ความหนาของข้าวเปลือกความชื้นสูงที่เหมาะสมต่อการถูกระบายอากาศเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพ

Suitable Thickness of Wet Paddy for the Delay of Deterioration by Ventilation

*วินิต ชินสุวรรณ (Winit Chinsuwan)**
*มงคล โปร่งจันทึก (Mongkol Prongjuntunk)***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาที่เหมาะสมของข้าวเปลือกความชื้นสูงในการกรองและดูดระบายอากาศเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพ ข้าวที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 24 %wb และใช้อัตราการดูดระบายอากาศ 0.5 ลบ.ม./นาที-ลบ.ม.ของข้าวเปลือก ผลการศึกษาพบว่าการใช้ความหนาของข้าวไม่เกิน 30 เซนติเมตร สามารถรักษาคุณภาพของข้าวเปลือกไว้ได้ไม่น้อยกว่า 7 วัน โดยไม่เกิดราในกองข้าว

Abstract

The objective of this study is to determine the suitable thickness of wet paddy for the delay of deterioration by ventilation. Chainat 1 paddy variety with 24%wb initial moisture content and the ventilation flow rate of 0.5 m3/min per cubic metre of paddy are used for the study. The results indicate that in order to maintain paddy quality for at least 7 days, the paddy thickness should not exceed 30 cm.

คำสำคัญ: ข้าวเปลือกความชื้นสูง การชะลอการเสื่อมคุณภาพ

Keywords: Wet Paddy, Delay of Deterioration

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
*** อดีตนักศึกษาบัณฑิตศึกษาสาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร*

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกปีละประมาณ 67 ล้านไร่ ได้ผลผลิตปีละประมาณ 27 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าตามที่เกษตรกรขายได้ปีละกว่าหนึ่งแสนสี่หมื่นล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2547) แยกเป็นการใช้ภายในประเทศ 15.30 ล้านตันข้าวเปลือก (สำนักส่งเสริมการเกษตร กรมการค้าภายใน, 2548) ส่งออกจำหน่าย 10.14 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 1.1 แสนล้านบาท โดยปริมาณการส่งออกนี้เป็นข้าวคุณภาพดี 7.36 ล้านตันข้าวสาร ส่วนที่เหลือเป็นข้าวคุณภาพปานกลาง และข้าวคุณภาพต่ำ (สำนักการค้าข้าวต่างประเทศ กรมการค้าต่างประเทศ, 2548)

ในปัจจุบันเกษตรกรนิยมใช้เครื่องเกี่ยวนวดสำหรับเก็บเกี่ยวอย่างแพร่หลาย (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2538ก) ซึ่งการใช้เครื่องดังกล่าวนี้ให้ได้ผลดีทั้งในด้านการลดความสูญเสียและการได้ข้าวเปลือกที่มีคุณภาพดีจำเป็นต้องทำการเก็บเกี่ยวในขณะที่ข้าวเปลือกมีความชื้นสูง (วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2540) จึงทำให้ในช่วงเก็บเกี่ยวมีข้าวเปลือกความชื้นสูงออกสู่ตลาดในระยะเวลาอันสั้นเกินกว่าจะตากหรือลดความชื้นได้ทันท่วงที ข้าวเปลือกความชื้นสูงเมื่อกองรวมกันโดยไม่ได้รับการจัดการดูแลอย่างถูกต้อง จะทำให้ข้าวเหลือง กลายเป็นข้าวคุณภาพต่ำในระยะเวลา 2-3 วัน (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2542) ซึ่งข้าวเปลือกความชื้นสูงมากกว่า 24 %wb ต้องลดความชื้นให้เสร็จภายใน 1 วัน ส่วนความชื้น 21 ถึง 24 %wb ต้องลดความชื้นให้เสร็จภายใน 2 วัน และความชื้น 21 %wb สามารถเก็บไว้ได้ประมาณ 3 วัน จากนั้นต้องนำไปลดความชื้น (อรรถพล นุ่มหอม, 2540) การเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือก มีสาเหตุจากกระบวนการหายใจของเมล็ด ซึ่งก่อให้เกิดความร้อนและไอน้ำเป็นจำนวนมาก จนอุณหภูมิภายในกองข้าวเพิ่มสูงขึ้นถึงระดับ 60 องศาเซลเซียส ทำให้โมเลกุลแป้งและน้ำตาลเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองหรือสีเหลืองปนน้ำตาล (อรอนงค์ ศรีพวงกุล, 2536; วินิต ชินสุวรรณ และคณะ, 2538ข; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2542) เรียกว่า "ข้าวฟันหนู" กลายเป็นข้าวสารคุณภาพต่ำไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ตลอดจนการเกิดไอน้ำเป็นสภาวะที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพได้ง่าย จากการเจริญเติบโตของแมลงและจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของกลิ่นเหม็นสาบ ดังนั้นจึงต้องลดความชื้นให้ลดลงเหลือ 14 %wb ซึ่งเป็นระดับที่ปลอดภัยในการเก็บรักษา (ไพฑูรย์ อุไรรงค์, กิติยา กิจควรดี, 2541) แต่เนื่องจากลานตากและเครื่องอบลดความชื้นมีไม่เพียงพอกับปริมาณข้าวเปลือกความชื้นสูงที่เก็บเกี่ยวในแต่ละวัน ทำให้มีข้าวเปลือกจำนวนมากที่ต้องนำมารวมกองกันไว้เพื่อรอการลดความชื้น ซึ่งอยู่ในสภาวะที่เสี่ยงต่อการเสื่อมคุณภาพ

การระบายอากาศให้แก่ข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงซึ่งบรรจุในถัง ทำให้ข้าวสารมีความขาวมากกว่า ข้าวที่ไม่ได้รับการระบายอากาศ (อรรถพร อภิวัฒนานุกูล และคณะ, 2538) และทำให้ข้าวมีอุณหภูมิใกล้กับอุณหภูมิแวดล้อม พร้อมทั้งมีความชื้นลดลง ในขณะที่การไม่ระบายอากาศทำให้อุณหภูมิของข้าวเพิ่มขึ้นถึง 60 องศาเซลเซียส (ไมตรี แนวพนิช และคณะ, 2540)

การชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูง โดยการทำให้ข้าวไหลเวียนในถังบรรจุ และพลิกกลับกองข้าวบนพื้นเป็นระยะ ๆ โดยเปรียบเทียบกับการทดลองกองข้าวโดยไม่ระบายอากาศ สำหรับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 27.5 %wb พบว่าข้าวที่ไหลเวียนมีความชื้นลดลงต่ำกว่า 16 %wb และไม่มีการเสื่อมคุณภาพ การพลิกกลับข้าวเปลือกเป็นระยะ ๆ ทำให้อุณหภูมิภายในกองข้าวไม่แตกต่างกันมากนักและใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศ พร้อมทั้งมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 20 %wb ส่วนข้าวที่กองโดยไม่มีการระบายอากาศ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงประมาณ 60 องศาเซลเซียส สำหรับคุณภาพของข้าวสารพบว่า ข้าวสารมีสีเหลืองปนน้ำตาลสำหรับข้าวเปลือกที่ไม่ระบายอากาศ ในขณะที่ข้าวสารจากการทำให้ข้าวเปลือกไหลเวียน และข้าวสารที่ได้จากการพลิกกลับข้าวเปลือกเป็นระยะ ๆ ยังคงเป็นสีขาวตามปกติ (วินิต ชินสุวรรณ และ

คณะ, 2538ข) นอกจากนี้ วินิต ชินสุวรรณ และลือพงษ์ ลือนาม (2545) ยังรายงานว่าการดูดระบายอากาศออกจากกองข้าวด้วยอัตราการไหล 0.5 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวเปลือก สามารถช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของข้าวเปลือกได้เป็นระยะเวลา 7 วัน แต่ยังพบว่าข้าวเปลือกที่อยู่ระหว่างปลายท่อดูดระบายอากาศและพื้นมีความชื้นค่อนข้างมากและมีราสีขาวเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากชั้นข้าวที่กองมีความหนามากเกินไป ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหนาที่เหมาะสมของข้าวเปลือกความชื้นสูงในการกองและดูดระบายอากาศเพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือกที่สามารถลดการเกิดข้าวเปลือกชื้นบริเวณพื้นกองและปลายท่อดูด และราที่ท่อดูดระบายอากาศ ใช้อัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลบ.ม./นาที–ลบ.ม. ข้าวเปลือก ความหนาของกองข้าวเปลือกที่ศึกษามี 3 ระดับ คือ 60 45 และ 30 เซนติเมตร โดยศึกษาเปรียบเทียบกับการกองข้าวซึ่งไม่มีการระบายอากาศ ดังภาพที่ 1 การทดสอบใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 ที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวด นำมากองภายในอาคาร 4 กอง กองละประมาณ 1,000 กิโลกรัม เป็นเวลา 7 วัน

ความหนาของข้าวทำการปรับโดยการใช้กรวยกลวงที่มีรูระบายอากาศและมีขนาดต่างกันใส่ไว้ในกลางกองข้าว ความหนาในการกองได้แก่ ระยะที่วัดจากผิวของกรวยไปตั้งฉากกับผิวนอกของกองข้าวเปลือก การวัดอุณหภูมิภายในกองข้าวดำเนินการโดยการฝังหัววัดอุณหภูมิจำนวน 15 หัว ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในกองข้าวดังแสดงในภาพที่ 2 โดยทำการบันทึกอุณหภูมิทุก ๆ 5 ชั่วโมง การสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกเพื่อวัดความชื้นและคุณภาพสำหรับทุกการทดสอบดำเนินการโดยการฝังถุงตัวอย่างข้าวเปลือกจำนวน 7 ถุง ตามแนวรัศมีฐานทรงกรวย รอบจุดศูนย์กลางกองข้าว ดังภาพที่ 3 ซึ่งมีตำแหน่งของถุงเก็บตัวอย่างข้าว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง ของข้าวกองที่ไม่มีการระบายอากาศและข้าวกองที่มีความหนา 60 45 และ 30 เซนติเมตร ดังแสดงในภาพที่ 4 ถึงภาพที่ 6 ถุงตัวอย่างข้าวเปลือกนี้ทำการสุ่มออกจากกองข้าวเพื่อนำมาหาความชื้นและคุณภาพของข้าวเปลือกกองละ 1 ถุงในแต่ละวัน ณ เวลา 13.00 น.

ค่าชี้ผลการทดสอบ ได้แก่ อุณหภูมิภายในกองข้าว ความชื้นของข้าวเปลือกภายในกองข้าว คุณภาพข้าวเปลือกภายหลังการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวต้น เปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวม และความขาวของข้าวสาร) และการเกิดเชื้อราในกองข้าว

ผลการศึกษา

การศึกษาโดยใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท 1 ซึ่งมีความชื้นเริ่มต้น 24.0 %wb โดยที่ในระหว่างการทดสอบสภาพอากาศแวดล้อมมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 25.5 ถึง 36.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 37.9 ถึง 82.6 เปอร์เซ็นต์ พบว่า อุณหภูมิภายในกองข้าวในช่วงเริ่มต้นของทุกการทดลองมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ดังภาพที่ 7 โดยที่กองข้าวที่ไม่มีการระบายอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกองข้าวอีก 3 กองที่มีการระบายอากาศ

การดูดระบายอากาศออกจากกองข้าวที่มีความหนาข้าวเปลือกต่าง ๆกัน คือ 30 45 และ 60 เซนติเมตร สามารถช่วยระบายความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิภายในกองข้าวลงได้ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอากาศแวดล้อมภายในระยะเวลาประมาณ 5 10 และ 20 ชั่วโมง ตามลำดับ (ภาพที่ 8 ถึง 10) สำหรับกองข้าวที่ไม่มีการระบายอากาศเกิดการสะสมความร้อนภายในกองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลอง และอุณหภูมิภายในกองข้าวเพิ่มสูงขึ้นถึง 52 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 120 ชั่วโมง ดังภาพที่ 11 ในขณะที่ข้าวที่มีการดูดระบายอากาศทั้ง 3 กอง มีอุณหภูมิบริเวณกลางกองสม่ำเสมอและใกล้เคียงกัน โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28 ถึง 30 องศาเซลเซียส

สำหรับความชื้นของข้าวเปลือกโดยเฉลี่ยพบว่ามีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการทดลอง ดังภาพที่ 12 โดยในการทดลองที่มีความหนาข้าว 30 เซนติเมตร มีอัตราการลดลงของความชื้นข้าวเปลือกเฉลี่ยมากที่สุดประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองและทำการรื้อกองข้าวพบว่า กองข้าวที่ไม่มีการระบายอากาศข้าวเปลือกเสียหายทั่วทั้งกอง เกิดข้าวเปลือกชื้นบริเวณกลางและพื้นกอง มีข้าวงอก น้ำและราบริเวณพื้นกองจำนวนมาก ข้าวเปลือกที่ได้มีสีคล้ำและส่งกลิ่นเหม็น การทดลองดูดระบายอากาศที่มีความหนาข้าว 60 เซนติเมตร พบข้าวเปลือกชื้นและราบริเวณกลางกองที่ท่อดูด การทดลองดูดระบายอากาศที่มีความหนาข้าว 45 เซนติเมตร พบข้าวเปลือกชื้นและราบริเวณด้านบนของกองที่ท่อดูด ขณะที่การทดลองดูดระบายอากาศที่มีความหนาข้าว 30 เซนติเมตร ไม่พบรา แต่พบว่ามีข้าวเปลือกชื้นเกิดบริเวณด้านบนของกองรอบท่อดูด และทั้ง 2 การทดลองคือ การทดลองดูดระบายอากาศที่มีความหนาข้าว 45 และ 30 เซนติเมตร ไม่พบว่ามีข้าวเปลือกชื้นและราเกิดขึ้นบริเวณกลางกอง

การเปรียบเทียบคุณภาพของข้าวเปลือกทั้งเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น เปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวม และความขาวของข้าวสาร ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นและเปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมสำหรับแต่ละการทดลองในแต่ละวันที่ทำการสุ่มตัวอย่างมีค่าแตกต่างกันบ้างทางสถิติ แต่ความแตกต่างมีค่าไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอุณหภูมิในกองข้าวที่ไม่มีการระบายอากาศมีค่าไม่สูงมากนัก ในขณะที่ความขาวของข้าวสารโดยเปรียบเทียบก็มีรูปแบบเช่นเดียวกัน แต่กองข้าวที่มีความหนา 30 เซนติเมตร และมีการดูดระบายอากาศมีความขาวของข้าวสารสูงกว่าการทดลองแบบอื่น ๆ อย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่มีการระบายอากาศหลังการทดสอบเป็นระยะเวลา 7 วัน

สรุปผลการศึกษา

การดูดระบายอากาศออกจากกองข้าวเปลือกความชื้นเริ่มต้น 24.0 %wb ด้วยอัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลบ.ม./นาที-ลบ.ม.ของข้าวเปลือก สำหรับกองข้าวเปลือกที่มีความหนา 60 45 และ 30 เซนติเมตร ช่วยลดอุณหภูมิภายในกองข้าวให้ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าอากาศแวดล้อมได้ภายในเวลาประมาณ 20 10 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ ทั้งยังสามารถรักษาคุณภาพข้าวเปลือกไม่ให้เสียหายเนื่องจากการสะสมความร้อนภายในกองข้าว และช่วยลดความชื้นข้าวเปลือกภายในกองให้ต่ำลง ขณะที่การกองข้าวโดยไม่ระบายอากาศ อุณหภูมิภายในกองเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทดลองและมีการสะสมความร้อนทั่วทั้งกอง โดยมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 52 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 7 วัน และรื้อกองข้าวพบว่าการดูดระบายอากาศที่มีความหนาข้าว 60 เซนติเมตร มีข้าวเปลือกชื้นและราเกิดขึ้นบริเวณกลางกองรอบท่อดูดระบายอากาศ ส่วนกองข้าวที่มีความหนา 45 เซนติเมตร ก็พบข้าวเปลือกชื้นและราเกิดขึ้นเช่นกัน แต่มีปริมาณน้อยกว่า สำหรับกองข้าวที่ความหนา 30 เซนติเมตร พบข้าวเปลือกชื้นบ้างเช่นกัน แต่ไม่พบการเกิดรา ในขณะที่การกองข้าวโดยไม่ระบายอากาศพบข้าวเปลือกชื้นและราเกิดขึ้นกระจายทั่วทั้งกอง โดยพบมากบริเวณกลางกองและพื้นกอง

ดังนั้นการชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยใช้วิธีดูดระบายอากาศออกจากกองข้าวด้วยอัตราการไหลของอากาศ 0.5 ลบ.ม./นาที-ลบ.ม.ของข้าวเปลือก จึงควรใช้ความหนาของข้าวไม่เกิน 30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถลดการเกิดข้าวเปลือกชื้นและราในกองข้าว ตลอดจนสามารถคงคุณภาพของข้าวเปลือกไว้ได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 7 วัน

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้การสนับสนุนการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

ไพฑูรย์ อุไรรงค์, กิติยา กิจควรดี. การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ. ใน: **เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรเทคโนโลยีการผลิตข้าวหอมมะลิคุณภาพดี**. กรมวิชาการเกษตรและกรมส่งเสริมสหกรณ์; 2541. หน้า 139-176.

ไมตรี แนวพนิช, นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล, พิมล วุฒิสินธ์, เวียง อากรชี. **การพัฒนาวิธีชะลอการเสื่อมสภาพของข้าวเปลือกความชื้นสูง** ใน: รายงานผลเสนอใน การประชุมสัมมนาวิชาการ. โรงแรมเจ้าพระยาปาร์ค; 20-21 มีนาคม 2540. กรุงเทพฯ. กองเกษตรวิศวกรรม. 2540.

วินิต ชินสุวรรณ และ ลือพงษ์ ลือนาม. การชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูงโดยการระบายอากาศออกจากกองข้าว. ***วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร.*** 2545; 33(6 พิเศษ): 254-260.

วินิต ชินสุวรรณ, สุเนตร โม่งปราณีต, สุรเวทย์ กฤษณะเศรณี และพินัย ทองสวัสดิ์วงศ์. **การศึกษาเพื่อปรับปรุงวิธีการเก็บเกี่ยว**. รายงานผลการศึกษาเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2538ก.

วินิต ชินสุวรรณ, วิเชียร เฮงสวัสดิ์, ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. **การศึกษาเพื่อปรับปรุงการตากแผ่ข้าวหลังการเกี่ยวและการชะลอการเสื่อมคุณภาพข้าวเปลือกความชื้นสูงในระดับเกษตรกร.** รายงานผลการศึกษาเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว). มหาวิทยาลัยขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2538ข.

สำนักการค้าข้าวต่างประเทศ กรมการค้าต่างประเทศ. (2548). **สถานการณ์ข้าวโลกเดือนมิถุนายน 2548**. ค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2548, จาก http://www.dft.moc.go.th/level4Frame.asp?sPage= the_file/$$8/level4/ricesituation.rtf&level4=640

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2547). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2547**. ค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2548, จาก http://www.oae.go.th/statistic/yearbook/2003.

สำนักส่งเสริมการเกษตร กรมการค้าภายใน. (2548). **ภาวะสินค้าที่มีนัยสำคัญต่อการส่งออก**. ค้นเมื่อ 22 กรกฎาคม 2548, จาก http://www.dit.go.th/agriculture/product/agri_1/agri_1_0248.html.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. **ชุดโครงการ "ข้าว พืชไร่สำคัญ และพืชอุตสาหกรรม"**. เอกสารประกอบสัมมนาวิชาการครั้งที่ 3; 17-18 สิงหาคม 2542; โรงแรมท๊อปแลนด์ พิษณุโลก. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]; 2542.

อรรถพร อภิวัฒนานุกูล, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และทิพาพร อยู่วิทยา. การชะลอความเสียหายของข้าวเปลือกชื้นโดยการระบายอากาศ. ใน: **รายงานการประชุมเครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ**. โรงแรมแกรนด์จอมเทียนพาเลส; 29 มิถุนายน-1 กรกฎาคม 2538; ชลบุรี. สำนักงานคณะกรรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์; 2538.

อรรถพล นุ่มหอม. การใช้เทคโนโลยีกับการพัฒนาคุณภาพข้าว ใน: **รายงานสัมมนามาตรฐานข้าวไทยสู่ความเป็นหนึ่ง**. โรงแรมรอยัลปริ๊นเซสโคราช; 5 เมษายน 2540; นครราชสีมา. กรุงเทพฯ. กรมการค้าภายในกระทรวงพาณิชย์; 2540.

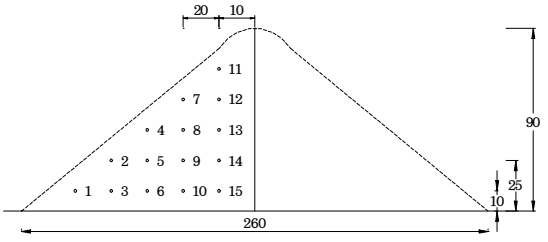
อรอนงค์ ศรีพวงกุล. **การศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยวิธีฟลูอิดไดซ์เบดอย่างต่อเนื่อง**. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร]. กรุงเทพฯ: วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2536.

ตารางที่ 1 คุณภาพข้าวเปลือกเฉลี่ยสำหรับแต่ละการทดลอง

รูปแบบการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเฉลี่ยแต่ละวันของการทดลอง						
	1	2	3	4	5	6	7
ไม่มีการระบายอากาศ	47.63a	49.17b	48.81b	47.89a	48.11a	48.89b	48.14a
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 60 ซม.	48.28b	48.73ab	48.67b	48.90b	47.91a	48.89b	48.80b
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 45 ซม.	48.52b	48.87ab	47.89a	48.75b	48.75b	47.51a	48.85b
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 30 ซม.	48.76b	48.58a	47.89a	49.62c	49.04b	47.72a	48.98b
รูปแบบการทดลอง	เปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมเฉลี่ยแต่ละวันของการทดลอง						
	1	2	3	4	5	6	7
ไม่มีการระบายอากาศ	63.60a	64.54b	64.82b	64.13a	64.01ab	64.25b	63.58a
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 60 ซม.	64.34bc	63.78a	64.27ab	65.06c	63.59a	64.05b	64.20a
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 45 ซม.	64.27b	64.16ab	63.81a	64.50b	64.29bc	63.05a	63.50a
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 30 ซม.	64.79c	63.91a	64.00a	65.08c	64.63c	63.55ab	63.99a
รูปแบบการทดลอง	ความขาวของข้าวสารเฉลี่ยแต่ละวันของการทดลอง						
	1	2	3	4	5	6	7
ไม่มีการระบายอากาศ	50.53ab	49.53a	48.93ab	48.27a	48.23a	48.07a	48.17a
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 60 ซม.	50.43a	49.33a	49.63bc	48.77a	49.57b	49.63b	49.37b
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 45 ซม.	50.77ab	49.53a	48.60a	48.67a	49.10ab	49.23b	48.87ab
กองข้าวบนชั้นไม้ มีการดูดระบายอากาศที่ ความหนาข้าว 30 ซม.	51.10b	50.73b	50.57c	51.53b	50.93c	50.50c	51.07c

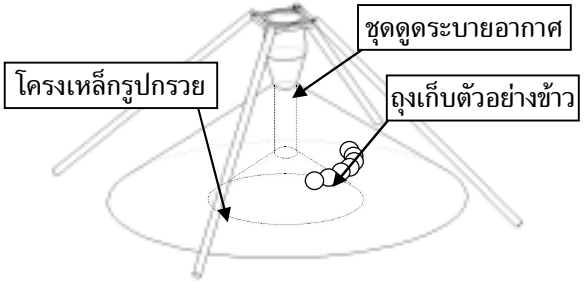
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 5 เปอร์เซ็นต์

ภาพที่ 1 การทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก

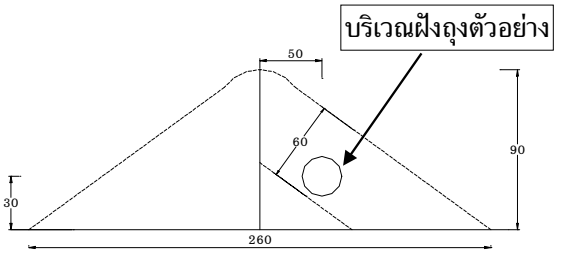


หน่วย : เซนติเมตร

ภาพที่ 2 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในกองข้าว

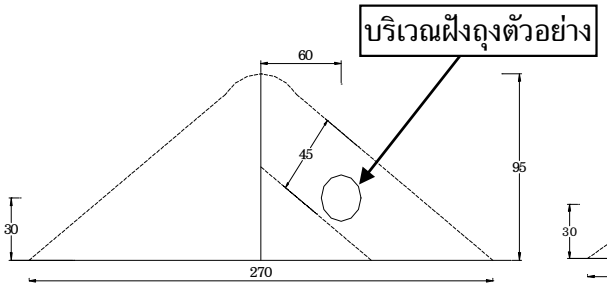


ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่ฝังถุงเก็บตัวอย่างข้าว

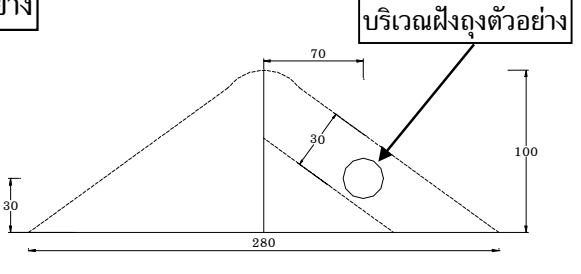


หน่วย : เซนติเมตร

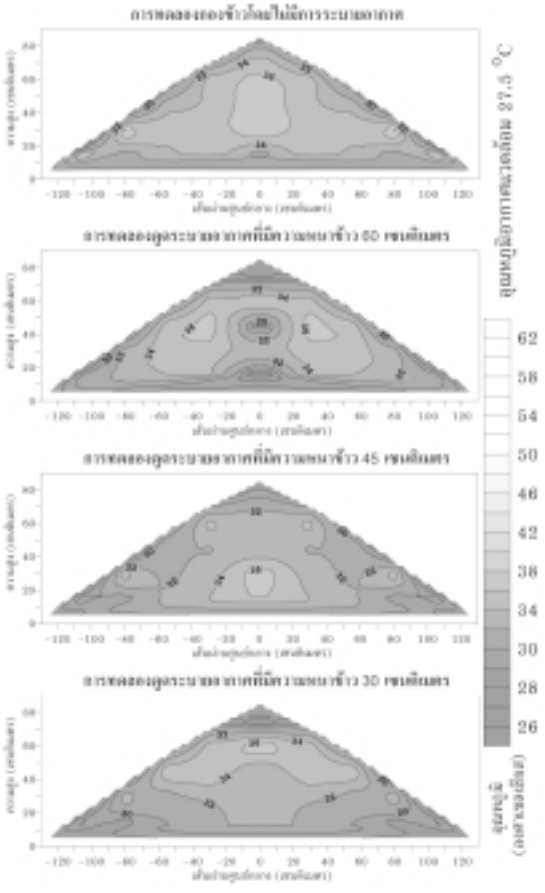
ภาพที่ 4 ตำแหน่งของถุงเก็บตัวอย่างข้าว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูง สำหรับการทดลองที่ไม่มีการระบายอากาศ และมีความหนาของข้าวเปลือก 60 ซม.



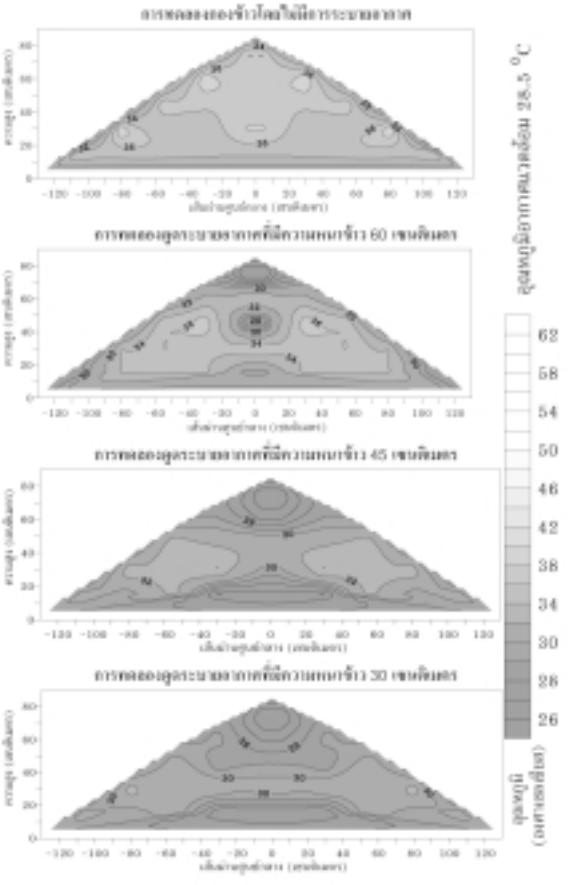
ภาพที่ 5 ตำแหน่งของถุงเก็บตัวอย่างข้าว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง สำหรับการทดลองที่มีความหนาของข้าวเปลือก 45 ซม.



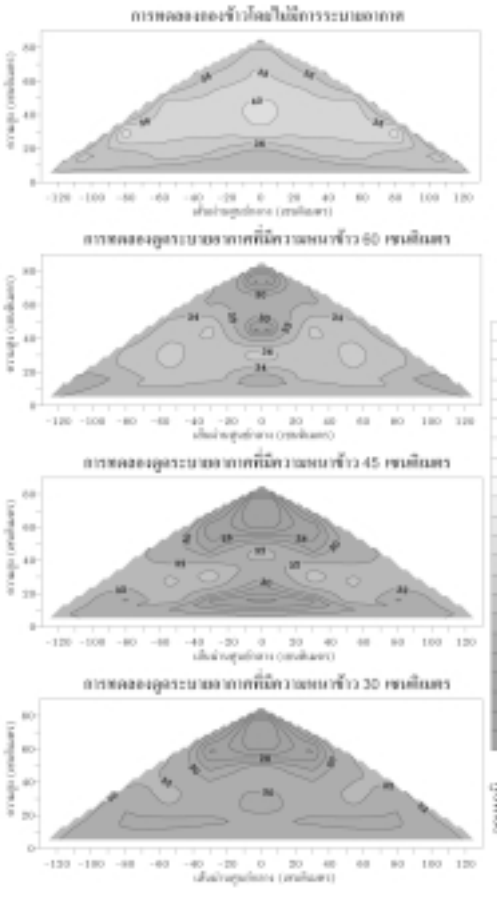
ภาพที่ 6 ตำแหน่งของถุงเก็บตัวอย่างข้าว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง สำหรับการทดลองที่มีความหนาของข้าวเปลือก 30 ซม.



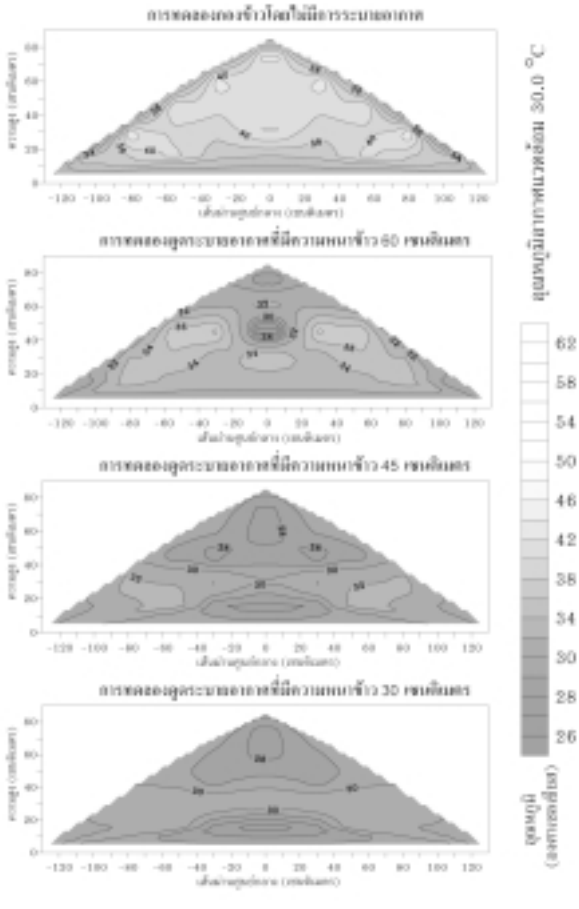
ภาพที่ 7 เส้นระดับอุณหภูมิภายในกองข้าวเมื่อเริ่มทดลอง สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก



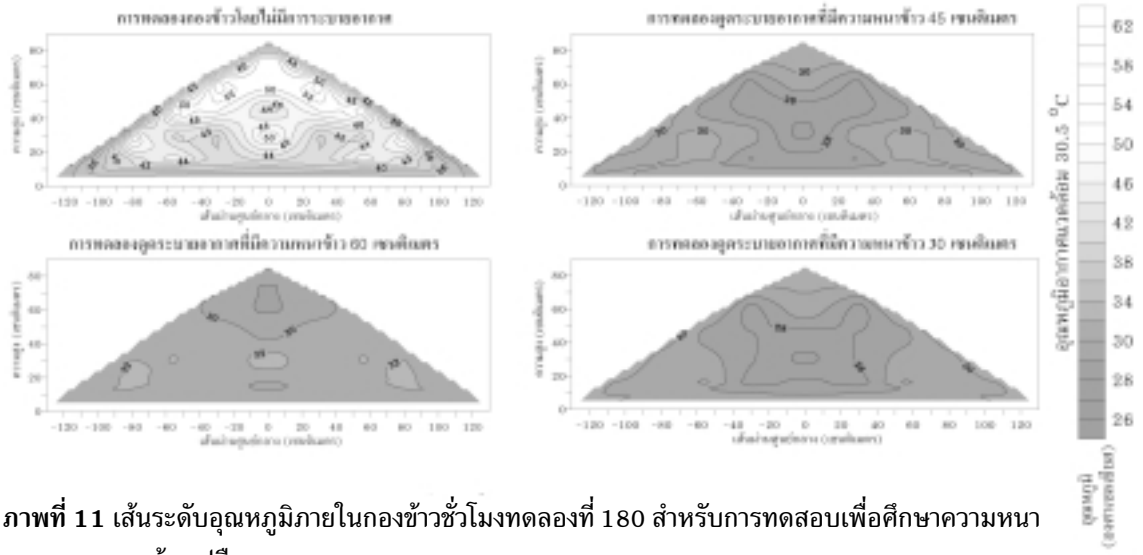
ภาพที่ 8 เส้นระดับอุณหภูมิภายในกองข้าวชั่วโมงทดลองที่ 5 สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก



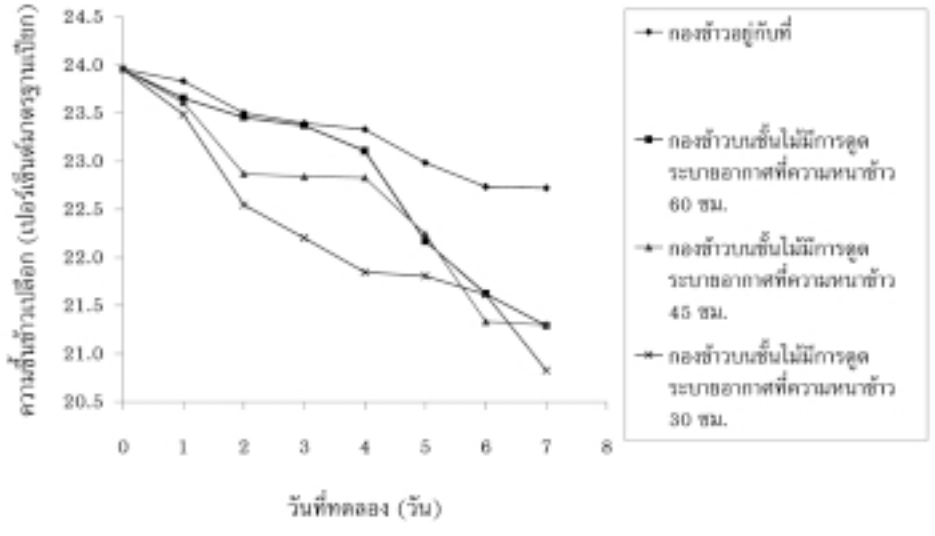
ภาพที่ 9 เส้นระดับอุณหภูมิภายในกองข้าวชั่วโมงทดลองที่ 10 สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก



ภาพที่ 10 เส้นระดับอุณหภูมิภายในกองข้าวชั่วโมงทดลองที่ 20 สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก



ภาพที่ 11 เส้นระดับอุณหภูมิภายในกองข้าวชั่วโมงทดลองที่ 180 สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก



ภาพที่ 12 ความชื้นข้าวเปลือกเฉลี่ยภายในกองระหว่างการทดลอง สำหรับการทดสอบเพื่อศึกษาความหนาของข้าวเปลือก