป็นข้อมูลในการทวนสอบประสิทธิภาพการคัดแยกสีเมล็ดข้าวต่อไป

3.2.2 ศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง

ทำการวิเคราะห์ขั้นตอนการสีข้าวตั้งแต่การรับวัตถุดิบ การเก็บข้าวเปลือกในยุ้งไม้ ตะแกรงทำความสะอาด เครื่องแยกหิน เครื่องกะเทาะข้าวเปลือก ตะแกรงโยก เครื่องขัดขาว เครื่องขัดมัน ตะแกรงกลม เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว และตลอดจนการบรรจุถุง โดยวิเคราะห์ประเภท แหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่ปนเปื้อนมาแต่ละขั้นตอนการสีข้าว ตามแผนภูมิกระบวนการการผลิต (ภาพที่ 2.8)

3.2.3 ศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี

โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งเจือปนในข้าวระหว่างกระบวนการผลิต เพื่อศึกษาประเภทของอันตรายที่เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวสามารถคัดแยกออกได้ ทำการตรวจเช็คความถี่เป็นทุกๆ 1 ชั่วโมง โดยทำการสุ่มตัวอย่าง 100 กรัม จากนั้นทำการตรวจสอบข้าว Reject ที่ผ่านการคัดแยกสีแล้ว เพื่อดูชนิดและจำนวนของสิ่งเจือปน

3.2.3.1 ทำการคัดแยกชนิดสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและระหว่างกระบวนการผลิต โดยนำตัวอย่างจากการสุ่ม 100 กรัม มาคัดสิ่งเจือปนออกโดยการคัด 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสิ่งเจือปนที่ติดมากับข้าวเปลือกโดยผ่านกระบวนการผลิตที่เครื่องสามารถคัดแยกออกมาได้ ได้แก่ เศษหิน เศษกรวด มอด เศษพลาสติก ข้าวเปลือก ดอกหญ้า ข้าวเสีย (ข้าวเมล็ดลีบ , ข้าวเมล็ดแดง, ข้าวเมล็ดเหลือง, ข้าวเมล็ดดำ, ข้าวเหนียว, ข้าวท้องไข่) เมล็ดวัชพืช (เมล็ดถั่ว, เมล็ดกระถิน) เศษกิ่งไม้ และหนอน เป็นต้น พร้อมทั้งวัดขนาดด้วยเครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนียร์แบบดิจิตอล โดยแบ่งขนาดเป็นข้อมูล 2 ช่วงคือขนาด 1-5 มิลลิเมตร และขนาด 6-10 มิลลิเมตร

3.2.3.2 ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม พ.ศ. 2559 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี และทำการบันทึกข้อมูลลงในแบบฟอร์มบันทึกสิ่งเจือปนข้าวขาวบรรจุถุงจากเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยสิ่งเจือปนที่ทำการคัดแยกจะนำไปเป็นตัวอย่างการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องต่อไป

3.2.4 การดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี ในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร

ทำการทดลองผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยการใช้สิ่งเจือปนตัวอย่างละ 10 ชิ้น ผสมปนไปกับข้าวดีจำนวน 10 กิโลกรัม โดยเลือกใช้สิ่งเจือปนทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ เศษหิน มอด และดอกหญ้า ที่ขนาด 1-5 มิลลิเมตร โดยขนาดของสิ่งเจือปนมาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลสิ่งเจือปนในระหว่างกระบวนการผลิต (พิจารณาจากข้อมูลที่ผ่านมาในข้อ 3.2.3) สิ่งเจือปนที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นตัวทดสอบนั้นโดยดูจากปัญหาข้อร้องเรียนทางด้านความปลอดภัยที่พบมากที่สุด และจากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว เนื่องจากเศษหิน อาจทำให้ฟันแตกหรือหักได้ (National Seafood, 1997) มอดซึ่งมีผลอาจทำให้เกิดอาการแพ้จากโปรตีนในตัวมอด (Lunn, 1966) ทำให้เกิดรอยแดงเป็นผื่นคันบนผิวหนัง (Frankland และ Lunn, 1965) และดอกหญ้าอาจทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการแพ้ผื่นคันหรือภูมิแพ้ต่อระบบหายใจ (Andersson และ Lidholm, 2003)โดยสิ่งเจือปนดังกล่าวเป็นปัญหาอันตรายทางด้านกายภาพ ดังนั้นเพื่อที่จะลดปัญหาการร้องเรียนให้เหลือน้อยที่สุด จากนั้นนำสิ่งเจือปนผสมลงไปกับข้าวดีอย่างละ 10 ชิ้นและใส่เจือปนรวมทั้งหมด 3 ชนิดรวมเป็น 30 ชิ้นทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ จากโปรแกรมที่โรงงานใช้สีข้าว ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การตั้งค่าโปรแกรมการผลิตข้าว

โปรแกรม	ค่าความไวสี			
	สีเข้ม(คัดสว่าง/คัดมืด)		สีอ่อน(คัดสว่าง/คัดมืด)	
กล้องหน้า	0	60-65	0	60-65
กล้องหลัง	0	65-70	0	63-68
อัตราการไหล	60-65			

3.2.4.1 กำหนดค่าอัตราการไหลของข้าวให้เท่ากับ 60-65

3.2.4.2 เก็บบันทึกข้อมูลสิ่งเจือปนจำนวนชิ้นในแต่ละครั้งที่ตรวจพบ จากโปรแกรมที่เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวคัดแยกออกมา

3.2.4.3 นำข้อมูลสิ่งเจือปนมาประเมินค่าความแม่นยำ (accuracy) และความเที่ยงตรง (precision) ของสิ่งเจือปนแต่ละชนิดที่เครื่องคัดแยกออกมา จากวิธีการคำนวณหาค่าความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่อง โดยคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (นวภัทรา และทวีพล, 2555)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 การเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558

ดำเนินการรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากลูกค้า โดยข้อมูลมาจากหน่วยควบคุมคุณภาพภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558 โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3-6 เดือน โดยประยุกต์ใช้วิธีการแก้ไขปัญหาตามแนวทางของ DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) (เกรียงศักดิ์ และคณะ, 2554) เพื่อดูจำนวนข้อร้องเรียนที่ลดลงทางด้านปัญหาการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยในผลิตภัณฑ์ข้าวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนจากผู้บริโภคเกี่ยวกับข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในโครงการ ส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการร้องเรียนทั้งทางด้านคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ข้าวขัดขาวบรรจุถุงในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558 ที่ได้รับจากผู้บริโภค และทางหน่วยควบคุมคุณภาพ โครงการสวนพระองค์ สวนจิตรลดา ได้ทำการเก็บไว้มีการร้องเรียนในด้านต่าง ๆ ตามแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลปัญหาการร้องเรียนของผลิตภัณฑ์ข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดาในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558

วันที่	ผลิตภัณฑ์	จำนวน (ถุง)	ข้อร้องเรียนด้านคุณภาพ	ข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัย	DPMO	Sigma Level
06/02/57	ข้าวซ้อมมือถุงสุญญากาศ 2 กิโลกรัม	40	พบถุงไม่สุญญากาศ	-	77	5.28
		4	-	พบเศษหิน		
13/06/57	ข้าวซ้อมมือถุงสุญญากาศ 2 กิโลกรัม	20	พบถุงไม่สุญญากาศ	-		
		5	-	พบดอกหญ้า		
14/08/57	ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม	1	-	พบหนอนในข้าวสาร		
05/09/57	ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม	5	-	พบหนอนในข้าวสาร		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการร้องเรียนของผลิตภัณฑ์ข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาในช่วง ปี พ.ศ. 2557-2558 (ต่อ)

วันที่	ผลิตภัณฑ์	จำนวน (ถุง)	ข้อร้องเรียนด้านคุณภาพ	ข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัย	DPMO	Sigma Level
09/09/57	ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม	1	-	พบราในข้าวสาร	77	5.28
03/02/58	ข้าวซ้อมมือถุงสุญญากาศ 2 กิโลกรัม	15	พบข้าวเปลือก	-		
		10	-	พบมอด		
10/07/58	ข้าวหอมมะลิซ้อมมือ 500 กรัม	2	พบข้าวมีกลิ่นหืนและซองบรรจุภัณฑ์ต่างสี	-		
05/08/58	ข้าวสารหอมมะลิ 5 กิโลกรัม	1	-	พบราในข้าวสาร		
จำนวนการผลิตข้าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558				จำนวน	1,344,000	ถุง

จากปัญหาข้อร้องเรียนของผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงที่ผลิตและจำหน่ายในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ในช่วงปี พ.ศ. 2557-2558 พบข้อร้องเรียนทางด้านคุณภาพ ข้าวซ้อมมือถุงสุญญากาศ 2 กิโลกรัม พบถุงไม่สุญญากาศมากที่สุดจำนวน 60 ถุงและข้อร้องเรียนปัญหาด้านความปลอดภัยข้าวซ้อมมือถุงสุญญากาศ 2 กิโลกรัม พบมอดมากที่สุดจำนวน 10 ถุง จากการหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาข้อร้องเรียนดังกล่าวถุงไม่สุญญากาศ สาเหตุมาจากอุณหภูมิความร้อนจากเครื่องสุญญากาศไม่เหมาะสมทำให้ถุงเกิดมีรอยรั่วของสุญญากาศ จึงต้องมีการดูแลซ่อมบำรุงเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอและมีการตรวจเช็คเครื่องจักรตลอดระยะเวลาการทำงานอย่างสม่ำเสมอ และสาเหตุของการพบมอดในข้าวสาร เนื่องจากมีมอดที่ติดกับข้าวสารและเหลือรอดจากเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวปนเปื้อนมากับข้าวสารบรรจุถุง จนถึงมือผู้บริโภค ซึ่งปัญหาข้อร้องเรียนดังกล่าวนั่นสอดคล้องกับรายงานของ กุสุมา (2545) พบว่าแมลงศัตรูข้าวเปลือก ได้แก่ ผีเสื้อ และมอด ผีเสื้อที่พบใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวเปลือกมีเพียงชนิดเดียว คือ ผีเสื้อข้าวเปลือก ส่วนมอดที่พบมีหลายชนิดได้แก่ มอดหัวป้อมหรือมอดข้าวเปลือก ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าว มอดแป้ง มอดสยาม มอดฟันเลื่อย มอดหนวดยาวคาเดล แมลงที่สำคัญที่สุดมี 4 ชนิด ได้แก่ ผีเสื้อข้าวเปลือก มอดหัวป้อม ด้วงงวงข้าวโพด และด้วงงวงข้าวสารและแมลงศัตรูข้าวสาร ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าวสาร มอดแป้ง ผีเสื้อข้าวสาร มอดอาฮาสเวอร์ส มอดหนวดยาว มอดฟันเลื่อย แมลงที่สำคัญที่สุดมี 4 ชนิด ได้แก่ ด้วงงวงข้าวโพด ด้วงงวงข้าวสาร มอดแป้ง และผีเสื้อข้าวสารซึ่งสอดคล้องกันกับมอดที่พบในการรับข้าวเปลือกและกระบวนการผลิต และปัญหาข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัยที่ต่อมาได้แก่ พบดอกหญ้าจำนวน 5 ถุง เนื่องจากดอกหญ้า เหลือรอดจากเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวเจือปนมากับข้าวสารบรรจุถุงทำให้ผู้บริโภคอาจเกิดการแพ้ เป็นผื่นคันได้ซึ่งสอดคล้องกับรายงานAndersson และ Lidholm (2003) พบว่า ดอกหญ้าเป็นแหล่งทำให้เกิดภูมิแพ้ทางระบบหายใจ จากการศึกษาพบว่าการแพ้เกสรดอกหญ้า Timothy โดยการวัดปริมาณการเกิดขึ้นของสารแอนติบอดี้ในร่างกาย และพบเศษหินจำนวน 4 ถุงที่เหลือรอดเจือปนมากับข้าวสารบรรจุถุงซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคอาจทำให้ฟันหัก แตก บิ่นได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ National Seafood (1997) (ตารางที่ 2.3) เรื่องอันตรายกายภาพและลักษณะของอันตรายที่เกิดขึ้น พบว่าอันตรายกายภาพ เศษหินอาจทำให้ฟันบิ่นหรือหักได้ ซึ่งผลจากการร้องเรียนในตารางที่ 4.1 และจาการนำวิธีการของ DMAIC มาประยุกต์ใช้เพื่อลดจำนวนข้อบกพร่อง (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2554) โดยแสดงวิธีการคำนวณในภาคผนวก ฉ ในช่วง 2 ปี พ.ศ. 2557-2558 ที่เก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาข้อร้องเรียนจากเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวตัวเก่าจำนวนการผลิตข้าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557-2558 จำนวนการผลิต 1,344,000 ถุง ผลการทดลองพบว่าค่า DPMO (Defects Per Million Opportunities) จำนวนครั้งข้อร้องเรียนต่อ 1 ล้านครั้งสินค้าที่ขายไปเท่ากับ 77 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 5.28 ซึ่งทำให้ทราบถึงระดับของปัญหาข้อเรียนและต้องการลดปัญหาข้อร้องเรียนอันตรายทางกายภาพให้เหลือน้อยที่สุด โดยมุ่งความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นอันตรายที่เกิดขึ้นนี้จึงเป็นที่มาในการประเมินการปนเปื้อนในระหว่างการผลิตข้าวสารขัดขาวของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ดังจะกล่าวถึงในขั้นตอนต่อไป

4.2 ผลการศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง

จากการประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุง ได้ทำการประเมินขั้นตอนการผลิตตามที่แสดงในแผนภูมิภาพที่ 4.2 โดย พบว่าจุดที่มีโอกาสเกิดการปนเปื้อนในระหว่างขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

ขั้นตอนการสีข้าว	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 รับข้าวเปลือก ⬇	สุ่มตัวอย่างการตรวจรับข้าวเปลือกโดยมีเกณฑ์การยอมรับ คือ สิ่งเจือปนที่ยอมรับได้ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ความชื้นไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ (มาตรฐานกระทรวงพาณิชย์, 2555) สิ่งเจือปน เช่น ดอกหญ้า เศษฟาง เศษหิน กิ่งไม้ เมล็ดวัชพืช (กระถินถั่ว) เป็นต้น	พบแหล่งที่มาประเภท (ก)
 ตะแกรงทำความสะอาด ⬇	นำข้าวเปลือกที่ผ่านการตรวจรับผ่านตะแกรงทำความสะอาด ที่ขนาด 5 X 12 ตารางมิลลิเมตร เพื่อเพื่อแยกสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง เศษพืช เศษผง เศษกรวดทราย และฝุ่นละออง ออกจากข้าวเปลือก ก่อนเข้าเก็บในยุ้งไม้หรือไซโล	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)
 ยุ้งไม้ ⬇	ถ้าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับนำไปเก็บในยุ้งไม้หรือไซโลเพื่อนำไปควบคุมความชื้นและคุณภาพของข้าวก่อนการสี อาจมีการเพิ่มสิ่งเจือปนจากนกกระรอก ที่เข้ามาบริเวณโรงเก็บ และควรมีการควบคุม GMP เรื่องการควบคุมสัตว์พาหะ	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) และ (ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา (ต่อ)

ขั้นตอนการสีข้าว	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 ตะแกรงทำความสะอาด ⬇	นำข้าวเปลือกออกจากยุ้งไม้หรือไซโลเข้าโรงสีโดยดูเฉพาะความชื้นต้องไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ และไม่ได้ควบคุมสิ่งเจือปน จากนั้นข้าวเปลือกจะผ่านตะแกรงทำความสะอาด ที่ขนาด 5 X 12 ตารางมิลลิเมตร เพื่อเพื่อแยกสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง เศษพืช เศษผง เศษกรวด ทราย และฝุ่นละออง ออกจากข้าวเปลือก	พบแหล่งที่มาประเภท (ก) ประเภท (ข)
 เครื่องแยกหิน ⬇	ผ่านเครื่องแยกหิน เพื่อแยกสิ่งเจือปนเช่น หิน กรวดและเศษเหล็กที่ออกจากข้าวเปลือก	พบแหล่งที่มาประเภท (ก)
 เครื่องกะเทาะเปลือก ⬇	ผ่านเครื่องกะเทาะเปลือก เพื่อที่จะแยกเอาเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งเรียกว่าแกลบออกจากเมล็ดข้าว ในขั้นตอนนี้อาจมีเมล็ดข้าวที่กะเทาะไม่สมบูรณ์ติดไปกับข้าวดี	พบแหล่งที่มาประเภท (ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิตข้าวสารขัดขาว บรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา (ต่อ)

ขั้นตอนการสีข้าว	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 ตะแกรงโยกข้าวกล้อง ⬇	ผ่านตะแกรงโยกข้าวกล้องเพื่อแยกข้าวกล้องกับข้าวเปลือกออกจากกัน	พบแหล่งที่มาประเภท (ค)
 เครื่องขัดขาว ⬇	ขัดขาว เพื่อให้ข้าวสารมีความขาว	ไม่มีการเพิ่มขึ้นของอันตรายทางกายภาพจากกระบวนการผลิต
 เครื่องขัดมัน ⬇	ผ่านเครื่องขัดมันตัวที่ 1 ทำการขัดผิวเมล็ดข้าว โดยทำการขัดผิวเมล็ดข้าวเพียงเล็กน้อยและใช้สเปรย์น้ำเพื่อทำการเคลือบเมล็ดข้าว และผ่านเครื่องขัดมันตัวที่ 2 ทำการขัดผิวเมล็ดข้าวรอบที่ 2 ให้ข้าวมีความขาวมากยิ่งขึ้นและใช้สเปรย์น้ำไปเคลือบผิวเมล็ดข้าวอีกครั้งเพื่อทำให้เมล็ดข้าวเกิดความมันวาว	ไม่มีการเพิ่มขึ้นของอันตรายทางกายภาพจากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลอันตรายจากสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆของการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา (ต่อ)

ขั้นตอนการสีข้าว	รายละเอียด	แหล่งที่มาของอันตราย
 ตะแกรงกลม ⬇	ตะแกรงกลมเบอร์ 3.5, 5.0 และ 5.5 เพื่อคัดแยกขนาดของปลายข้าวออกจากข้าวเต็มเมล็ด	ไม่มีการเพิ่มขึ้นของอันตรายทางกายภาพจากกระบวนการผลิต
 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ⬇	ผ่านเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (color sorter)เพื่อคัดแยกสิ่งเจือปนต่างๆออกจากข้าวสาร เช่น เศษหิน เศษพลาสติก มอด ดอกหญ้า ข้าวเปลือก เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวเหนียว เมล็ดข้าวท้องไข่ ข้าวเมล็ดเสีย (เมล็ดดำ, เมล็ดเหลือง, เมล็ดแดงและข้าวเมล็ดลีบ) เศษกิ่งไม้ เป็นต้น ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนการบรรจุที่สิ่งเจือปนเหลือรอดไปถึงผู้บริโภค	พบแหล่งที่มา ประเภท (ก) ประเภท (ข) ประเภท (ค)
 เครื่องบรรจุข้าวสาร	บรรจุข้าวสารขนาด 5 กิโลกรัม และ 50 กิโลกรัม โดยเครื่องบรรจุอัตโนมัติ	ไม่มีการเพิ่มขึ้นของอันตรายทางกายภาพจากกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : ประเภทแหล่งที่มาของอันตราย (ก) คือ สิ่งเจือปนที่ติดมากับวัตถุดิบ ในขั้นตอนการรับข้าวเปลือกจากสหกรณ์ (ข) คือ สิ่งเจือปนสัตว์พาหะ เช่น นกและกระรอกและสิ่งเจือปนจะไม่เพิ่มจำนวนขึ้นถ้าเรามีการควบคุมสัตว์พาหะที่ดี ตะแกรงทำความสะอาด มีดอกหญ้า เศษหิน เมล็ดวัชพืช เศษกิ่งไม้ (ค) คือ สิ่งเจือปนที่เหลือรอดมาจากกระบวนการผลิต เช่น ข้าวเปลือก เศษหิน เศษพลาสติก มอด ดอกหญ้า เมล็ดวัชพืช เมล็ดข้าวเหนียว เมล็ดข้าวท้องไข่ ข้าวเมล็ดเสีย (เมล็ดดำ, เมล็ดเหลือง, เมล็ดแดง และข้าวเมล็ดลีบ) และเศษกิ่งไม้

จากรูปแผนภูมิการผลิตข้าวและตารางแสดงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน (ตารางที่ 4.2) สามารถประเมินได้ว่าแหล่งที่มาของอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นก่อนผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยพบว่าจุดที่ทำให้ปนเปื้อนอาจมาได้จากทั้งวัตถุดิบ สัตว์พาหะ สามารถหลุดรอดมาจากตะแกรงทำความสะอาดและเครื่องแยกหิน ซึ่งเศษหินที่มีขนาดเล็กสามารถหลุดลอดมาได้กะเทาะและตะแกรงโยกมีข้าวเปลือกปนเปื้อนมากับข้าวดีได้ จากข้อมูลการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนต่างๆ ธรณัส (2556) อ้างอิงจาก McSwanne และคณะ (1998) ได้กล่าวตัวอย่างอันตรายทางกายภาพและแหล่งที่มาของอันตราย พบว่า อันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นจากแมลง แหล่งที่มามาจากสิ่งแวดล้อมสารหรือวัตถุดิบที่รับเข้ามาหรือจากผู้ผลิต และสัตว์ฟันแทะ/มูล แหล่งหรือสาเหตุมาจากการควบคุมสัตว์ฟันแทะไม่เพียงพอและมาจากสารหรือวัตถุดิบที่รับเข้า และฝุ่น เศษหิน แหล่งหรือสาเหตุมาจากวัตถุดิบหรือผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติไม่ดี และชิ้นส่วนปะเก็น มาจากการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายของเครื่องมือไม่เพียงพอ เป็นต้น จากนั้นในระหว่างกระบวนการผลิตจึงควรมีการเฝ้าระวังและป้องกันตั้งแต่การรับวัตถุดิบตั้งแต่เริ่มต้นตามมาตรฐานการตรวจรับวัตถุดิบของโรงงาน โดยดูสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับข้าวเปลือก เช่น ดอกหญ้า เศษฟาง เศษกิ่งไม้ การควบคุมสัตว์พาหะในระหว่างการจัดเก็บข้าวเปลือกไม่ให้มีช่องเปิดให้สัตว์พาหะเข้ามาในยุ้งเก็บได้ การตรวจสอบสภาพตะแกรงทำความสะอาดก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง การตรวจเช็คสภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์การสีข้าวก่อนการปฏิบัติงานทุกครั้ง และการทวนสอบประสิทธิภาพเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะช่วยลดอันตรายของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด จะเป็นจุดสำคัญของผลิตภัณฑ์ ด้วยเหตุนี้ การศึกษาจึงได้ทำการศึกษาทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว มุ่งเน้นอันตรายทางกายภาพที่อาจเกิดขึ้น โดยเครื่องคัดแยกดังกล่าวได้รับการน้อมเกล้าฯถวาย จากบริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด เพื่อให้มาใช้ในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา และยังไม่ได้รับการทวนสอบประสิทธิภาพในระหว่างการผลิต ทั้งนี้เพื่อให้ขั้นตอนการทวนสอบดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการทวนสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในด้านความปลอดภัยทางกายภาพที่เป็นปัญหาของผลิตภัณฑ์ให้ลดน้อยและลดการร้องเรียนของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ในโอกาสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี

เมื่อทำการศึกษาการประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยใช้สิ่งเจือปนที่คัดแยกได้ในช่วงการผลิตที่ผ่านมา โดยพบว่าชนิดของสิ่งเจือปนที่เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวสามารถคัดแยกออกมาได้ตามตารางที่ 4.3 ดังนี้

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลขนาดและชนิดของสิ่งเจือปนที่ตรวจพบบ่งชี้ถึงคุณภาพและอันตรายทางกายภาพในช่วงการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

ชนิดสิ่งเจือปน ด้านคุณภาพ / อันตรายทางกายภาพ	ขนาด (มิลลิเมตร)	จำนวน (ชิ้น)
 เศษหิน /กรวด	A	55
 มอด	A	40
 เศษพลาสติก	A B	1 3
 ข้าวเปลือก	A B	700 960
 ดอกหญ้า	A B	480 50
 ข้าวเสีย (ข้าวเมล็ดลีบ,ข้าวเมล็ดแดง,ข้าวเมล็ดเหลือง, ข้าวเมล็ดดำ, ข้าวเหนียว, ข้าวท้องไข่)	A B	4594 5146
 เมล็ดวัชพืช	A	300
 เศษกิ่ง	A B	154 112
 หนอน	A B	10 3

หมายเหตุ A คือ ขนาด 1-5 มิลลิเมตร , B คือ ขนาด 6-10 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี (ตารางที่ 4.3) พบว่าชนิดของสิ่งเจือปนที่เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวสามารถคัดแยกออกมาได้ จากที่ทำการตรวจสอบข้าว Reject ที่ผ่านการคัดแยกสีแล้วทางด้านคุณภาพ ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวเสีย (ข้าวเมล็ดลีบ ,ข้าวเมล็ดแดง, ข้าวเมล็ดเหลือง, ข้าวเมล็ดดำ, ข้าวเหนียว, ข้าวท้องไข่) เมล็ดวัชพืช (เมล็ดถั่ว, เมล็ดกระถิน) และเศษกิ่งไม้ และสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับข้าว Reject ที่ผ่านการคัดแยกสีแล้วอันตรายด้านกายภาพ ได้แก่ เศษหิน/ เศษกรวด ขนาด 1-5 มิลลิเมตร (มม.) 55 ชิ้น มอด ขนาด 1-5 มม. 40 ชิ้น เศษพลาสติก ขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 1 และ 3 ชิ้นตามลำดับ ดอกหญ้า ขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 408 และ 50 ชิ้นตามลำดับ และหนอนขนาด 1-5 มม.และขนาด 6-10 มม. 10 และ 3 ชิ้นตามลำดับ ซึ่งขนาดของสิ่งเจือปน A ขนาด 1-5 มิลลิเมตร และ B ขนาด 6-10 มิลลิเมตร มาจากการเก็บข้อมูลของสิ่งเจือปนโดยการวัดด้วยเครื่องวัดคาลิเปอร์เวอร์เนียร์แบบดิจิตอล Mitutoyo M-500 ในการพิจารณาขนาดสิ่งเจือปนจากการเก็บข้อมูลสิ่งเจือปนในระหว่างกระบวนการผลิตและจากมาตรฐานของเครื่องที่สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนออกมาได้ตามรายละเอียดด้านเทคนิคของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว โดยค่าความละเอียด 0.04 มิลลิเมตรอ้างอิงข้อมูลจากบริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (2526) (ตารางที่ 2.2) ซึ่งความสามารถของเครื่องสามารถคัดสิ่งเจือปนได้ที่ขนาดเล็กมากที่ 0.04 มิลลิเมตร ซึ่งความสามารถของเครื่องสามารถคัดแยกสิ่งเจือปนได้ที่ขนาดเล็กกว่าที่เราเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยอ้างอิงขนาดจากการเก็บข้อมูล (ตารางที่ 4.3) พบว่าขนาดเล็กที่สุดที่เครื่องคัดแยกออกมาได้คือ 1 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของสิ่งเจือปนขนาดเล็กอาจส่งผลมากกับอันตรายต่อผู้บริโภคน้อยกว่าขนาดใหญ่ เช่น เศษหินขนาดใหญ่ อาจทำให้ฟันแตก หักหรือบิ่นได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคมากกว่า โดยที่อันตรายด้านกายภาพจากสิ่งที่พบดังกล่าวถ้าเหลือรอดไปจนถึงขั้นตอนการหุงจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรง เช่น ถ้ามีการเหลือรอดของเศษหิน เศษกรวดในข้าวหุงสุกจะมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บฟันบิ่น หรือหักได้ดังรายงานของ (นงนุช, 2557) ซึ่งได้กล่าวถึงอันตรายทางกายภาพ หมายถึงสิ่งแปลกปลอมต่างๆที่ปนเปื้อนลงในอาหารอาจทำให้เกิดการบาดเจ็บแก่ผู้บริโภค โดยอาจมาจากวัตถุดิบและบรรจุภัณฑ์ เช่น เศษหิน เศษไม้ เศษแก้ว เศษโลหะ เศษพลาสติก อันตรายเหล่านี้มีผลกระทบต่อสุขภาพผู้บริโภคในระดับต่างกัน อาจทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเล็กน้อยหรืออาจรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิตได้ รวมถึงมีผลกระทบต่อผู้ประกอบการในเรื่องชื่อเสียงของสินค้าและการเรียกคืนสินค้าทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจอีกด้วย ส่วนดอกหญ้าเป็นแหล่งทำให้เกิดภูมิแพ้ทางระบบหายใจ (Andersson และ Lidholm, 2003) หรือชิ้นส่วนของตัวมอด แมลง ซึ่งมีผลต่อการทำให้เกิดอาการแพ้จากโปรตีนในตัวมอด พบว่าทำให้เกิดรอยแดงบนผิวหนังและจากผลการศึกษาในห้องทดลอง พบว่าตัวมอดเป็นปัจจัยส่งเสริมทำให้เกิดโรคหืดในคนงานโรงสีข้าวสาลี (Lunn, 1966) และมูลของมอดมีรายงานว่าทำให้เกิดรอยแดง เป็นผื่นคันบนผิวหนัง (Frankland และ Lunn, 1965) การตรวจพบสิ่งเจือปนใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวสารที่ผ่านเครื่องคัดแยกดังกล่าว เป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับการผลิตข้าวในโครงการ เพื่อจะนำตัวอย่างสิ่งเจือปนที่ตรวจพบไปใช้ในการทวนสอบประสิทธิภาพ ความถูกต้องแม่นยำของเครื่องในการผลิตข้าวสารบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา เพื่อเพิ่มคุณภาพและลดอันตรายทางกายภาพที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิตข้าวสารบรรจุถุง เพื่อสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัยต่อผู้บริโภคในผลิตภัณฑ์ข้าวสารบรรจุถุงของโครงการต่อไป

4.4 ผลการดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี ในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสาร

จากการทดลองตัวอย่างสิ่งเจือปน ได้แก่ เศษหิน มอด และดอกหญ้า โดยเลือกตัวอย่างสิ่งเจือปนจากปัญหาข้อร้องเรียนที่พบมากที่สุดทางด้านอันตรายทางกายภาพและจากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี โดยดูจากอันตรายทางกายที่พบมากที่สุดที่เครื่องคัดแยกออกมา จากนั้นการใช้สิ่งเจือปนผสมปนกับข้าวดี 10 กิโลกรัม ตัวอย่างละ 10 ชิ้น และใส่สิ่งเจือปนรวมทั้ง 3 ชนิดรวมเป็น 30 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้งจำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ ดังนี้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษหิน	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ (ต่อ)

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษหิน	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษหิน	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00

จากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อสิ่งเจือปนประเภทเศษหินใส่ปนรวมไปกับข้าวสารดีจำนวน 10 กิโลกรัม จำนวน 10 ชิ้น พบว่า เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error) เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยความเที่ยงตรงที่สูง อ้างอิงการคำนวณจากรายงานของ (นวภัทรา และทวีพล, 2555) ในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด ดังนั้นหากต้องการให้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีความแม่นยำและความเที่ยงตรงสูง ควรทำการทวนสอบเครื่องมือก่อนการผลิตทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทมอดจำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
มอด	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
มอด	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	9.00	10.00	1.00	10.00	90.00	8.47
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
$\mathbf{X_{mean}}$	9.83	10.00	0.17	1.67	98.33	2.82
มอด	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทมอด จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อนำสิ่งเจือปนประเภทมอดใส่ปนรวมไปกับข้าวสารดีจำนวน 10 กิโลกรัม จำนวน 10 ชิ้น พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 และ3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 2 พบว่า เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 2.82 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมอดที่นำมาทดสอบเป็นมอดที่ตายแล้ว จึงมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าว เมื่อหัวเป่าตอบสนองการสั่งของกล้องที่มองเห็นวัตถุดิบเสียโดยสั่งให้ Ejector เป่าสิ่งเจือปนออกอาจทำให้ มอดไปติดกับชิ้นส่วนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงมีความคลาดเคลื่อนทำให้มอดออกมาไม่ครบจำนวน 10 ชิ้น

ตารางที่ 4.6 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้า จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
ดอกหญ้า	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้า จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ (ต่อ)

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
ดอกหญ้า	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X_{mean}}$	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ดอกหญ้า	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	9.00	10.00	1.00	10.00	90.00	8.47
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
	10.00	10.00	0.00	0.00	100.00	1.69
$\mathbf{X_{mean}}$	9.83	10.00	0.17	1.67	98.33	2.82

จากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้า จำนวน 10 ชิ้น ทำการทดสอบ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อนำสิ่งเจือปนประเภทดอกหญ้าใส่ปนรวมไปกับข้าวสารดี จำนวน 10 กิโลกรัม จำนวน 10 ชิ้น พบว่าการทดลองซ้ำที่ 1 และ2 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 2.82 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากดอกหญ้าที่นำมาทดสอบมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าว จึงมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าว เมื่อหัวเป่าตอบสนองการสั่งของกล้องที่มองเห็นวัตถุดิบเสียโดยสั่งให้ Ejector เป่าสิ่งเจือปนออกอาจทำให้ดอกหญ้าไปติดกับชิ้นส่วนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงมีความคลาดเคลื่อนทำให้ดอกหญ้าออกมาไม่ครบจำนวน 10 ชิ้น

ตารางที่ 4.7 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภท เศษหิน มอด และดอกหญ้า ตัวอย่างละ10 ชิ้น จำนวนทั้งหมด 30 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษหิน	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
มอด	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ดอกหญ้า	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X}_{mean}$	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
เศษหิน	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
มอด	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
ดอกหญ้า	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00
$\mathbf{X}_{mean}$	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การทดสอบสิ่งเจือปนประเภท เศษหิน มอด และดอกหญ้า ตัวอย่างละ10 ชิ้น จำนวนทั้งหมด 30 ชิ้น ทำการทดสอบตัวอย่างละ 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ (ต่อ)

สิ่งเจือปน	ค่าการวัดแต่ละครั้ง X_i	ค่าจริง (ชิ้น) X_t	Absolute Error (ชิ้น)	Relative Error (%)	Accuracy (%)	Precision (%)
เศษหิน	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.56
มอด	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.56
ดอกหญ้า	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.56
	29.00	30.00	1.00	3.33	96.67	2.79
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.56
	30.00	30.00	0.00	0.00	100.00	0.56
$\mathbf{X_{mean}}$	29.83	30.00	0.17	0.56	99.44	0.93

จากผลการทดสอบสิ่งเจือปนประเภทเศษหิน มอด และดอกหญ้า ตัวอย่างละ 10 ชิ้น รวมจำนวนสิ่งเจือปนทั้งหมด 30 ชิ้น การทดลอง 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ พบว่าเมื่อนำสิ่งเจือปนประเภท เศษหิน มอด และดอกหญ้าใส่รวมปนไปกับข้าวสารดีจำนวน 10 กิโลกรัม จำนวน 30 ชิ้น พบว่าในการทดลองซ้ำที่ 1 และ2 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำสูงเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงสูง แต่การทดสอบซ้ำที่ 3 เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เท่ากับ 0.17 ชิ้น และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เท่ากับ 0.56 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยความแม่นยำเท่ากับ 99.44 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยความที่ยงตรงเท่ากับ 0.93 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสิ่งเจือปนที่นำมาทดสอบมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าว จึงมีน้ำหนักเบากว่าเมล็ดข้าว เมื่อหัวเป่าตอบสนองการสั่งของกล้องที่มองเห็นวัตถุดิบเสียโดยสั่งให้ Ejector เป่าสิ่งเจือปนออกอาจทำให้สิ่งเจือปนไปติดกับชิ้นส่วนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงมีความคลาดเคลื่อนทำให้สิ่งเจือปนออกมาไม่ครบจำนวน 30 ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558

จากผลการเก็บข้อมูลภายในปี พ.ศ. 2559 โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3-6 เดือน หลังการใช้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวตัวใหม่ในการคัดแยกสิ่งเจือปน (ตารางที่ 4.8) โดยมีจำนวนการผลิต 840,000 ถุง พบว่าปัญหาข้อร้องเรียนทางด้านคุณภาพยังพบถุงไม่สุญญากาศ และไม่พบปัญหาด้านความปลอดภัย และมีค่า DPMO หมายถึง จำนวนครั้งข้อร้องเรียนต่อ 1 ล้านครั้งสินค้าที่ขายไป เท่ากับ 18 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 5.63 เมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558 ที่มีปัญหาข้อร้องเรียนทั้งทางด้านคุณภาพและด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และมีค่า DPMO เท่ากับ 77 และมีค่า Sigma level เท่ากับ 5.28 ซึ่งสามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนลงจาก 77 เหลือ 18 แสดงการคำนวณ (ภาคผนวก ฉ) จึงเชื่อมั่นได้ว่าเมื่อทำการทวนสอบเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวก่อนการผลิตทุกครั้งทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในการบริโภคข้าวสารบรรจุโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

ตารางที่ 4.8 ปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2557-2558

ปัญหาข้อร้องเรียน ปี พ.ศ. 2557-2558		กำลังการผลิต/ปี จำนวนถุง	DPMO	Sigma level
ข้อร้องเรียนด้านคุณภาพ	ข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัย			
พบถุงไม่สุญญากาศ	พบเศษหิน	1,344,000	77	5.28
พบข้าวเปลือก	พบดอกหญ้าและเมล็ดวัชพืช			
พบข้าวมีกลิ่นหืนและซองบรรจุภัณฑ์ต่างสี	พบหนอนในข้าวสาร			
	พบมอด			
	พบราในข้าวสาร			
ปัญหาข้อร้องเรียน ปี พ.ศ. 2559				
พบถุงไม่สุญญากาศ	ไม่พบปัญหาด้านความปลอดภัย	840,000	18	5.63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 จากปัญหาข้อร้องเรียนทั้งทางด้านคุณภาพ และความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ข้าวขัดขาวบรรจุถุงในช่วงปี พ.ศ 2557-2558 ที่ได้รับจากผู้บริโภค เรื่องสิ่งเจือปนที่พบในข้าวสารที่ผ่านมาเมื่อได้เริ่มมีใช้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวในการผลิตข้าวสารบรรจุถุงมาตั้งแต่ ปี พ.ศ2559 และพบว่าประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวรุ่น MAX SORT (MINI) ที่นำมาใช้เพื่อการคัดแยกสิ่งเจือปนข้าวสารขัดขาวของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา นั้น สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนทั้งทางด้านคุณภาพและความปลอดภัยที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบและในระหว่างการผลิตได้อย่างแม่นยำโดยพบว่าไม่มีข้อมูลข้อร้องเรียนทางด้านความปลอดภัยจากผู้บริโภค นับตั้งแต่มีการติดตั้งเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวจนถึงปัจจุบัน

5.1.2 การศึกษาขั้นตอนการผลิตข้าวสารและประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่จะเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง จากการประเมินอันตรายจากสิ่งเจือปนที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุง ได้ทำการประเมินขั้นตอนการผลิตการปนเปื้อนของอันตรายจากสิ่งเจือปนที่มีโอกาสเกิดขึ้นในขั้นตอนต่างๆระหว่างการผลิตข้าวสารขัดขาวบรรจุถุง ข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ทำให้ทราบถึงแหล่งที่มาของปัญหาด้านคุณภาพและอันตรายทางด้านกายภาพตั้งแต่เริ่มจากการรับวัตถุดิบ กระบวนการผลิตจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลเหล่านี้นำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหามาตรการป้องกันการปนเปื้อนจากอันตรายทางกายภาพให้เหลือน้อยที่สุดในทุกๆขั้นตอนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง จนทำให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในความปลอดภัยของสินค้ามากขึ้นและเพื่อให้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวมีประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น

5.1.3 จากการศึกษาข้อมูลประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี เมื่อทำการศึกษาการเก็บข้อมูลสิ่งเจือปนที่เครื่องสามารถคัดแยกออกมาได้ โดยทำการตรวจสอบข้าว Reject ที่ผ่านการคัดแยกสีแล้ว สิ่งเจือปนทางด้านคุณภาพ ได้แก่ ข้าวเปลือก ข้าวเสีย (ข้าวเมล็ดลีบ ,ข้าวเมล็ดแดง,ข้าวเมล็ดเหลือง ,ข้าวเมล็ดดำ ,ข้าวเหนียว, ข้าวท้องไข่) เมล็ดวัชพืช (เมล็ดถั่ว ,เมล็ดกระถิน) และเศษกิ่งไม้ ที่ขนาด 1-5 มิลลิเมตร และขนาด 6-10 มิลลิเมตร และสิ่งเจือปนที่ปนเปื้อนมากับข้าว Reject ที่ผ่านการคัดแยกสีแล้ว อันตรายทางด้านกายภาพ ได้แก่ เศษหิน/ เศษกรวด มอด เศษพลาสติก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกหญ้า และหนอน ที่ขนาดขนาด 1-5 มิลลิเมตร และขนาด 6-10 มิลลิเมตร ดังนั้นมีผลทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพในการการคัดแยกสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิตก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสารโดยไม่พบปัญหาสิ่งเจือปนที่เกิดขึ้นปนเปื้อนไปกับผลิตภัณฑ์สุดท้าย

5.1.4 การดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการคัดแยกสิ่งเจือปนของเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี โดยใช้สิ่งเจือปนที่คัดแยกได้ในช่วงการผลิตที่ผ่านมาเป็นตัวทดสอบ พบว่าเครื่องมีความแม่นยำและมีความเที่ยงตรงสูงในการคัดแยกสิ่งเจือปน โดยเฉพาะสิ่งเจือปนทางอันตรายด้านกายภาพ เช่น เศษหิน มอด และดอกหญ้า และในการคัดแยกสิ่งเจือปนก่อนขั้นตอนการบรรจุข้าวสารโดยใช้เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวรุ่น MAX SORT (MINI) จึงทำให้ลดการปนเปื้อนจากสิ่งเจือปนทางด้านคุณภาพและอันตรายด้านกายภาพลงสู่ในระดับที่ยอมรับได้ ทำให้ผู้บริโภคมีความเชื่อมั่นในความปลอดภัยของข้าวสารบรรจุถุงของโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

5.1.5 จากการเก็บรวบรวมปัญหาข้อร้องเรียนภายในปี พ.ศ. 2559 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ 2557-2558 โดยติดตามข้อร้องเรียนย้อนหลังตั้งแต่ 3-6 เดือน หลังการใช้เครื่องดังกล่าวในการคัดแยกสิ่งเจือปนในระหว่างการผลิต พบว่าไม่มีข้อร้องเรียนด้านความปลอดภัยจากลูกค้าตั้งแต่มีการใช้เครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนตัวใหม่จนถึงปัจจุบันซึ่งสามารถลดปัญหาข้อร้องเรียนลงจาก 77 เหลือ 18

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและเครื่องคัดแยกสิ่งเจือปนทำงานได้ดียิ่งขึ้นควรมีการอบรมให้ความรู้เจ้าหน้าที่ เรื่องการดูแลและการบำรุงรักษาเครื่องจักรก่อนและหลังปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอ

5.2.2 เพิ่มมาตรการการควบคุมระบบคุณภาพ GMP ของโรงงาน เรื่องการควบคุมสัตว์พาหะ เช่น กระรอก นก หรือหนู โดยการเพิ่มความถี่ในการกำจัดสัตว์พาหะที่บริเวณยุ้งไม้ที่เก็บวัตถุดิบข้าวเปลือก เพื่อลดการปนเปื้อนของสิ่งเจือปนก่อนการผลิต

5.2.3 สหกรณ์ที่รับข้าวเปลือกจากเกษตรกรควรให้ความรู้เพิ่มเติมในเรื่องของสิ่งเจือปนทางด้านกายภาพ เช่น เศษหิน เศษกรวด เมล็ดวัชพืช และดอกหญ้า เป็นต้น ที่อาจปนเปื้อนมากับข้าวเปลือก เพื่อเกษตรกรให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

5.2.3 ควรเพิ่มความถี่การทำความสะอาดเครื่องจักรในแผนการทำความสะอาดเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวระบบซีซีดี และเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิตก่อนและหลังปฏิบัติงานอย่างสม่ำเสมอตามระบบคุณภาพ GMP ของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง ข้าว (มกษ 4004-2555). สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ.

กระทรวงพาณิชย์. 2555. มาตรฐานสินค้าข้าวขาว เรื่องกำหนดให้ข้าวขาวเป็นสินค้ามาตรฐานและมาตรฐานสินค้าข้าวขาว.

การเก็บเกี่ยว . 2560. สืบค้นจาก :https://www. baanjomyut.com/library_2/extension-2/cereals/01_7.html (17 กันยายน 2560)

การใช้ประโยชน์. 2560. สืบค้นจาก :https://www.baanjomyut.com/library_2/extension-2/cereals/01_3.html (17 กันยายน 2560)

กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์, อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ , รดา อิ่มศิลป์ และปิยรัตน์ สิริธัญกิจ. 2554. การวิเคราะห์อันตรายและจุดวิกฤตที่ต้องควบคุมในกระบวนการผลิตข้าวสารบรรจุถุง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 21 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน) :138-147.

กุสุมา นวลวัฒน์. 2545. การสูญเสียคุณภาพข้าวเนื่องมาจากแมลงศัตรูในโรงเก็บและการรักษา. จิรวัฒน์เอกเพลส, กรุงเทพฯ.

เกรียงศักดิ์ ชูแสง, รัญชนา สินธวาลัย และ นภิสพร มีมงคล. 2554. การลดข้อบกพร่องจากกระบวนการผลิตอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง กรณีศึกษา: โรงงานตัวอย่างในเขตจังหวัดสงขลา. การประชุมการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ (ตุลาคม): 872-881.

กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสม สำหรับข้าวนาชลประทาน. เอกสารคำแนะนำลำดับที่ 22 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 42 หน้า

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2549. ข้าวไทย : การส่งออกที่ขยายตัวภายใต้การแข่งขันหลังการเปิดเสรี. กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, กระทรวงพาณิชย์, กรุงเทพฯ.

ข้าวรัชมงคล. 2560. สืบค้นจาก : http://www.toyota.co.th/rrc/process_colorsorter.php (17 กันยายน 2560)

โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา. 2560. สืบค้นจาก : http://www.ourking.in.th (30 ตุลาคม 2560)

ชณัฐฐา อยู่เสนาสน์. 2539. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อราคาส่งออกข้าวไทย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. (เศรษฐศาสตร์เกษตร) เศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร 186 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรณัส พรหมะจุล. 2556. เครื่องคัดแยกโลหะต้นแบบต่อการแยกโลหะประเภทเหล็กที่มากับพริกไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขาภิบาลอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นงนุช เมธียนต์พิริยะ. 2557. วศ. กับความปลอดภัยทางอาหาร. กรมวิทยาศาสตร์บริการ ปีที่ 62 ฉบับที่ 195: 8-10.

นวภัทรา หนูนาค และทวีพล ซื่อสัตย์. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด.พิมพ์ครั้งที่ 1. มีนเซอร์วิสซัพพลาย. กรุงเทพฯ:

บริษัท แม็กซ์เท็กซ์ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด. 2526. เครื่องคัดแยกสีสิ่งปลอมปน เพื่อปรับปรุงคุณภาพข้าว สืบค้นจาก : http://www.maxtex.net (30 มีนาคม 2560)

ประพาส วีระแพทย์. 2517. ความรู้เรื่องข้าว. สาขาคัดพันธุ์ต้านทานศัตรูข้าว. กองการข้าว กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

ประวัติความเป็นมาของข้าว. 2560. สืบค้นจาก : http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-histories.html (15 พฤศจิกายน 2560)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2533. การสีข้าว. ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. สืบค้นจาก : www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3644/การสีข้าว -rice-milling. (30/พฤศจิกายน/2560)

ฟาร์มเกษตร. 2017. สืบค้นจาก : http://www.farm-kaset.com (17กันยายน 2560)

ภากร ยังประภากร. 2549. การวิเคราะห์อันตราย และการควบคุมจุดวิกฤตของโรงปรับปรุงคุณภาพข้าว. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาโครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2015. สืบค้นจาก : http://www.agron.agri.kps.ac.th (17กันยายน 2560)

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ โรงผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง. 2560. โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

มูลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2560. จุดกำเนิดและประวัติข้าวไทย. สืบค้นจาก : http://www.thairice.org (5 ธันวาคม 2560)

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์. 2550. เครื่องจักรกลการเกษตร. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี กรุงเทพฯ.

ลักษณะทั่วไปของข้าว. 2560 .สืบค้นจาก : http://www.farm-kaset.com (17 กันยายน 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์. 2015. สืบค้นจาก : http://www.agron.agri.kps.ac.th (17กันยายน 2560)

วัชรชัย ภุมรินทร์ และสมโชติ รัตนผุสดีกุล. 2540. การศึกษาระบบควบคุมการคัดแยกเมล็ดข้าวดำโดยการตรวจจับสี.โครงการวิจัยของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วัชรินทร์ บุญวัฒน์. 2527. ข้าว,น. 26-34. ในพฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ เล่ม 1. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2560. สืบค้นจาก : www.ricethailand.go.th/info_riceknowledge.htm (17 กันยายน 2560)

หฤทัย เหมะธุลิน . 2552 . ความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของวัชพืชในนาข้าวอินทรีย์จังหวัดพิษณุโลก. ศูนย์เครื่องมือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

อรรถพงษ์ ลลิตาศรม และสุดา ปีตะวรรณ. 2008. การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการส่งออกข้าวของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2535 – พ.ศ. 2550 บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการเงิน คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

อัมมาร สยามวาลาและวิโรจน์ ณ ระนอง. 2533. ประมวลความรู้เรื่องข้าว. สถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาประเทศไทย, กรงเทพฯ.

เอกสารกระบวนการผลิตโรงผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง. 2559. โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา

Andersson, K., and Lidholm, J. 2003. Charateristcs and immunobiology of grass pollen allergens. Allergy and Immunology.130(2):87-107.

Codex, 2008. GuideiInes for the validation of food safety control measures, CAC/G 69: 1-16.

Delwiche, S.R., Pearson, T.C.,and Brabec, D.L. 2005. High-speed optical of soft wheat for reduction of deoxyni valenol. Plant Dis. 89: 1214-1219.

Frankland, A .W., and Lunn, J..A. 1965. Asthma caused by the grain weevil. Brit. J . industr. Med. 22: 157-159.

Lunn, J..A. 1966. Millworkers' Asthma: Allergic Responses to the Grain Weevil (*Sitophilus granarius*).Brit. J. industr. Med .23: 149-152.

McSwane, D.,Rue, N.,and Linton, R.1998. Essentials of food Safety and Sanitation.Upper Saddle River,Prentice Hall.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moody, K. 1989. Weeds reported in rice in south and southeast asia. International Rice Research Institute. Philippines. 442 pp.

National Seafood HACCP Alliance for Training and Education. 1997. HACCP: Hazard Analysis and Critical Control Point Training Curriculum. 2 nd ed.U.S.A.

Pasikatan, M. C., and Dowell, F. E. 2003. Evaluation of a high-speed color sorter for segregation of red and white wheat. Applied engineering in agriculture. 19(1): 33-38

Pasikatan, M. C., and Dowell, F. E. 2001. Sorting systems based on optical methods for detecting and removing seeds infested internally by insects or fungi. Applied spectroscopy reviews. 36(4): 399-416.

USDA-United States Department of Agriculture. 2016. Beech-Nut Nutrition Recalls Baby Food Product Due to Possible Foreign Matter Contamination. .Available at https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall-case-archive/archive/2015/recall-061-2015-release (30 March 2560). USDA -United States Department of Agriculture.

USDA-United States Department of Agriculture. 2016. ConAgra Foods Recalls Frozen Chicken and Beef Products Due to Possible Foreign Matter Contamination. .Available at https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/recalls-and-public-health-alerts/recall-case-archive/archive/2016/recall-056-2016-release (30 March 2560). USDA -United States Department of Agriculture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

วิธีการคำนวณหาค่า Accuracy และ Precision

การคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด (Calculation of measurement error) (นวภัทรา และทวีพล, 2555)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute error) คือ ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการวัด

$$\text{Absolute error} = |x_{mea} - x_t| \quad (1.1)$$

โดย x_t คือ ค่าจริง (True Value)

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

$$\text{Absolute error} = |10 - 10|$$

$$= 0$$

2. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative error)

$$\text{Relative error} = \left|\frac{x_{mea} - x_t}{x_t}\right| \quad (1.2)$$

$$\% \text{ Error} = \text{Relative error} \times 100 \quad (1.3)$$

โดย x_t คือ ค่าจริง (True Value)

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

$$\text{Relative error} = \left|\frac{10-10}{10}\right|$$

$$= 0$$

$$\% \text{ Error} = 0 \times 100$$

$$= 0\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำหรือค่าความถูกต้อง (% Accuracy)

% Accuracy = 100-% Error (1.4)

= 100-0

= 100 %

4. ค่าความเที่ยงตรง (Precision)

Precision = $\left|\frac{x_i - x_m}{x_m}\right|$ (1.5)

$x_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$

โดย x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง

$\sum_{i=1}^{n} x_i$ คือ ผลรวมค่าของการวัดทั้งหมด

n คือ จำนวนครั้งของการวัด

$x_m = \left(\frac{10+10+10+10+10+10}{6}\right)$

= 10.00

Precision (%) = $\left|\frac{10-10}{10}\right|$ X 100

= 0 X 100

= 0 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว (Color Sorter)

ข.1 การปรับตั้งค่า มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตรวจสอบคุณภาพของ Product ว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ต้องการหรือไม่และทำการปรับตั้งค่าให้เหมาะสม

2. รอบการคัดที่ต้องการปรับ

3.ปรับตั้งค่าความไว กล้องภาพหน้า

4.ปรับตั้งค่าความไว กล้องภาพหลัง

5.คัดสีสว่าง (เริ่มคัดจากขาว-ดำ) สีเข้ม

6. คัดสีมืด (เริ่มคัดจากดำ-ขาว) สีเข้ม เช่น เมล็ดดำ จุด

7. คัดสีสว่าง (เริ่มคัดจากขาว-ดำ) สีอ่อน

8. คัดสีมืด (เริ่มคัดจากดำ-ขาว) สีอ่อน เช่นเมล็ดเหลือง เหลืองอ่อน น้ำตาลอ่อน

9. เพิ่มความไวสี

10. ลดความไวสี

11. ปรับอัตราการไหล และหัวเป่า

12. เมื่อใช้งานเครื่องจักรเรียบร้อยแล้ว ทำการหยุดเครื่องโดยการ ปิดการไหลและหัวเป่า ตามลำดับ

13 .หากต้องการปิดเครื่องให้ทำการปิดลมแล้วกดปุ่มสีดำค้างไว้ 3 วินาที จากนั้นปิดเซอร์กิตเบรคเกอร์เครื่องจักรและทำความสะอาด

ข.2 การบำรุงรักษาเครื่องจักร มีขั้นตอนดังนี้

1. ตรวจเช็คคุณภาพของลมทุกวันก่อนทำการเปิดลมเข้าเครื่องลมต้องแห้งสะอาดไม่มีน้ำและน้ำมันเจือปน หากพบปัญหาให้แก้เกี่ยวกับระบบลมให้เรียบร้อยก่อนใช้งานเครื่องจักร

2. เช็คการทำงานของหัวเป่าทุก1-2สัปดาห์ว่าสามารถใช้งานได้ปกติหรือไม่

3. เช็คใบปัดกระจก ก่อนทำการใช้งานทุกวันว่าสามารถปัดกระจกได้สะอาดปกติ

4. เช็คหลอดไฟด้านหน้าและด้านหลังว่ามีแสงสม่ำเสมอปกติก่อนใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การเปิด-ปิดเครื่องจักร มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องจักรในส่วนของ Heater ใช้ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศา ซึ่งเมืองไทยไม่จำเป็นต้องใช้จึงปิดเอาไว้ก่อน

2. ทำการหมุนเบรกเกอร์ไปที่ตำแหน่ง ON และเช็คให้แน่ใจว่าสวิตซ์ฉุกเฉินอยู่ในตำแหน่งปกติ

3. ทำการตรวจสอบคุณภาพลมก่อนเปิดลมเข้าเครื่องแล้วจึงทำการเปิดลมเข้าเครื่องจักร โดยแรงดันลมของเกจวัดลมตัวบนสุดควรอยู่ที่ 5-8 บาร์

4. ทำการกดสวิตซ์สีดำเพื่อทำการเปิดเครื่องจักร รอจนเครื่องเปิดเสร็จเรียบร้อย

5. เช็คสถานะลมอีกครั้งก่อนทำการเดินเครื่องจักรเกจวัดลมตัวบนสุดควรอยู่ที่ 5-8 บาร์

ข.4 เลือกโหมดที่ต้องการคัด มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกโหมดที่ต้องการคัด
2. เลือกโหมดการคัดที่ต้องการใช้งานจากนั้นกดอ่านข้อมูล
3. ปรับการเปิด-ปิดและตั้งค่าความเร็วในการปล่อย Product ตามต้องการ
4. กลับมาที่หน้าจอหลังกดปุ่มเปิด-ปิดการทำงาน

   สถานะสีฟ้า = รอการทำงานเครื่องจะไม่คัด

   สถานะสีดำ = เตรียมการคัด

   สถานะสีเขียว = พร้อมทำการคัด

5. เมื่อปุ่มขึ้นสีเขียวแล้ว กดปุ่มเปิดหัวเป่าและการไหลตามลำดับ เครื่องจะทำการคัด Product

ข.5 การทำความสะอาดเครื่องจักร มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำความสะอาดภายนอกตัวเครื่องหลังจากเลือกใช้งานในทุกวันโดยใช้ผ้าแห้งเช็ดและลมเป่าทำความสะอาด (ควรเช็คก่อนการเป่าว่าไม่มีน้ำมันปน)

2. ทำความสะอาดภายในกล่องอิเล็กทรอนิกส์ทุก 1-2 สัปดาห์ โดยใช้ลมเป่า (ควรเช็คลมก่อนการเป่าทำความสะอาดว่าไม่มีน้ำมันปน)

3. ทำความสะอาดภายในกล่องแสงด้านหน้าและด้านหลัง รวมทั้งกระจกด้านในทุก 1-2 สัปดาห์ โดยใช้ลมเป่าทำความสะอาดและใช้ผ้าแห้งเช็ดกระจกด้านใน (ควรเช็คลมก่อนการเป่าทำความสะอาดว่าไม่มีน้ำมันปน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

วิธีการสุ่มตัวอย่างสิ่งเจือปนในการทดลอง

การทดสอบแบ่งเป็นชุดการทดสอบทั้งหมด 3 ชุด ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ เศษหิน มอด และดอกหญ้า โดยทำการทดลอง 6 ครั้ง จำนวนการทดสอบ 3 ซ้ำ

ค.1 การทดสอบชุดที่ 1

เศษหิน มอด ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 1)
มอด เศษหิน ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 2)
ดอกหญ้า เศษหิน มอด (ซ้ำที่ 3)

ค.2 การทดสอบชุดที่ 2

มอด เศษหิน ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 1)
ดอกหญ้า เศษหิน มอด (ซ้ำที่ 2)
เศษหิน มอด ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 3)

ค.3 การทดสอบชุดที่ 3

ดอกหญ้า เศษหิน มอด (ซ้ำที่ 1)
เศษหิน มอด ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 2)
มอด เศษหิน ดอกหญ้า (ซ้ำที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

วิธีการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก ในขั้นตอนการรับข้าวเปลือก

ง.1 ขั้นตอนการตรวจรับข้าวเปลือกและการสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือก

1.เมื่อข้าวเปลือกจากสหกรณ์มาส่งยังโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาจะมีคณะกรรมการการตรวจรับข้าวเปลือก

ง.2 การตรวจรับโดยหน่วยควบคุมคุณภาพ

การสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกตรวจ จะสุ่มข้าวเปลือก ช่วงต้น ช่วงกลาง และช่วงท้ายในขณะที่ข้าวเปลือกกำลังลงสู่กระพ้อเพื่อไปผ่านตะแกรงทำความสะอาดและจัดเก็บที่ยุ้งไม้หรือไซโล ดังนี้

1. ตรวจรับข้าวเปลือกโดยความชื้น ต้องไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ ตรวจสอบโดยเครื่องวัดความชื้น

2. ตรวจรับข้าวเปลือกโดยการตรวจคุณลักษณะทางกายภาพ สิ่งเจือปนต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ ต้องไม่พบมอด แมลง และวัตถุอื่นๆหรือธัญพืชอื่นๆ และต้องไม่พบสิ่งเจือปน เช่น เศษหิน กรวด ทราย จากการตรวจสอบด้วยสายตา (มาตรฐานผลิตภัณฑ์โรงผลิตภัณฑ์ข้าวตัวอย่าง, 2560)

3. เปอร์เซ็นต์ข้าวต้น 36 เปอร์เซ็นต์

กรณีที่ความชื้นและสิ่งเจือปนเกินมาตรฐานที่กำหนด ความชื้นต้องไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ สิ่งเจือปนต้องไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ จะไม่รับข้าวเปลือกจากสหกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

ตารางที่ จ.1 แบบฟอร์มบันทึกสิ่งเจือปนข้าวขาวบรรจุถุงจากเครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าว

Lot ผลิต	เวลา	ขนาดบรรจุ (กิโลกรัม)	ชนิดสิ่งเจือปน								
			มอด	เศษหิน /เศษกรวด	เศษพลาสติก	ข้าวเปลือก	ดอกหญ้า	ข้าวเสีย	เมล็ดวัชพืช	เศษกิ่งไม้	หนอน

หมายเหตุ : A = ขนาด 1-5 มิลลิเมตร, B = ขนาด 6-10 มิลลิเมตร

ข้าวเสีย (ข้าวเมล็ดลีบ, ข้าวเมล็ดแดง, ข้าวเมล็ดเหลือง, ข้าวเมล็ดดำ, ข้าวเหนียว, ข้าวท้องไข่)

เมล็ดวัชพืช (เมล็ดถั่ว, เมล็ดกระถิน)

ทำการตรวจเช็คทุก 1 ชั่วโมง /จำนวนที่ทำการสุ่มตัวอย่าง 100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

วิธีการคำนวณ Six Sigma

ตามแนวทางของ DMAIC (Define-Measure-Analyze-Improve-Control) (เกรียงศักดิ์และคณะ, 2554)

สูตรการคำนวณ

$$DPMO = \frac{(\text{Number of Defects} \times 1{,}000{,}000)}{((\text{Number of Defects Opportunities/Unit}) \times \text{Number of Units})}$$

โดย เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวตัวเก่า กำลังการผลิต 8 ตัน/วัน มีกำลังการผลิตต่อวันจำนวนถุง 2 kg เท่ากับ 2000 ถุง และ 5 kg เท่ากับ 800 ถุง

ดังนั้น การผลิตต่อวันเท่ากับ 2,800 ถุง

การผลิตต่อเดือน(ผลิต 20 วัน) เท่ากับ 56,000 ถุง

การผลิต 24 เดือน เท่ากับ 1,344,000 ถุง

$$= \frac{(104 \times 1{,}000{,}000)}{((1{,}344{,}000 / 1{,}344{,}000) \times 1{,}344{,}000)}$$

$$= 77$$

โดย เครื่องคัดแยกสีเมล็ดข้าวใหม่ กำลังการผลิต 10 ตัน/วัน มีกำลังการผลิตต่อวันจำนวนถุง 2 kg เท่ากับ 2500 ถุง และ 5 kg เท่ากับ 1000 ถุง

ดังนั้น กำลังการผลิตต่อวันเท่ากับ 3,500 ถุง

กำลังการผลิตต่อเดือน(ผลิต 20 วัน) เท่ากับ 70,000 ถุง

กำลังการผลิต 12 เดือน เท่ากับ 840,000 ถุง

$$= \frac{(15 \times 1{,}000{,}000)}{((840{,}000 / 840{,}000) \times 840{,}000)}$$

$$= 18$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Six Sigma Calculator

Enter values in Gray cells only

A. All values required to calculate Sigma level

Defects:	104
Units:	1,344,000
Opportunities per Unit:	1

DPMO:	77
Sigma Level:	5.28

B. Sigma calculated based on defects and number of opportunities

Defects:	104
Number of Opportunities:	1,344,000

DPMO:	77
Sigma Level:	5.28

C. Enter only the known Defects Per Million Opportunities

Enter DPMO	104

Sigma Level:	5.21

Six Sigma Calculator

Enter values in Gray cells only

A. All values required to calculate Sigma level

Defects:	15
Units:	840,000
Opportunities per Unit:	1

DPMO:	18
Sigma Level:	5.63

B. Sigma calculated based on defects and number of opportunities

Defects:	15
Number of Opportunities:	840,000

DPMO:	18
Sigma Level:	5.63

C. Enter only the known Defects Per Million Opportunities

Enter DPMO	15

Sigma Level:	5.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววารุณี ผิวงาม
วัน เดือน ปี เกิด	18 พฤษภาคม พ.ศ. 2531
ที่อยู่	56/1 หมู่ 8 ตำบล ดอนกระเบื้อง อำเภอ บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี 70110
ประวัติการศึกษา	- พ.ศ 2554 จบการศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ - พ.ศ 2557 ศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต คณะอุตสาหกรรมเกษตร สาขาการจัดการความปลอดภัยอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	-พ.ศ 2555 ตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ หน่วยงานควบคุมและพัฒนาระบบคุณภาพ โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับพระกรุณาธิคุณ จากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารี องค์ประธานมูลนิธิโนวาร์ติส 72 พรรษา ที่ทรงพระราชทานทุนการศึกษาตลอดหลักสูตร รวมถึงทุนวิทยานิพนธ์
การนำเสนอผลงาน	วารุณี ผิวงาม, อพัชชา จินดาประเสริฐ, กิตติชัย บรรจง และ อดิศร เสวตวิวัฒน์. 2560. การประเมินเบื้องต้นของอันตรายทางกายภาพในการผลิตข้าวสารบรรจุถุงในโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ.ครั้งที่ 15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้