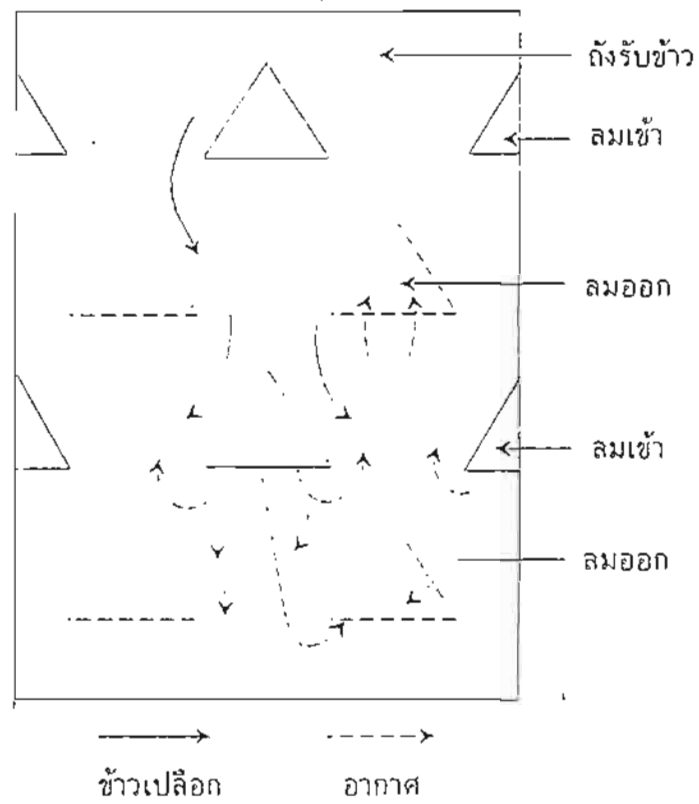
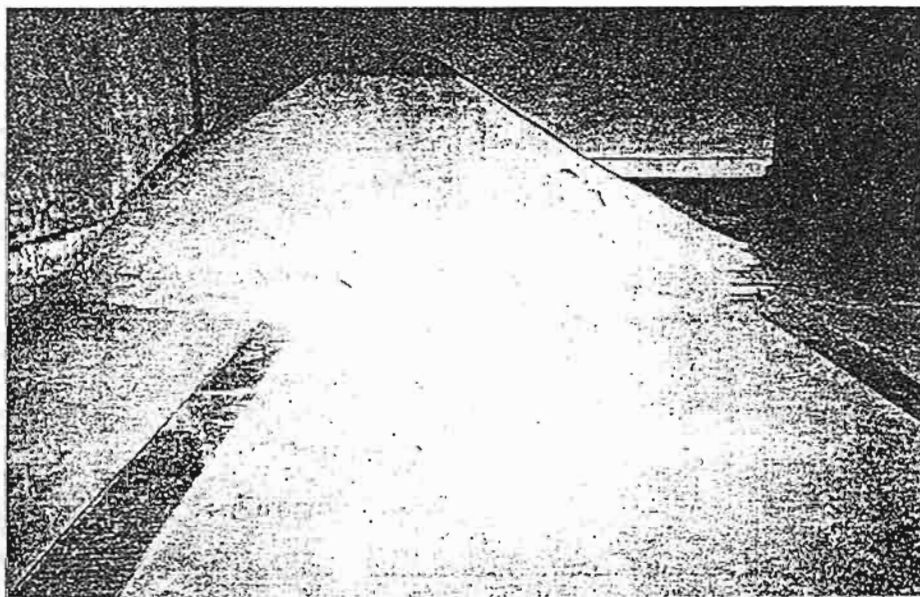
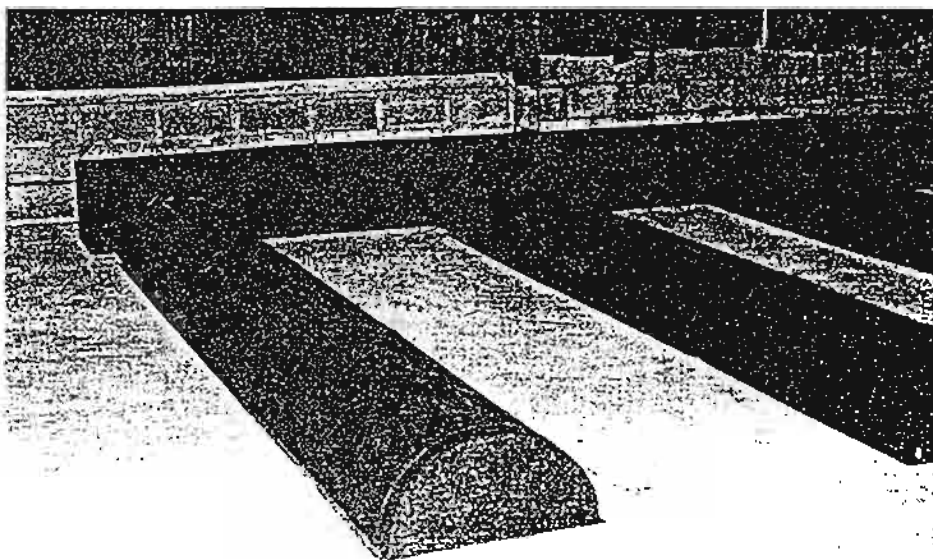




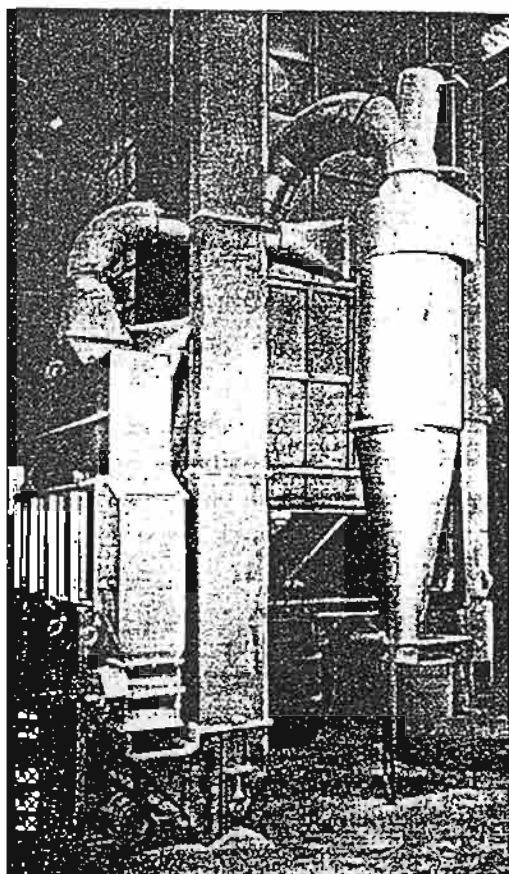
รูปที่ ๓ เครื่องอบแห้งแบบไหลต่อเนื่อง-คลุกเคล้า (LSU)



รูปที่ ๔ ท่อลมใต้พื้นสำหรับการอบแห้งในดวงเก็บ



รูปที่ ๕ ท่อลมบนพื้นสำหรับการอบแห้งในกลางแจ้ง



รูปที่ ๖ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือก
แบบฟลูอิดาเซชัน



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก. ฝ่ายประยุกต์และถ่ายทอดงานวิจัย โทร. 5795548 368

ที่ ทม 0415.04/ ๕/๖ วันที่ 4 พฤศจิกายน 2539

เรื่อง การเสนอเรื่องลงในวิทยาสารเกษตรศาสตร์

เรียน นายอดิศักดิ์ นาถกรณกุล

ตามที่ท่านได้ส่งเรื่อง การขอเสนอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยการระบายอากาศ เพื่อให้พิจารณาจัดพิมพ์เผยแพร่ในวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการได้พิจารณาเรื่องของท่านแล้ว และเห็นสมควรให้ตีพิมพ์ในวิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2539 ซึ่งกำลังดำเนินการพิมพ์อยู่

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(นางอรรณ วงษ์วานิช)

เลขานุการคณะกรรมการจัดทำวิทยาสารเกษตรศาสตร์
และเอกสารทางวิชาการ

การชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยการระบายอากาศ

DELAY OF DETERIORATION OF WET PADDY BY VENTILATION

อรรถพร อภิวัฒนานุกุล¹ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์²

Athaporn Apivathananukul¹ Somchart Sophonronnarit²

ทิพาพร อยู่วิทยา³ อติศักดิ์ นาทกรณกุล²

Tipaporn Ouwithaya³ Adisak Nathakaranakule²

ABSTRACT

The objective of this research was to study the delay of deterioration of wet paddy by ventilation with cool air ($15\pm 8^{\circ}\text{C}$) and ambient air ($30\pm 8^{\circ}\text{C}$), continuous and intermittent basis. Initial moisture content of paddy was 21.0, 22.2 and 26.0% wet-basis. Air flow rate was $0.35 \text{ m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^3$ of paddy. Paddy could be cooled down to 20°C and to near ambient air temperature within one day by cool air and ambient air ventilation respectively. The quality of paddy could be maintained at acceptable level more than one month, either cool air ventilation or ambient air ventilation. Quality of paddy in terms of whiteness was better for paddy ventilated with cool air.

1. นักศึกษาปริญญาโท (Graduate student)

2. คณะพลังงานและวัสดุ (School of Energy and Materials)

3. คณะวิศวกรรมศาสตร์ (Faculty of Engineering)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนสุขสวัสดิ์ 48 กรุงเทพฯ 10140

King Mongkui's Institute of Technology Thonburi, Suksawat 48 Rd., Bangkok 10140, Thailand

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาถึงการชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยการระบายอากาศ อากาศที่ใช้เป่ามี 2 อย่างคือ อากาศเย็นอุณหภูมิ $15\pm 8^{\circ}\text{C}$ และอากาศแวดล้อมอุณหภูมิ $30\pm 8^{\circ}\text{C}$ โดยแบ่งลักษณะการเป่าอากาศเข้ากองข้าวเปลือกออกเป็น 2 วิธีคือ การเป่าอากาศอย่างต่อเนื่อง และการเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน ทดสอบกับข้าวเปลือกความชื้น 21.0%

22.2% และ 26.0% มาตรฐานเปียก อัตราการไหลของอากาศ 0.35 ม³/นาที่-ม³ ของข้าวเปลือก จากการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้นลดลงเหลือ 20°C ภายใน 1 วัน และข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่องอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้นลดลงมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมภายใน 1 วัน คุณภาพของข้าวเปลือกสามารถรักษาให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้นานกว่า 1 เดือนไม่ว่าจะเป่าด้วยอากาศเย็นหรืออากาศแวดล้อม เมื่อพิจารณาคุณภาพข้าวเปลือกหลังการสี ในแง่ของความขาว พบว่า การเป่าด้วยอากาศเย็นให้คุณภาพข้าวเปลือกดีกว่าการเป่าด้วยอากาศแวดล้อม

คํานํา

โดยทั่วไปเกษตรกรจะเก็บเกี่ยวข้าวเมื่อข้าวมีความชื้นอยู่ในช่วง 18.0-26.0% มาตรฐานเปียก ซึ่งความชื้นระดับนี้จะถูกทำลายได้โดยง่ายจากเชื้อจุลินทรีย์โดยเฉพาะเชื้อรา และความร้อนที่เกิดขึ้นจากการหายใจของเมล็ดพืชเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คุณภาพข้าวลดลง ระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาหรือก่อนนำไปสัอยู่ในช่วง 12.0-14.0% มาตรฐานเปียก ดังนั้นข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวจะต้องนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้งเพื่อให้ได้ความชื้นที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ปัจจุบันมีการนำเครื่องอบแห้งมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งข้าวเปลือกอย่างกว้างขวาง แต่ขีดความสามารถของเครื่องอบแห้งมีจำกัดไม่สามารถอบแห้งข้าวเปลือกจำนวนมากให้หมดภายในเวลาที่ต้องการ ทำให้เกิดความเสียหายต่อข้าวเปลือกขึ้นที่รอการอบแห้งอันเนื่องมาจากเชื้อรา และความชื้นที่เกิดขึ้นและสะสมอยู่ในกองข้าวเปลือก

Phillips et al. (1988) ศึกษาการเสื่อมของข้าวระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา โดยทดสอบกับข้าวเปลือกที่ความชื้น 22.0% มาตรฐานเปียก อัตราการไหลของอากาศ 1.5 ม³/นาที่-ตันของข้าวเปลือก จากการศึกษพบว่า การลดความชื้นข้าวเปลือกให้เหลือ 14.0% มาตรฐานเปียกใช้เวลามากกว่า 8 สัปดาห์ ความเสื่อมของข้าวจะสังเกตได้อย่างชัดเจนเมื่อเวลาผ่านไป 5 สัปดาห์ และเมื่อเวลาผ่านไป 365 วัน ความเสื่อมของข้าวจะสูงถึง 4.5-5.5% นอกจากนี้ยังพบเชื้อราในกองข้าวเช่น *Aspergillus*, *Penicillium* และ *Rhizopus* ความสัมพันธ์ระหว่างความเสื่อมของข้าวกับการเจริญของเชื้อรายังไม่สามารถสรุปได้ในขณะนี้

Phillips et al. (1989) ศึกษาความเสื่อมของข้าวระหว่างการทำให้แห้ง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 แบบ ดังนี้

- แบบที่ 1. ข้าวเปลือกขึ้นกองผึ่งในอากาศแวดล้อมในที่โล่ง และในโกดัง
- แบบที่ 2. ข้าวเปลือกขึ้นบรรจุในกระสอบกองผึ่งในที่โล่ง และในโกดัง
- แบบที่ 3. ข้าวเปลือกอบแห้งกองผึ่งในอากาศแวดล้อมในที่โล่ง และในโกดัง
- แบบที่ 4. ข้าวเปลือกอบแห้งบรรจุในกระสอบผึ่งในที่โล่ง และในโกดัง

ทดสอบกับข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นมากกว่า 20.0% มาตรฐานเปียก อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 44-84% จากการตรวจสอบความเหลืองของข้าวที่เวลาต่างๆ โดยวิธีการสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า การทดลองแบบที่ 1 และแบบที่ 2 บริเวณกึ่งกลางกองข้าวเปลือกมีความเหลืองของข้าวสูงถึง 100% และเกิดเชื้อราอย่างรุนแรง โดยพบว่าความเหลืองของข้าวเกิดขึ้นภายใน 5 วัน และเชื้อราเกิดขึ้นภายใน 2 วัน และอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกสูงถึง 65°C เมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน สำหรับการทดลองแบบที่ 4 พบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน อุณหภูมิของกองข้าวเปลือกวัดได้ 40°C ความเหลืองของข้าวเปลี่ยนแปลงน้อยมาก(1-3%) เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทั้ง 4 แบบ พบว่าการทดลองแบบที่ 2 จะมีความเหลืองของข้าวเปลือกสูงกว่าการทดลองแบบที่ 1 แบบที่ 4 และแบบที่ 3 ตามลำดับ

Maier et al. (1993) ศึกษาการระบายอากาศในกองข้าวเปลือกโดยใช้อากาศเย็น และอากาศแวดล้อม ข้าวเปลือกบรรจุในถังไซโลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ม. สูง 10 ม. ข้าวเปลือกมีความชื้น 13.0% มาตรฐานเปียก อัตราการไหลของอากาศ $0.05\text{--}0.5 \text{ m}^3/\text{นาท}\cdot\text{ตัน}$ ของข้าวเปลือก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความชื้นของข้าวเปลือก จากการศึกษพบว่า การระบายอากาศอย่างต่อเนื่องโดยใช้อากาศเย็นสามารถทำให้อุณหภูมิกองข้าวเปลือกลดลงเหลือ 15°C ใช้เวลา 110-144 ชม. ความชื้นของข้าวเปลือกลดลงเล็กน้อย การระบายอากาศอย่างต่อเนื่องโดยใช้อากาศแวดล้อมไม่สามารถทำให้อุณหภูมิกองข้าวเปลือกลดลงถึง 25°C ทั้งในฤดูฝนและฤดูร้อน(เป็นอากาศภาคกลางของประเทศไทย 1988-1989) และได้ศึกษาการระบายอากาศโดยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมแบบเป็นช่วงๆ โดยวิธีควบคุมการทำงานของพัดลม(ให้ทำงานเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำกว่า 75%) พบว่าวิธีระบายอากาศโดยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิของกองข้าวเปลือกสูงกว่า 26°C ความชื้นลดลง 0.8% จากความชื้นเริ่มต้น และใช้พลังงานน้อยกว่าวิธีการระบายอากาศอย่างต่อเนื่องถึง 38-64%

Bason et al. (1989) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิ Water activity และส่วนประกอบของอากาศ(O_2 , CO_2) ต่อความเหลืองของข้าว จากการศึกษพบว่า อุณหภูมิ และ Water activity มีอิทธิพลต่อความเหลืองของข้าว O_2 มีอิทธิพลต่อความเหลืองของข้าวเล็กน้อย ส่วน CO_2 ไม่มีอิทธิพลต่อความเหลืองของข้าว

Thanh (1995) ศึกษาความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้นโดยการระบายอากาศแบบไม่ต่อเนื่อง อัตราการไหลของอากาศ $1.8 \text{ m}^3/\text{นาท}\cdot\text{ม}^3$ ของข้าวเปลือก ข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้น 20.0-29.0% มาตรฐานเปียก จากการศึกษพบว่า ในการเป่าอากาศเป็นช่วงๆ 49-50 ชม. ข้าวเปลือกความชื้น 20.0% สามารถเก็บรักษาได้ 15 วัน ข้าวเปลือกความชื้น 24.0% สามารถเก็บรักษาได้ 6-7 วัน และข้าวเปลือกความชื้น 29.0% สามารถเก็บรักษาได้ 4-6 วัน

จากที่มีผู้ศึกษามาพบว่า การเก็บรักษาข้าวเปลือกให้มีคุณภาพดีนั้นมีปัจจัยหลายอย่างที่ควรคำนึงถึงเช่น ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก อุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือก และความเสียหายจากการเจริญของเชื้อรา การระบายอากาศในกองข้าวเปลือกเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกได้นานขึ้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการระบายอากาศโดยการเป่าอากาศเย็นและโดยการเป่าอากาศด้วยอากาศแวดล้อมเข้ากองข้าวเปลือกขึ้นที่มีต่อคุณภาพของข้าวเปลือกระหว่างรอคอยการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

Figure 1 แสดงถึงบรรจุข้าวเปลือกและระบบการเป่าอากาศ ดังบรรจุข้าวเปลือกเป็นถังเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 57 ซม. สูง 86 ซม. ด้านบนถังเป็นฝาเปิดปิด ส่วนตอนล่างของถังเป็นห้องลมสูง 20 ซม. ช่องต่อระหว่างตอนบนและตอนล่างมีแผ่นตะแกรงเหล็กสำหรับรองรับข้าวเปลือก(พื้นที่ระบายอากาศ 35.6%) ตัวถังหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วกันความร้อนหนา 2 นิ้ว ส่วนถังที่เป่าอากาศเย็นจะหุ้มฉนวนใยแก้วกันความร้อนที่ห่อด้วย ระบบที่เป่าด้วยอากาศเย็นประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ขนาด 946 วัตต์ พัดลมคอยล์ร้อน 44 วัตต์ และพัดลมคอยล์เย็น 44 วัตต์ ส่วนระบบที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมใช้พัดลมแบบเหวี่ยงขนาด 88 วัตต์

ทำการทดสอบกับข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 21.0% 22.2% และ 26.0% มาตรฐานเปียก การเตรียมตัวอย่างข้าวเปลือก ถ้าข้าวเปลือกที่นำมาทดลองมีความชื้นต่ำกว่าระดับที่ต้องการจะต้องนำมาปรับความชื้นให้ได้ก่อนโดยนำมาพรมน้ำแล้วใช้พลาสติกคลุมทิ้งไว้ 24 ชม. ก่อนนำมาทดลอง ซึ่งข้าวเปลือกบรรจุลงถัง ถึงละ 80 กก. โดยแบ่งการทดลองออกดังนี้คือ ที่ความชื้น 22.2% และ 26.0% เป่าด้วยอากาศเย็นอย่างต่อเนื่องและเป่าด้วยอากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง ที่ความชื้น 21.0% เป่าด้วยอากาศเย็นเฉพาะช่วงกลางวัน(9.00 น. ถึง 17.00 น.) และเป่าด้วยอากาศแวดล้อมเฉพาะช่วงกลางวัน(9.00 น. ถึง 17.00 น.) อากาศเย็นที่ใช้มีอุณหภูมิ $15 \pm 8^{\circ}\text{C}$ และอากาศแวดล้อมที่ใช้มีอุณหภูมิ $30 \pm 8^{\circ}\text{C}$ อัตราการไหลอากาศ $0.35 \text{ m}^3/\text{นาที่}\cdot\text{m}^3$ ของข้าวเปลือก ในระหว่างการทดลองวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของข้าวเปลือกตรงกลางถังที่ระดับความสูงต่างๆกัน(ห่างกันระดับละ 17 ซม.) ทุกๆ 2 ชม. วัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าถัง โดยใช้สายเทอร์โมคัปเปิล Type K ต่อเข้ากับเครื่องบันทึกข้อมูล(ความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$) ในระหว่างการทดลองเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากชั้นต่างๆมาทดสอบคุณภาพข้าวเปลือกหลังการสี โดยพิจารณาในแง่ของเปอร์เซ็นต์ข้าวคั้นและความขาว โดยใช้เครื่องสีข้าว Satake และเครื่องขัดขาว McGill Miller No. 2 ส่วนความขาวของข้าววัดโดยใช้เครื่อง Kett Whiteness Meter model C-300 ความชื้นของข้าวเปลือกหาโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 72-96 ชม. ตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บมาทดสอบคุณภาพการสี

จะต้องนำมาลดความชื้นให้เหลือ 14.0% มาตรฐานเปียก โดยนำมาเป่าให้แห้งทันทีด้วยอากาศแวดล้อมแล้วจึงนำมาสีพร้อมกัน

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือก

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกในระหว่างการเก็บรักษา จากการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นอย่างต่อเนื่อง อุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้น(22.2% และ 26.0% มาตรฐานเปียก) ลดลงเหลือ 20°C ภายใน 1 วัน และข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกทั้งสองความชื้นลดลงใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อม ภายใน 1 วันเช่นกัน ดังแสดงใน Figures 2 และ 3 ส่วนการเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน (9.00น.ถึง 17.00 น.) พบว่า ข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 15-25°C และข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกอยู่ในช่วง 25-33°C ดังแสดงใน Figure 4 สาเหตุที่ข้าวเปลือกที่เป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวันหลังจากหยุดเป่าแล้ว อุณหภูมิกองข้าวเปลือกสูงขึ้นเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการหายใจของเมล็ดพืช ความแตกต่างของอุณหภูมิข้าวเปลือกแต่ละชั้นเกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน

การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในกองข้าวเปลือก

จากผลการทดลองพบว่าไม่ว่าจะเป็นการระบายอากาศอย่างต่อเนื่องหรือการระบายอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน พบว่า นอกจากจะสามารถลดอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกแล้วยังสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกในขณะเดียวกันด้วย

ตารางที่ 1 แสดงค่าความชื้นของข้าวเปลือกที่ลดลงโดยวิธีการเก็บรักษาแบบต่างๆ เป็นเวลา 34 วัน (ช่วงเวลาการทดลองต่างกัน สำหรับระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่แตกต่างกัน)

อากาศ	โดยวิธี	ความชื้นเริ่มต้น (% w.b)	ความชื้นสุดท้าย (% w.b)
อากาศเย็น	เป่าอย่างต่อเนื่อง	22.2	14.2
		26.0	14.4
อากาศแวดล้อม	เป่าอย่างต่อเนื่อง	22.2	18.0
		26.0	15.3
อากาศเย็น	เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน	21.0	15.0
อากาศแวดล้อม	เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน	21.0	18.1

ความแตกต่างของความชื้นที่ระดับต่างๆเกิดขึ้นเนื่องจากการถ่ายเทมวลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน ยกเว้นที่ระดับความสูง 51 ซม. ความชื้นลดลงเร็วกว่าชั้นอื่นๆเนื่องจากการถ่ายเทมวลของน้ำอย่างอิสระระหว่างเมล็ดพืชกับอากาศแวดล้อม ดังแสดงใน Figures 5-7

คุณภาพของข้าวเปลือกหลังการสี

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาอิทธิพลของการระบายอากาศที่มีต่อคุณภาพของข้าวเปลือกหลังการสีในแ่งเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น และความขาวของข้าว โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกที่เวลาต่างๆกันนำมาทดสอบคุณภาพข้าวเปลือก ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงค่าระดับความขาวของข้าวเปลือกหลังการสี โดยวิธีการเก็บรักษาแบบต่างๆ

อากาศ	โดยวิธี	ระยะเวลา วัน	ความชื้นเริ่มต้น (% w.b)	ความขาวเริ่มต้น	ความขาวลดลง	
					ต่ำสุด	%
อากาศเย็น	เป่าอย่างต่อเนื่อง	56	22.2	39.0	36.4	7.8
		49	26.0	45.0	41.4	11.0
อากาศแวดล้อม	เป่าอย่างต่อเนื่อง	56	22.2	39.0	35.4	10.4
		49	26.0	45.0	36.7	21.1
อากาศเย็น	เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน	34	21.0	45.6	41.4	9.2
อากาศแวดล้อม	เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน	34	21.0	45.6	39.0	14.4

หมายเหตุ เปอร์เซ็นต์ความขาวที่ลดลง คิดเทียบจากความขาวเริ่มต้นของข้าวเปลือก

เมื่อพิจารณาระดับความขาวที่สามารถยอมรับได้คือมากกว่า 35 (วัดโดยใช้เครื่อง Kett Whiteness Meter model C-300) จากการทดลองการเป่าอากาศเข้ากองข้าวเปลือกโดยวิธีต่างๆกัน พบว่า ความขาวของข้าวยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แสดงว่าการระบายอากาศภายในกองข้าวเปลือกสามารถยืดระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือกได้นานขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเป่าอากาศแบบต่อเนื่องหรือการเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน ดังแสดงใน Figures 8-10

ผลของการระบายอากาศที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น พบว่า ไม่มีความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นระหว่างระบบที่เป่าด้วยอากาศเย็นกับระบบที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นการเป่าอากาศอย่างต่อเนื่องหรือเป่าเฉพาะช่วงกลางวัน(เวลา 9.00 น. ถึง 11.00 น.) ดังแสดงใน Figures 11-13 การทดลองนี้ยังไม่สามารถสรุปได้ว่าการระบายอากาศมีผลต่อคุณภาพการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวต้นสูง)

การเจริญของเชื้อราภายในกองข้าวเปลือก

จากการตรวจเชื้อราที่เจริญภายในกองข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นและอากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่องที่ระดับความสูงต่างๆ กลุ่มเชื้อราที่พบมากที่สุดเป็นพวก *Curvularia lunata*, *Eusarium moniliiforme*, *Trichocoelis padwickii*, และ *Drechslera oryzae* โดยพบที่ชั้นบนสุดของกองข้าวเปลือกมากที่สุด และยังพบว่า ข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศอากาศเย็นอย่างต่อเนื่องพบน้อยกว่าข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่พบกับความขาวของข้าวที่วัดได้ พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าเชื้อรามีผลต่อความขาวของข้าวทั้งนี้เนื่องจากบริเวณที่พบเชื้อรามากที่สุดความขาวของข้าวกลับมีค่ามากที่สุด สันนิษฐานว่าในการทดลองวัดหาปริมาณเชื้อรานั้นมีช่วงเวลาที่ห่างเกินไป ทำให้ไม่รู้ว้ในระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวมีเชื้อรากลุ่มอื่นเจริญอยู่หรือไม่

การใช้พลังงาน

ระบบที่เป่าอากาศโดยใช้อากาศเย็นอย่างต่อเนื่องใช้กำลังไฟฟ้า 1034 W อากาศที่นำมาใช้จริงเพียง 2.2% หรือ 22.8 W และระบบที่เป่าอากาศโดยใช้อากาศแวดล้อมใช้กำลังไฟฟ้า 88 W อากาศที่นำมาใช้จริงเพียง 1.5% หรือ 1.32 W

ตารางที่ 3 แสดงค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยวิธีการเก็บรักษาแบบต่างๆ เป็นเวลา 34 วัน

การระบายอากาศ	ความชื้นเริ่มต้น (% w.b)	ความชื้นสุดท้าย (% w.b)	ค่าใช้จ่าย (บาท / ม ³ ของ ข้าวเปลือก)	ค่าใช้จ่าย (บาท / กก.ของ น้ำระเหย)
เป่าด้วยอากาศเย็น อย่างต่อเนื่อง	22.2	14.2	236.1	4.00
	26.0	14.4	236.1	2.80
เป่าด้วยอากาศแวดล้อม อย่างต่อเนื่อง	22.2	18.0	13.7	0.35
	26.0	15.3	13.7	0.18
เป่าด้วยอากาศเย็น (เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน)	21.0	15.0	78.7	1.81
เป่าด้วยอากาศแวดล้อม (เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน)	21.0	18.1	4.6	0.21

หมายเหตุ ราคาไฟฟ้าหน่วยละ 1.65 บาท

จากเปรียบเทียบการเป่าอากาศอย่างต่อเนื่องกับการเป่าเฉพาะช่วงกลางวัน(9.00 น. ถึง 17.00 น.) พบว่า การเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน ระบบที่เป่าด้วยอากาศเย็นสามารถลดค่าใช้จ่าย

ด้านพลังงานถึง 66.7% และระบบที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานถึง 66.4%

สรุป

จากการศึกษาการชะลอความเสียหายของกองข้าวเปลือกขึ้น โดยการระบายอากาศอย่างต่อเนื่องและโดยการเป่าเฉพาะช่วงกลางวัน(เวลา 9.00 น. ถึง 17.00 น.) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การระบายอากาศในกองข้าวเปลือกอย่างต่อเนื่อง โดยการเป่าด้วยอากาศเย็นอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกลดลงเหลือ 20°C และโดยการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมสามารถลดอุณหภูมิเฉลี่ยของกองข้าวเปลือกได้เช่นเดียวกันแต่มีค่าใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อมที่ใช้เป่า ส่วนข้าวเปลือกที่เป่าเฉพาะช่วงกลางวัน การเป่าด้วยอากาศเย็นอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกอยู่ในช่วง $15-25^{\circ}\text{C}$ และการเป่าด้วยอากาศแวดล้อมอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกอยู่ในช่วง $25-33^{\circ}\text{C}$ นอกจากสามารถลดอุณหภูมิของกองข้าวเปลือกได้แล้วในขณะเดียวกันยังสามารถลดความชื้นข้าวเปลือกด้วย

2. สำหรับความชื้นข้าวเปลือกเริ่มต้น 21.0-26.0% มาตรฐานเปียก สามารถรักษาคุณภาพในแง่ความขาวของข้าวให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ได้นานกว่า 1 เดือน ทั้งโดยวิธีเป่าด้วยอากาศเย็นหรืออากาศแวดล้อม

3. คุณภาพข้าวเปลือกหลังการสีในแง่ของความขาวของข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศเย็นดีกว่าข้าวเปลือกที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อม ส่วนคุณภาพในด้านเปอร์เซ็นต์ข้าวตันไม่สามารถสรุปได้

4. ในช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเปลือก 34 วันพบว่า การระบายอากาศโดยการเป่าอากาศเย็นอย่างต่อเนื่องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย 263.1 บาท/ม³ ของข้าวเปลือก และการระบายอากาศโดยใช้อากาศแวดล้อมอย่างต่อเนื่องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย 13.7 บาท/ม³ ของข้าวเปลือก ส่วนการเป่าอากาศเฉพาะช่วงกลางวัน(เวลา 9.00 น. ถึง 17.00 น.) ระบบที่เป่าด้วยอากาศเย็นและระบบที่เป่าด้วยอากาศแวดล้อมด้วยวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าระบบที่เป่าด้วยอากาศอย่างต่อเนื่องถึง 66.7% และ 66.4% ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษา การระบายอากาศภายในกองข้าวเปลือกแบบเป็นช่วงๆที่เหมาะสม จะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ โดยเฉพาะการเป่าด้วยอากาศเย็น

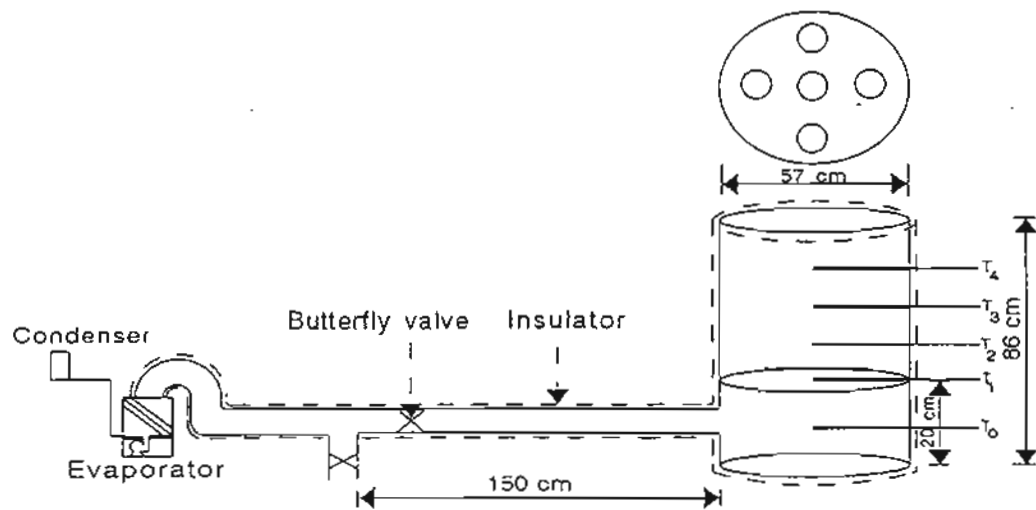
2. ควรมีการออกแบบการสร้างเครื่องมือที่เหมาะสม สำหรับการใช้งานในการระบายอากาศ เช่น พัดลม ขนาดของระบบทำความเย็น ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มาก

คำขอบคุณ

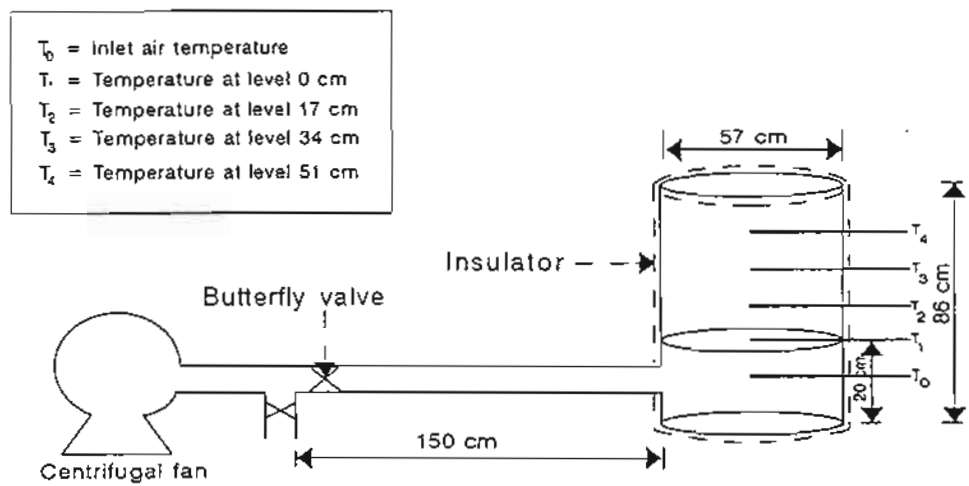
ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณกองส่งเสริมเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และสำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย ที่ให้การสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัย และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณภาพข้าว

เอกสารอ้างอิง

1. Bason, M.L., P.W. Grass, H.J. Banks and L.A. Esteves, 1989, "A quantitative study of the influences of temperature, water activity and storage atmosphere on the yellowing of paddy endosperm." *Journal of Cereal Science*, Vol. 12, pp. 193-201.
2. Maier, D.E., F.W. Bakker-Arkema and S.G. Ilangatileke, 1993, "Ambient and chilled paddy aeration under Thai condition," *Agricultural Engineering Journal*, Vol. 2, No. 1&2, pp. 15-33.
3. Phillips, S., S. Widjaja, A. Wallbridge and R. Cooke, 1988, "Rice yellowing during post-harvest drying by aeration and during storage," *Journal Stored Products Research*, Vol. 24, No. 3, pp. 173-181.
4. Phillips, S., R. Mitfa and A. Wallbridge, 1989, "Rice yellowing during delays," *Journal stored Products Research*, Vol. 25, No. 3, pp. 155-164.
5. Thanh, B.H., 1994, "Some results of research work on drying of paddy by aeration method in Vietnam," *ACIAR Proceedings No. 60, Post-harvest Technology for Agricultural Products in Vietnam*, 8-9 December 1994, Hanoi, Vietnam.

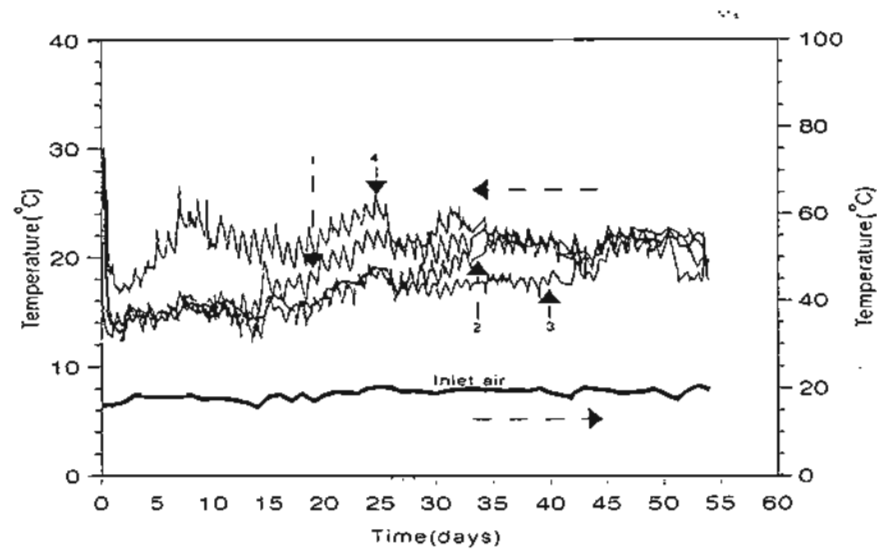


(a)

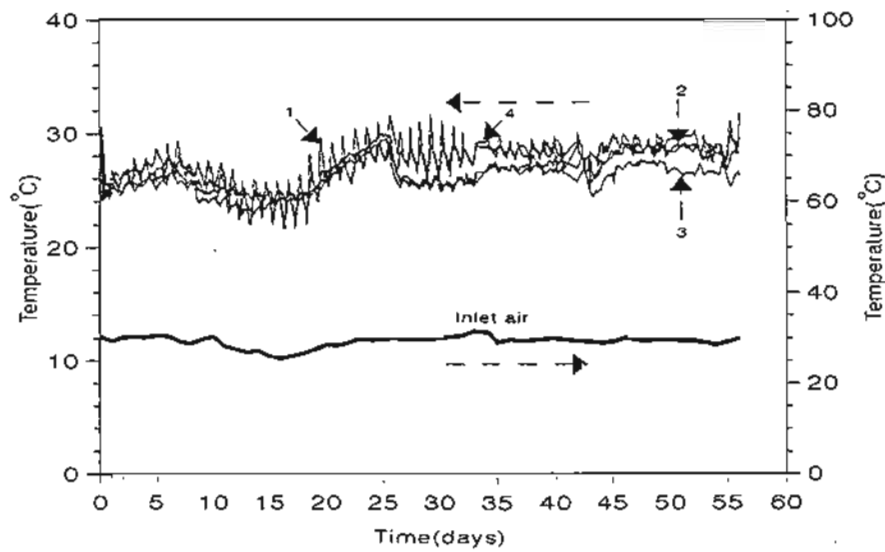


(b)

Figure 1 Experimental paddy bins
 a. ventilated by cool air
 b. ventilated by ambient air



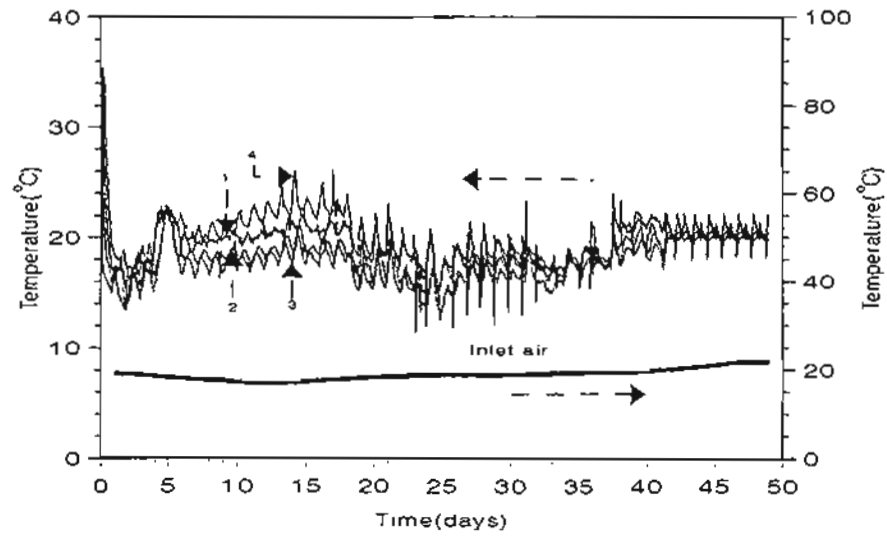
(a)



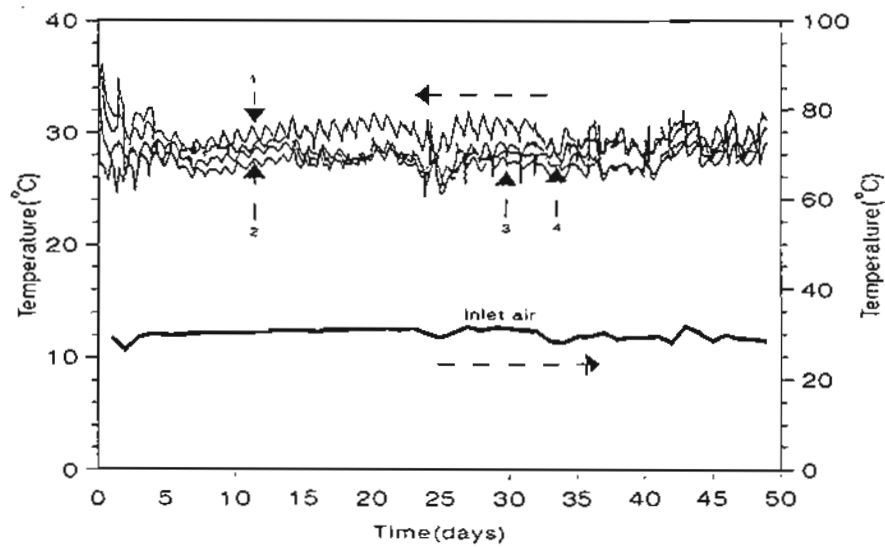
(b)

1 = level 0 cm 2 = level 17 cm 3 = level 34 cm 4 = level 51 cm

Figure 2 Temperature at different levels in paddy bed
(initial moisture 22.2% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$ of paddy)
a. ventilated continuously by cool air
b. ventilated continuously by ambient air



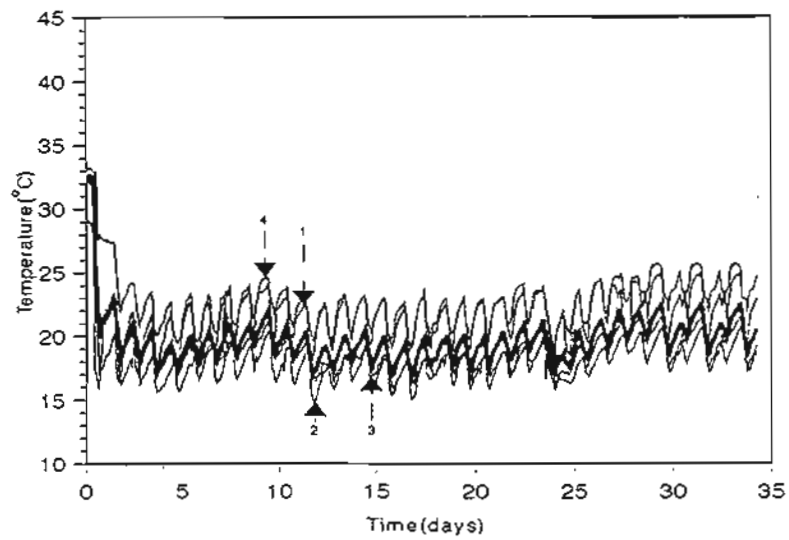
(a)



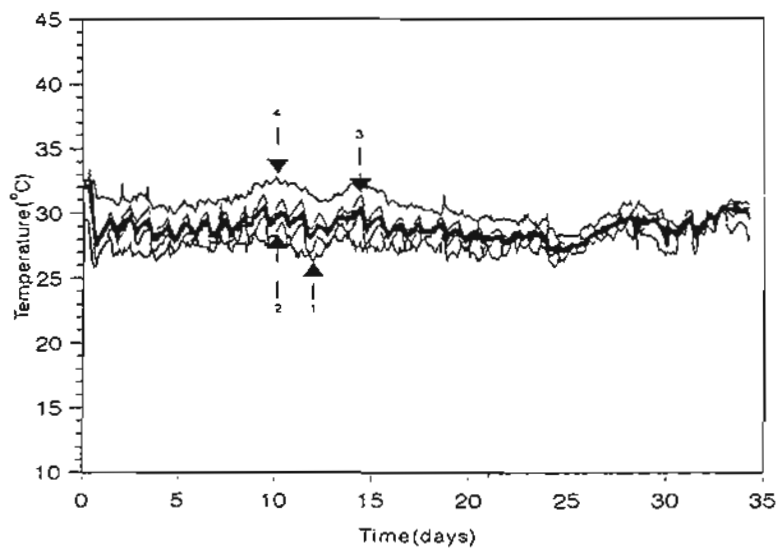
(b)

1 = level 0 cm 2 = level 17 cm 3 = level 34 cm 4 = level 51 cm

Figure 3 Temperature at different levels in paddy bed
(initial moisture 26.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)
a. ventilated continuously by cool air
b. ventilated continuously by ambient air



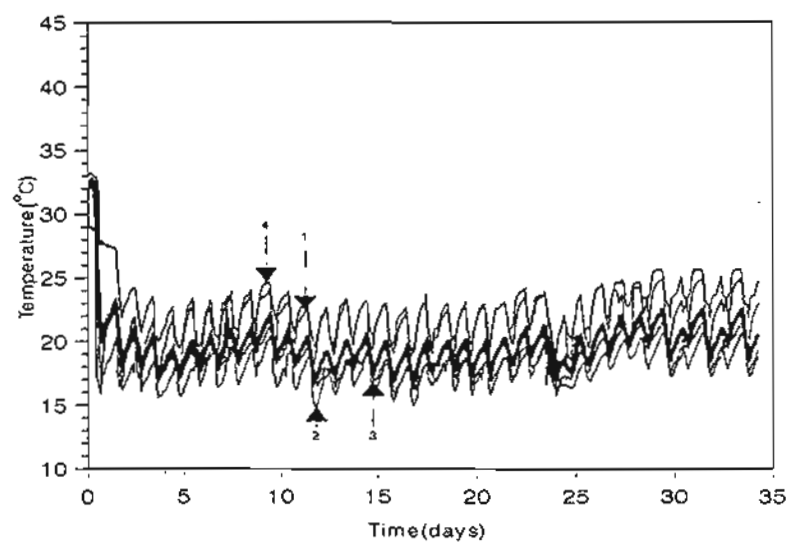
(a)



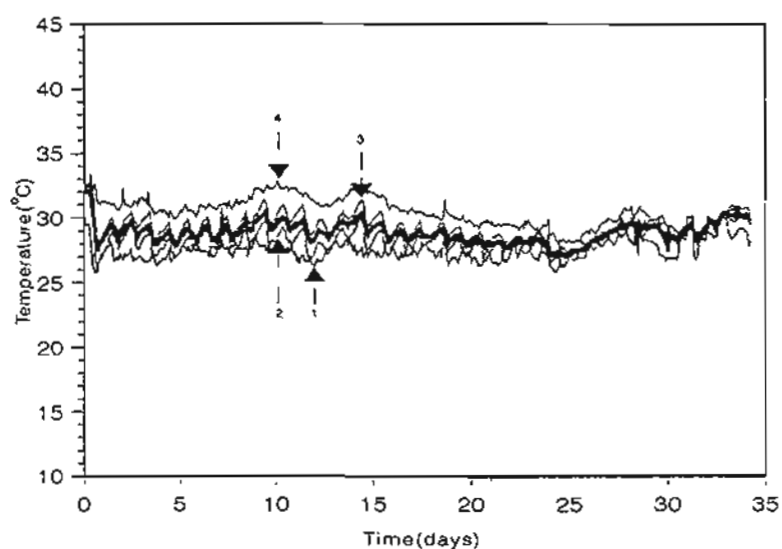
(b)

1 = level 0 cm 2 = level 17 cm 3 = level 34 cm 4 = level 51 cm
 — Average

Figure 4 Temperature at different levels in paddy bed
 (initial moisture 21.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)
 a. ventilated by cool air (9.00 am. to 17.00 pm.)
 b. ventilated by ambient air (9.00 am. to 17.00 pm.)



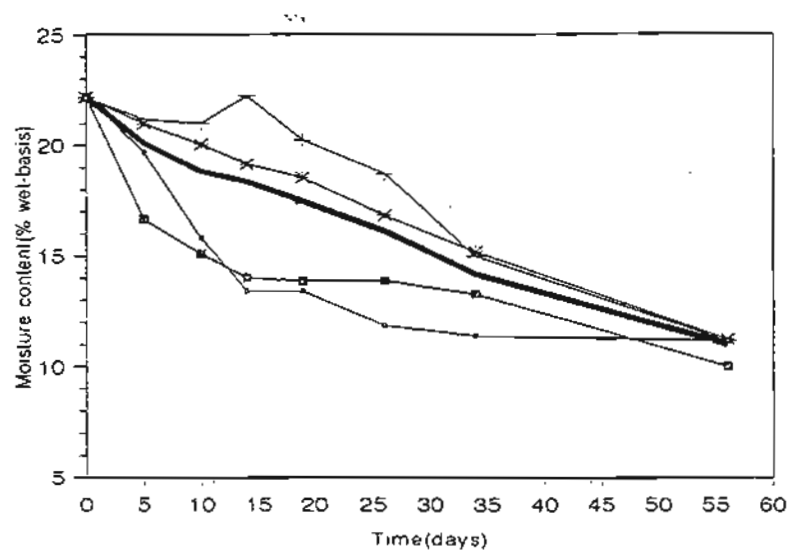
(a)



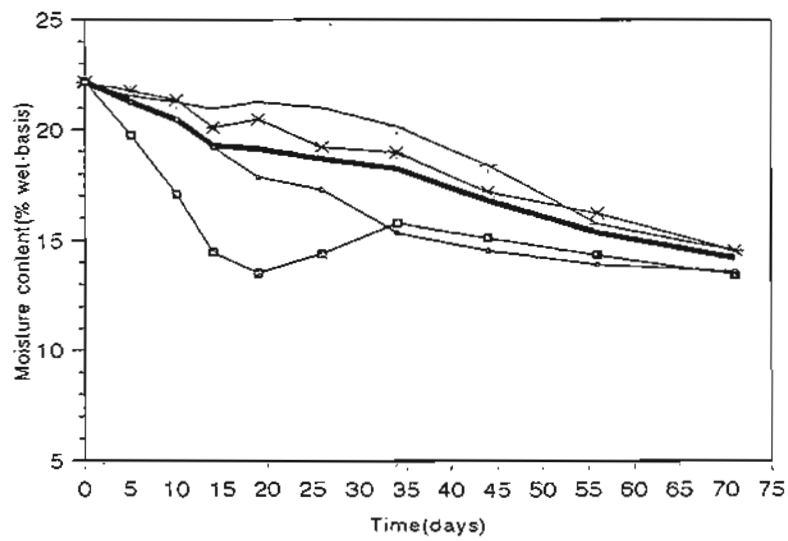
(b)

1 = level 0 cm 2 = level 17 cm 3 = level 34 cm 4 = level 51 cm
— Average

Figure 4 Temperature at different levels in paddy bed
(initial moisture 21.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$ of paddy)
a. ventilated by cool air (9.00 am. to 17.00 pm.)
b. ventilated by ambient air (9.00 am. to 17.00 pm.)



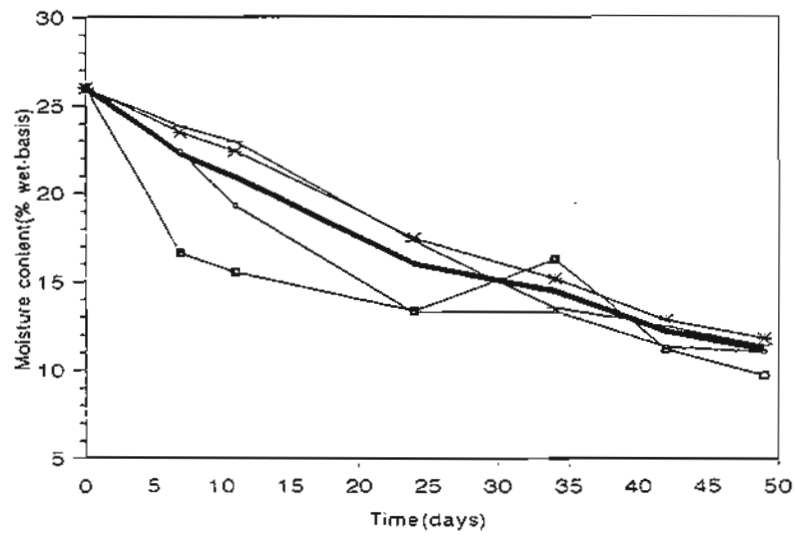
(a)



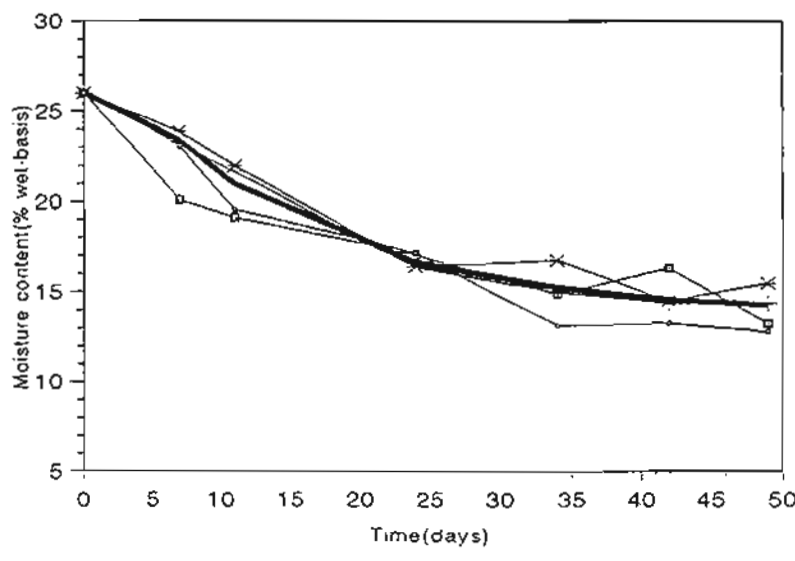
(b)

○ Level = 0 cm □ Level = 17 cm * Level = 34 cm ■ Level = 51 cm — Average

Figure 5 Moisture content at different levels in paddy bed
(initial moisture 22.2% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)
a. ventilated continuously by cool air
b. ventilated continuously by ambient air



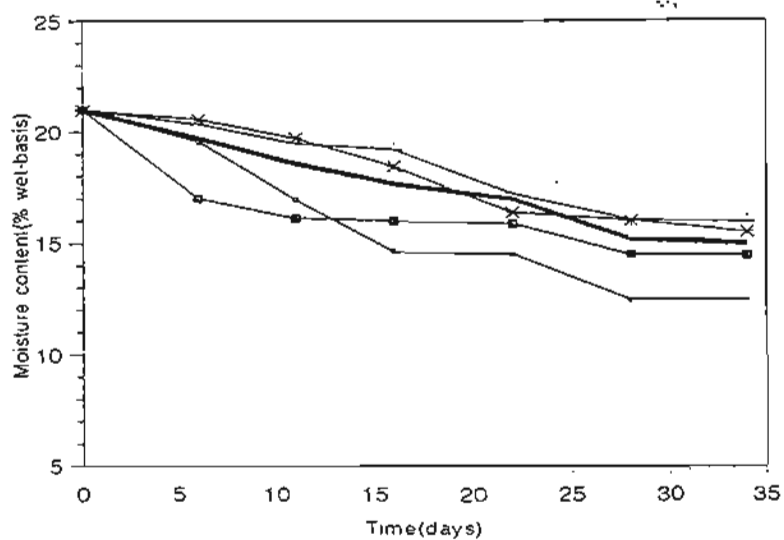
(a)



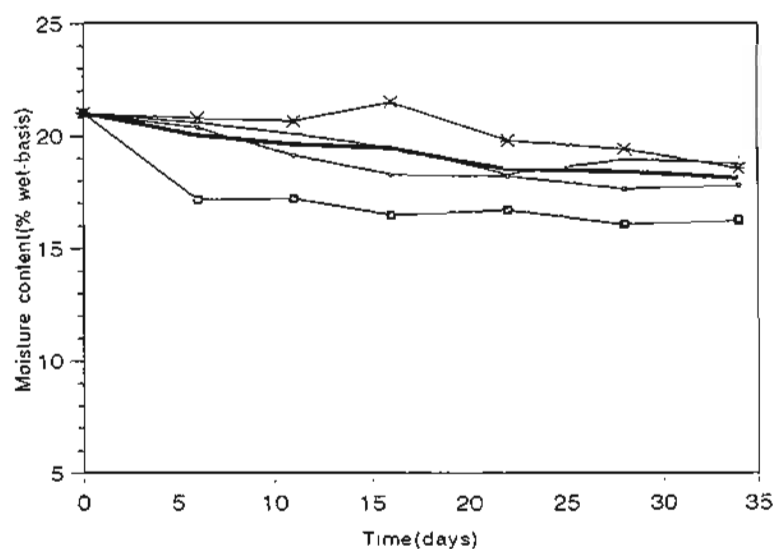
(b)

→ Level = 0 cm — Level = 17 cm × Level = 34 cm ◈ Level = 51 cm — Average

Figure 6 Moisture content at different levels in paddy bed
 (initial moisture 26.0%w.b.,flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min}\cdot\text{m}^3$ of paddy)
 a. ventilated continuously by cool air
 b. ventilated continuously by ambient air



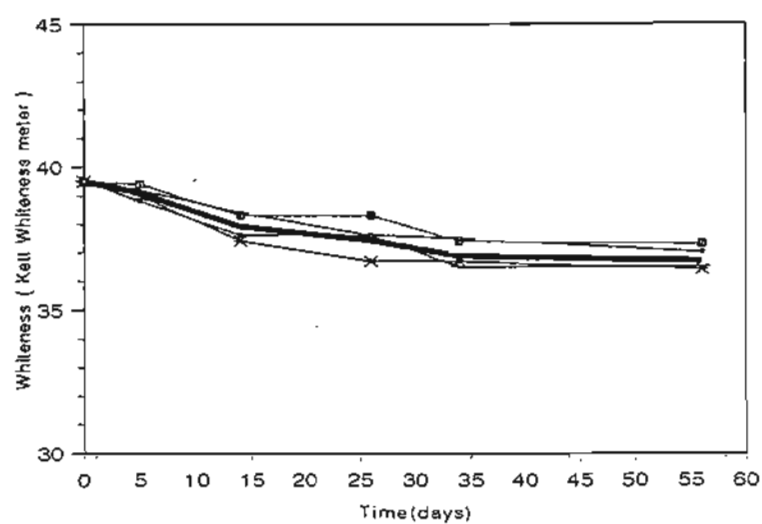
(a)



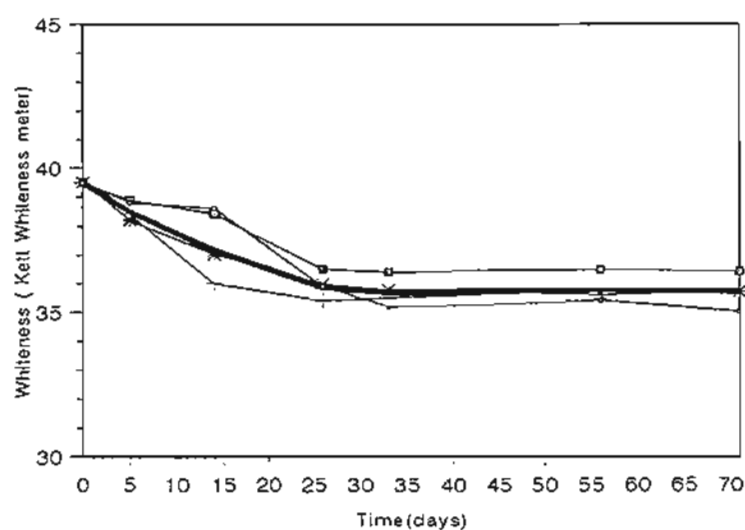
(b)

—○— level = 0 cm —△— level = 17 cm × level = 34 cm —□— level = 51 cm — Average

Figure 7 Moisture content at different levels in paddy bed
(initial moisture 21.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$ of paddy)
a. ventilated by cool air (9.00 am. to 17.00 pm.)
b. ventilated by ambient air (9.00 am. to 17.00 pm.)



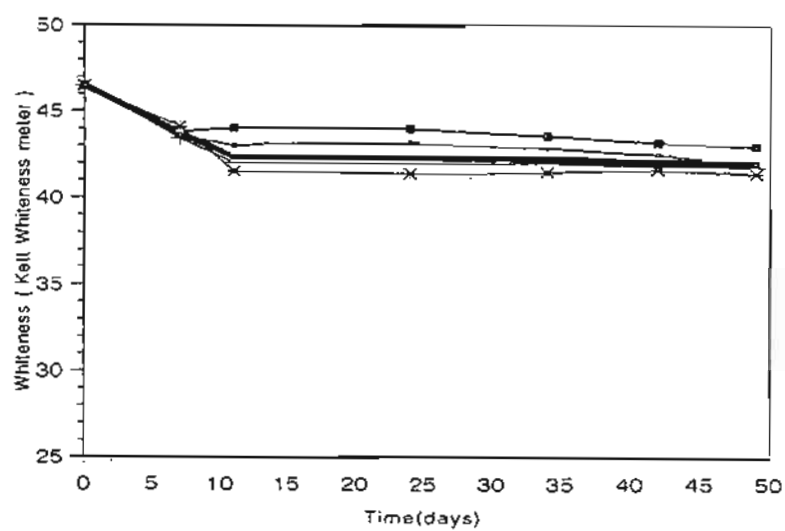
(a)



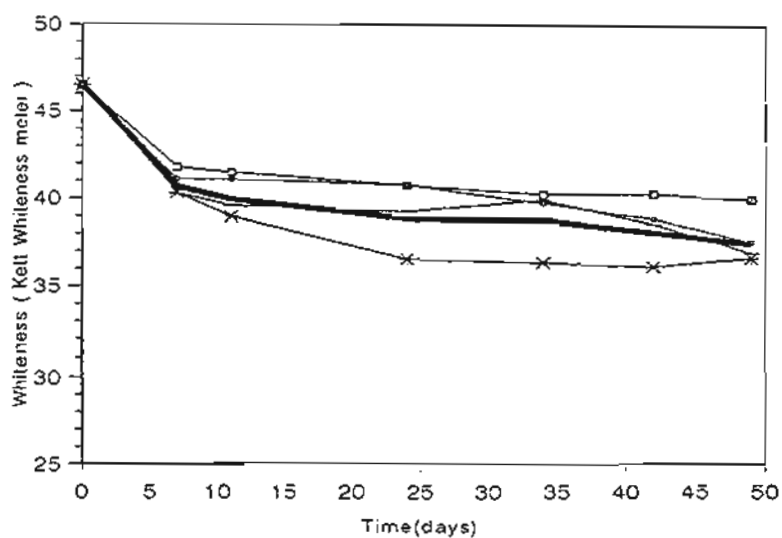
(b)

— Level = 0 cm + Level = 17 cm × Level = 34 cm ◻ Level = 51 cm — Average

Figure 8 Whiteness at different levels in paddy bed
(initial moisture 22.2% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)
a. ventilated continuously by cool air
b. ventilated continuously by ambient air



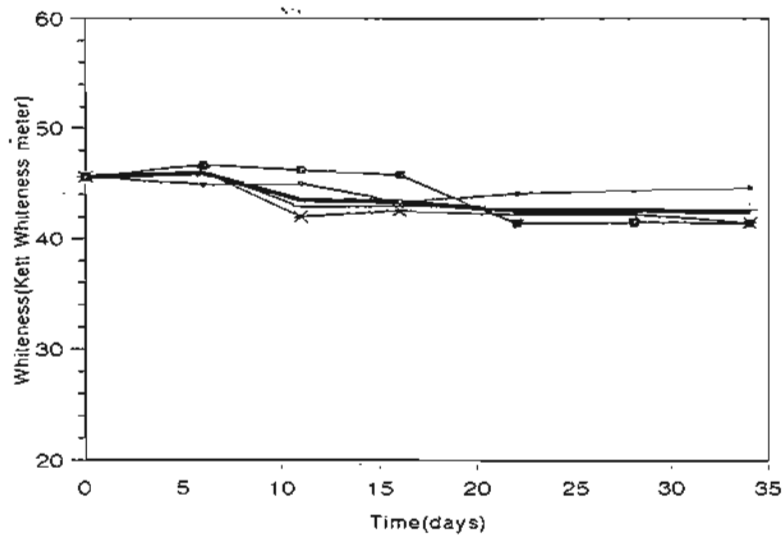
(a)



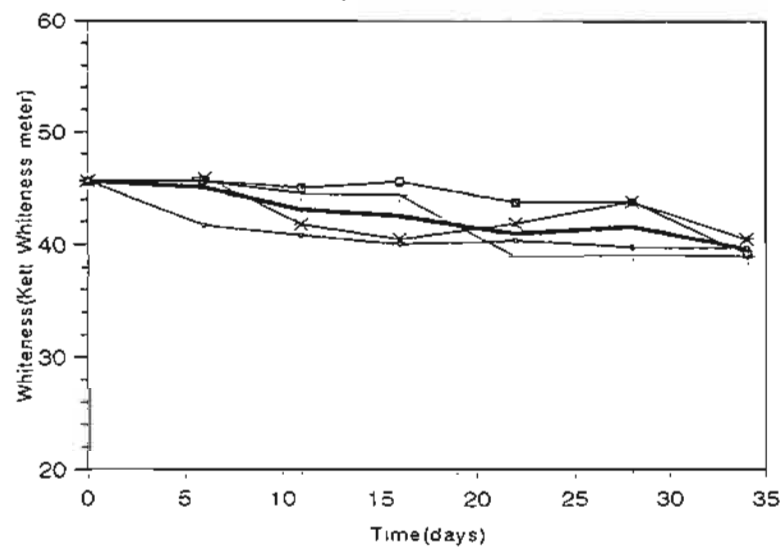
(b)

○ Level = 0 cm — Level = 17 cm * Level = 34 cm ◇ Level = 51 cm — Average

Figure 9 Whiteness at different levels in paddy bed
 (initial moisture 26.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$ of paddy)
 a. ventilated continuously by cool air
 b. ventilated continuously by ambient air



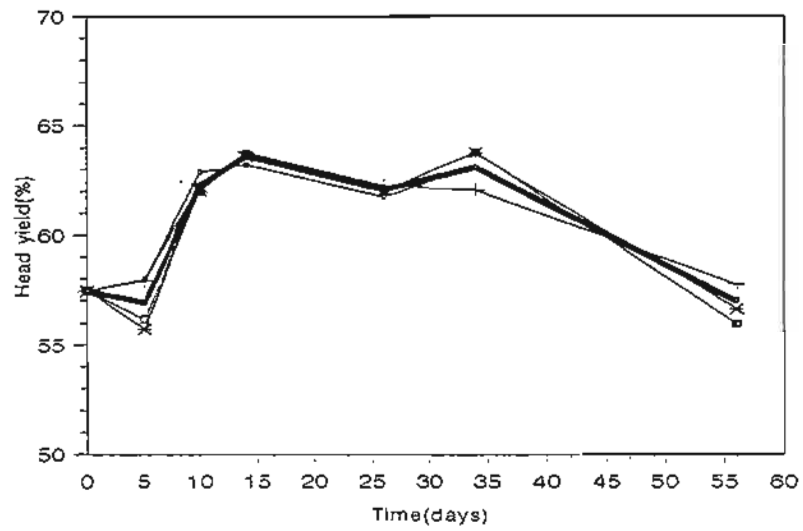
(a)



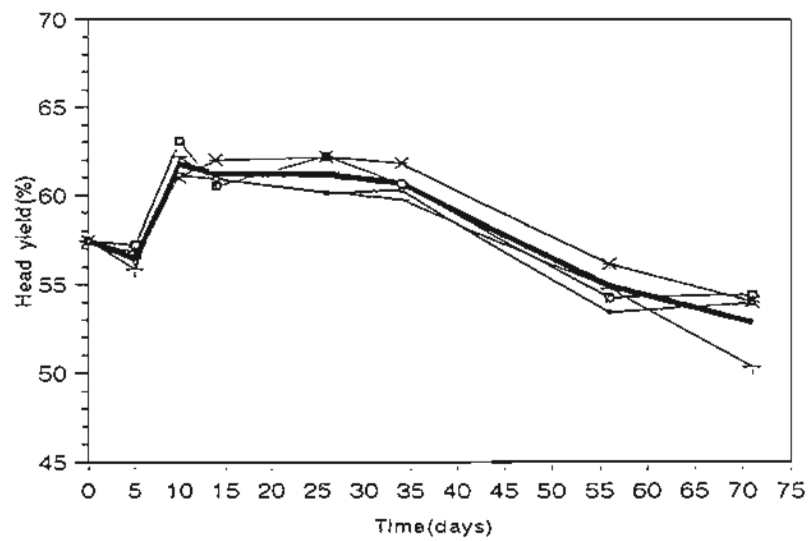
(b)

— level = 0 cm - - level = 17 cm . . level = 34 cm - . level = 51 cms — Average

Figure 10 Whiteness at different levels in paddy bed
(initial moisture 21.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of apddy)
a. ventilated by cool air (9.00 am. to 17.00 pm.)
b. ventilated by ambient air (9.00 am. to 17.00 pm.)



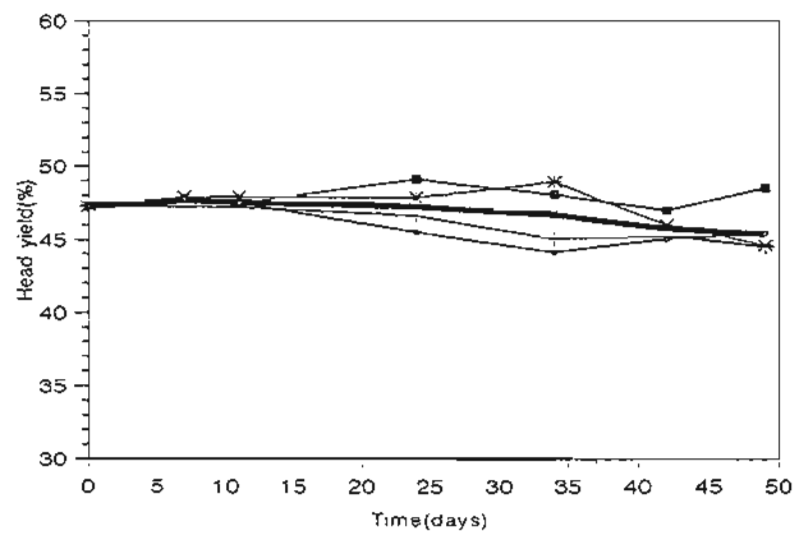
(a)



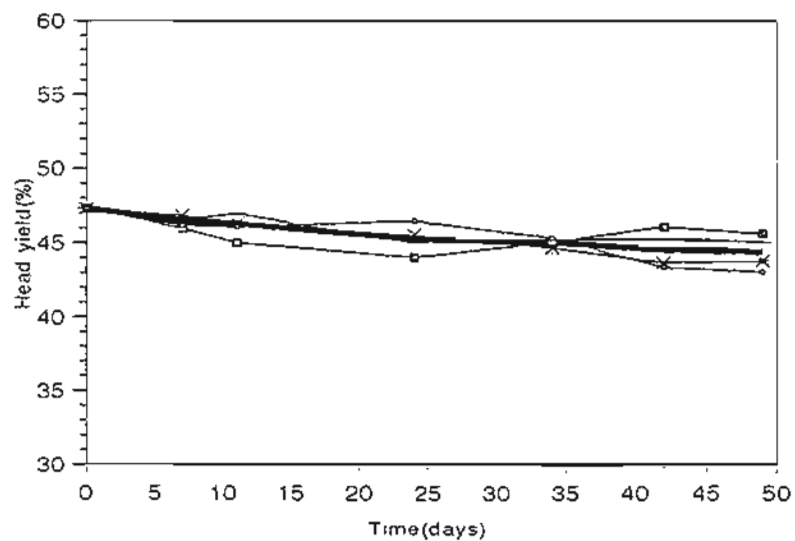
(b)

→ Level = 0 cm — Level = 17 cm × Level = 34 cm ◻ Level = 51 cm — Average

Figure 11 Head yield at different levels in paddy bed
 (initial moisture 22.2% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^3$ of paddy)
 a. ventilated continuously by cool air
 b. ventilated continuously by ambient air



(a)



(b)

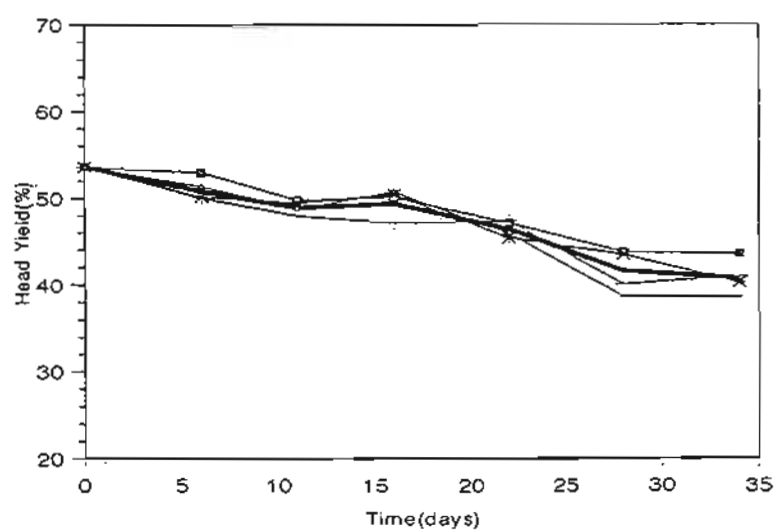
→ Level = 0 cm — Level = 17 cm * Level = 34 cm ◆ Level = 51 cm — Average

Figure 12 Head yield at different levels in paddy bed

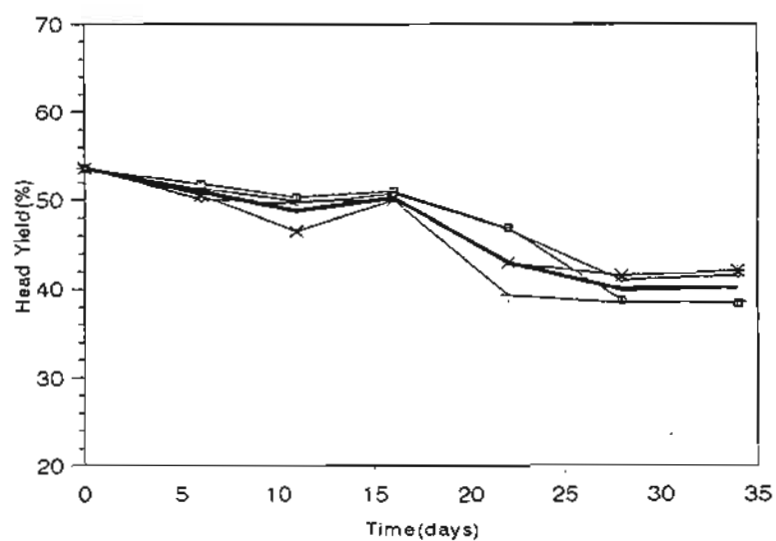
(initial moisture 26.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)

a. ventilated continuously by cool air

b. ventilated continuously by ambient air



(a)



(b)

→ level = 0 cm → level = 17 cm × level = 34 cm ⊕ level = 51 cm — Average

Figure 13 Head yield at different levels in paddy bed

(initial moisture 21.0% w.b., flow rate $0.35 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy)

a. ventilated by cool air (9.00 am. to 17.00 pm.)

b. ventilated by ambient air (9.00 am. to 17.00 pm.)

การอบแห้งข้าวเปลือกในที่เก็บและการเก็บรักษาในสถานที่ใช้งานจริง
FIELD TRIAL OF IN-STORE PADDY DRYING AND STORAGE

พิพัฒน์ อมตฉายา¹ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์²

สมเกียรติ ประชัยวารากร³ อติศักดิ์ นาถกรณกุล² สิทธิชัย อินทร์จันทร์²

Pipatana Amatachaya¹ Somchart Soponronnarit²

Somkiat Prachayawarakorn³ Adisak Nathakarnakule² Sitthichai Inchan²

ABSTRACT

The aim of this paper is to investigate the field trial of in-store paddy drying and storage. Both paddy quality and economics were taken into consideration. Ambient air flow rate of $0.57 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy was blown through the paddy bulk with 105 ton capacity. The experimental results revealed that moisture reduction at deeper depth from surface was faster than that at lower depth from surface. Moisture content of paddy was reduced from 17 % wet-basis to 11.6 % wet-basis within 9 weeks and then paddy bulk was continually stored within 19 weeks. Paddy qualities in terms of whiteness and head yield were still maintained as compared to reference sample. Electricity consumption during drying stage was 14 kW-h/ton of paddy (US\$ 0.84 /ton of paddy). For storage, electricity consumption for ventilation, 2 h each time in a week, was 1.31 kW-h /ton of paddy (US\$ 0.08/ton of paddy). The economics analysis by present worth method showed that in the case of in-store drying with only additional investment in air ducts, break even points were 1.5 years and 1.6 years for discount rates of 10 % and 15 % respectively (for once a year of paddy drying). However, for twice a year of paddy drying, the break even points reduced to be 0.6 year and 0.7 year at discount rates as mentioned before. Moreover, both income and project life were sensitive to net present worth. From comparison between the investment cost of in-store paddy drying and that of sun drying on a concrete pad during term of 20 year project life, it was found that break even point for the in-store paddy drying was 6 and 7.5 years for discount rates of 10 % and 15% respectively but there were no break even points for the sun drying. Income, cost and discount rate for in-store paddy drying were very sensitive to net present worth while only cost in sun drying was significant to net present worth.

Key words: paddy drying, storage, quality, economics

¹อดีตนักศึกษาปริญญาโท และปัจจุบันเป็นอาจารย์ที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขต
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา 30000

²คณะพลังงานและวัสดุ

³คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนสุขสวัสดิ์ 48 กรุงเทพฯ 10140

King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Suksawat 48 Rd., Bangkok
10140

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกในที่เก็บและการเก็บรักษาในสถานที่ใช้งานจริงที่ โดยพิจารณาคุณภาพของข้าวเปลือกและความเป็นไปได้ในเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการลงทุนระบบอบแห้งในที่เก็บ โดยใช้อากาศแวดล้อมเป่าผ่านกองข้าวเปลือกขนาด 105 ตัน ด้วยอัตราการไหล $0.57 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ ข้าวเปลือก พบว่าในการลดความชื้นข้าวเปลือกโดยเฉลี่ย 17% มาตรฐานเปียก ให้เหลือ 11.6% มาตรฐานเปียก จะใช้เวลาอบแห้ง 9 สัปดาห์ โดยชั้นที่มีความลึกมากกว่าจะให้อัตราการลดความชื้นเร็วกว่าชั้นที่มีความลึกน้อย หลังจากที่อยู่อบแห้งแล้วก็จะเก็บรักษาต่อไปอีก 19 สัปดาห์ พบว่าความชื้นเฉลี่ยในแต่ละระดับความลึกอยู่ในเกณฑ์ดี และการอบแห้งโดยวิธีนี้สามารถรักษาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดให้อยู่ในสถานะคงเดิม ในช่วงของการอบแห้งให้ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า $14 \text{ kW-h/ตันข้าวเปลือก}$ หรือเสียค่าไฟฟ้า 21 บาท/ตันข้าวเปลือก สำหรับในช่วงการเก็บรักษานั้นจะเป่าอากาศสัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง ซึ่งให้ความสิ้นเปลืองพลังงาน $1.31 \text{ kW-h/ตันข้าวเปลือก}$ หรือ เสียค่าไฟฟ้า 1.97 บาท/ตันข้าวเปลือก

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน ใช้อัตราส่วนลด 10 % และ 15 % พบว่าการลงทุนในระบบอบแห้งเฉพาะในส่วนระบบท่อลมจะคุ้มทุนภายในเวลา 1.5 และ 1.6 ปี เมื่ออบแห้งข้าวเปลือก 1 ครั้ง/ปี, คุ้มทุนภายในเวลา 0.6 และ 0.7 ปี เมื่ออบแห้งข้าวเปลือก 2 ครั้ง/ปี จากการวิเคราะห์ความไวพบว่ารายได้และอายุโครงการมีผลกระทบอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงเงินปัจจุบันสุทธิ จากการเปรียบเทียบระหว่างการลงทุนใหม่ทั้งหมดในฉางเก็บและลานตาก โดยใช้อัตราส่วนลด 10 % และ 15 % พบว่าการลงทุนในฉางเก็บจะคุ้มทุนภายในเวลา 6 ปี และ 7.5 ปี ส่วนการลงทุนในลานตากไม่มีความคุ้มทุน และสำหรับในการพิจารณาการลงทุนใหม่ทั้งหมดในฉางเก็บ ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเงินปัจจุบันสุทธิได้แก่ รายรับ รายจ่าย และอัตราดอกเบี้ย ของโครงการ แต่ในการพิจารณาลานตากกลับพบว่าเฉพาะค่าใช้จ่ายเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อเงินปัจจุบันสุทธิ

คำสำคัญ: การอบแห้งข้าวเปลือก, การเก็บรักษา, คุณภาพ, เศรษฐศาสตร์

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลัก โดยมีพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ข้าวและข้าวโพด สำหรับข้าว ประเทศไทยสามารถผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณปีละ 20 ล้านตัน และเหลือส่งออก 5 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่าที่ส่งออกประมาณ 33,000 ล้านบาท/ปี ปัจจุบันประเทศไทยสามารถปลูกข้าวได้ 2 ช่วงต่อปี คือ ข้าวนาปี และข้าวนาปรัง ปัญหาที่พบส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นกับข้าวนาปรัง เนื่องจากในช่วงดัง

กล่าวเป็นช่วงฤดูฝนทำให้ข้าวที่เก็บเกี่ยวมีความชื้นค่อนข้างสูง ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย และเมื่อนำมากองรวมกันโดยไม่มีการเป่าอากาศเป็นเวลาประมาณ 1- 2 วัน จะเกิดความร้อนภายในกองข้าว อันเนื่องมาจากการหายใจของเมล็ดพืช ทำให้อุณหภูมิในกองข้าวสูงขึ้น เมื่อสูงถึงระดับหนึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวหลังการสีมีสีเหลือง มีผลให้คุณภาพของข้าวสารหลังการสีต่ำลง ขายไม่ได้ราคา

ปัจจุบันมีการเก็บเกี่ยวข้าว 2 วิธี คือ การเกี่ยวมือแล้วทิ้งข้าวเปลือกให้แห้งในท้องนา ซึ่งวิธีนี้จะทำให้คุณภาพข้าวสารภายหลังการสีต่ำลง เนื่องจากการทำให้แห้งโดยตากแดดนั้น เมล็ดจะแห้งในเวลากลางวัน และดูดความชื้นกลับในเวลากลางคืนหรือเวลาฝนตก มีผลทำให้เมล็ดข้าวแตกร้าว เมื่อนำไปสีจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดต่ำ วิธีการเก็บเกี่ยวอีกวิธี คือการใช้รถเก็บเกี่ยวข้าวและนวดในตัว วิธีนี้จะเก็บเกี่ยวขณะที่ข้าวเปลือกมีความชื้นประมาณ 20-25 % มาตรฐานเปียก การนำข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวโดยวิธีดังกล่าวมาเก็บเป็นกองภายในโรงเรือนหรือยังเก็บที่ไม่มีการระบายอากาศ อาจมีปัญหาเรื่องคุณภาพอันเป็นผลเนื่องมาจากอุณหภูมิในกองข้าวสูงขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องลดความชื้นลงอย่างรวดเร็ว โดยทั่วไปพ่อค้าข้าวหรือโรงสีจะใช้วิธีตากข้าวเปลือกบนลาน หรือใช้เครื่องอบแห้งเมล็ดพืชแบบไหลขวางหรือ LSU ซึ่งใช้ลมร้อนจากการเผาแกลบหรือน้ำมันดีเซล เพื่อทำให้ข้าวเปลือกแห้งอย่างรวดเร็วจนเหลือความชื้นประมาณ 14 % มาตรฐานเปียก แล้วนำไปเก็บรักษาต่อไป แต่วิธีการดังกล่าวจะทำให้คุณภาพของข้าวสารภายหลังการสีต่ำลง กล่าวคือเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จะลดลง

Soponronnarit et al.(1994), Driscoll and Srzednicki (1989) ได้เสนอแนวทางที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกในเขตร้อนชื้น โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 ช่วงคือ ในช่วงแรกอบแห้งแบบเร็วโดยใช้เครื่องอบแบบใช้อากาศร้อน หรือตากบนลาน เพื่อลดความชื้นลงเหลือ 18 % มาตรฐานเปียก แล้วนำมาอบแห้งต่อในช่วงที่ 2 ในโรงเรือนเก็บข้าวเปลือก เพื่อลดความชื้นลงจนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาประมาณ 13-14 % มาตรฐานเปียก สำหรับการอบแห้งในช่วงที่ 2 นั้นเป็นการอบแห้งเมล็ดพืชในถังเก็บ ซึ่งจะใช้โรงเรือนเก็บข้าวในการอบแห้ง เนื่องจากการอบแห้งแบบนี้ไม่มีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืชระหว่างการอบแห้งและการเก็บรักษา จึงต้องอบแห้งโดยให้เกิดความแตกต่างความชื้นของชั้นเมล็ดพืชในถังเก็บน้อยที่สุด และความชื้นในแต่ละชั้นจะต้องต่ำพอที่จะเก็บรักษาไว้ได้อย่างปลอดภัย (ประมาณ 12-14 % มาตรฐานเปียก) การอบแห้งโดยวิธีนี้จึงใช้อากาศอบแห้งที่มีอุณหภูมิต่ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อมหรือใช้อากาศแวดล้อม เพราะการใช้อากาศร้อนจะทำให้เมล็ดพืชชั้นล่างสุดแห้งเกินไป ขณะที่เมล็ดพืชชั้นบนได้ความชื้นตามต้องการ ส่งผลให้มีการสูญเสียน้ำหนัก นอกจากนี้อากาศที่ใช้ในการอบแห้งควรใช้อัตราการไหลต่ำ เนื่องจากเมล็ดพืชที่กองในโรงเรือนส่วนใหญ่สูงประมาณ 3 - 4 เมตร ดังนั้นถ้าใช้อัตราการไหลอากาศสูงเกินไปจะทำให้เกิดความดันลดในกองข้าวเปลือกสูงตามไปด้วย ซึ่งส่งผลให้มีความสิ้นเปลืองพลังงานสูง อย่างไรก็ตาม การอบแห้งโดยใช้อากาศที่มีอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศต่ำนี้ จะใช้เวลาอบแห้งค่อนข้างนานเมื่อความชื้นเริ่มต้นสูง ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้ที่ข้าวเปลือกที่อบแห้งโดยวิธีนี้อาจจะเสียหายเนื่องจากเชื้อรา หรือข้าวเปลือกมีคุณภาพต่ำลง แต่จากการศึกษาวิธีการอบแห้งแบบนี้โดย สมชาติ

โสภณรณฤทธิ์ และเพชร ปรัชกุล (2533) พบว่าในกรณีที่ความชื้นข้าวเปลือกไม่สูงมากนัก การอบแห้งวิธีนี้สามารถรักษาข้าวเปลือกอยู่ในเกณฑ์ดี และจากการทดสอบโดย สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และสมชาย ฉินสกลธนากร (2533) พบว่าการอบแห้งโดยใช้อัตราการไหลอากาศต่ำ จะให้ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศสูง นอกจากนี้จากการศึกษาการรักษาคุณภาพข้าวเปลือกโดยการเป่าอากาศอย่างเหมาะสม โดยสมเกียรติ ปรัชญารากร และคณะ (2538) พบว่าการอบแห้งโดยวิธีนี้จะให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าวิธีตากแดด และภายหลังจากลดความชื้นจนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาแล้วควรต้องมีการเป่าอากาศแวดล้อมเป็นระยะ ๆ เพื่อระบายความร้อนในกองข้าวเปลือก Phillips et al. (1988) ศึกษาลักษณะและเงื่อนไขที่ทำให้เกิดสีเหลืองในข้าวตลอดเวลาที่มีการอบแห้งและเก็บรักษา พบว่าการลดความชื้นข้าวเปลือกจาก 22 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ลงเหลือ 14 เปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก ต้องใช้เวลาในการอบแห้งมากกว่า 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีความเป็นไปได้ที่การเกิดสีเหลืองในข้าวน่าจะมาจากสาเหตุที่ข้าวมีความชื้นสูง และการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้งก่อนและตลอดช่วงที่มีการอบแห้ง Noomhorm and Chen (1991) ศึกษาอิทธิพลอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมและความชื้นสัมพัทธ์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดในช่วงการสีข้าว พบว่าที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศแวดล้อมสูงขึ้น สภาวะที่เหมาะสมในการสีข้าวควรมีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 70-80 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิระหว่าง 20-35 °C

จากงานวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการที่ผ่านมาจะเห็นว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพข้าวเปลือกได้แก่ ความชื้นข้าวเปลือก และวิธีการจัดการเกี่ยวกับการอบแห้งเมล็ดพืช สำหรับในงานวิจัยนี้เป็นการนำผลที่ได้ศึกษามาจากห้องปฏิบัติการมาใช้เป็นเงื่อนไขในการทดสอบในสถานที่ใช้งานจริงโดยศึกษา คุณภาพข้าวเปลือกหลังอบแห้ง และความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบอบแห้งข้าวเปลือกในที่เก็บ

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

ฉางเก็บข้าวเปลือกมีความจุประมาณ 100 ตัน ขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 10 เมตร สูง 4 เมตร ระบบอบแห้งประกอบด้วยท่อลมหลักซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลมทำด้วยสังกะสีแผ่นเรียบหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตร ยาวประมาณ 16 เมตร และท่อย่อยมีหน้าตัดเป็นรูปครึ่งวงกลม ทำด้วยแผ่นเหล็กเจาะรูหนา 1.5 มิลลิเมตร พัดลมที่ใช้เป็นแบบเหวี่ยงใบพัดโค้งหลัง มีมอเตอร์ขนาด 3.7 kW เป็นต้นกำลัง ดังแสดงใน Figure 1 ค่าก่อสร้างระบบท่อลมโดยประมาณ 49,208 บาท (กรณีต่อท่อหลักเป็นเส้นตรง) ระบบท่อลมดังกล่าวได้

รับการออกแบบให้สามารถอบแห้งข้าวเปลือกที่มีความชื้นเฉลี่ย 20 % มาตรฐานเปียก ลงเหลือ 14 % มาตรฐานเปียก และนอกจากนี้ยังใช้ระบายความร้อนในกองข้าวเปลือกระหว่างการเก็บรักษา เพื่อรักษาคุณภาพของข้าวเปลือก

ในการทดลองนี้ ได้นำข้าวเปลือกที่มีความชื้นเฉลี่ย 17 % มาตรฐานเปียก น้ำหนักประมาณ 105 ตัน แล้วเป่าอากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ย 27.7°C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 67 % ระหว่างเวลา 8.30-17.00 น. ($8\frac{1}{2}$ ชม.) สำหรับในช่วงเก็บรักษานั้นจะทำการเป่าอากาศครั้งละ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ด้วยอัตราการไหลประมาณ 0.57 ลูกบาศก์เมตร ต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวเปลือก บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิในกองข้าวเปลือกขณะเป่าอากาศ 2 จุด จุดละ 3 ตำแหน่ง ดัง Figure 2 โดยแต่ละจุดจะห่างกัน 2 เมตร นอกจากนี้ยังวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิกระเปาะเปียกด้วย ในการวัดอุณหภูมิ ทั้งในกองข้าวเปลือกและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ได้ใช้สายเทอร์โมคัปเปิล type k ต่อเข้ากับ data logger ที่มีความถูกต้อง $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ทำการเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกที่ผิวบนของกองข้าวเปลือกที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร, 2 เมตร และ 4 เมตร เพื่อนำมาทดสอบคุณภาพการสี และหาความชื้นของข้าวเปลือก โดยที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร, 2 เมตร และ 4 เมตร จะเก็บตัวอย่าง 2 จุด ซึ่งจุดที่ 1 จะตรงกับท่อกระจายลม ส่วนจุดที่ 2 จะอยู่ระหว่างท่อกระจายลม ดัง Figure 3 นอกจากนี้ที่ระดับผิวบนและ 30 เซนติเมตร ยังเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมจาก 2 จุดดังกล่าวอีกอย่างละ 5 ตัวอย่าง เพื่อนำมาทดสอบเช่นเดียวกันอีกด้วย ข้าวเปลือกที่นำมาทดสอบการสีจะพิจารณาคุณภาพในรูปเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด และสีของข้าวสารหรือความเหลืองของข้าว หลังจากอบแห้งและเก็บรักษานาน 28 สัปดาห์ จะนำข้าวเปลือกที่เก็บในฉางเก็บมาทำการสี

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบอบแห้ง วิเคราะห์โดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) ใช้อัตราส่วนลด 10 % และ 15 % โดยพิจารณา 2 กรณีคือกรณีที่ฉางเก็บอยู่แล้ว ซึ่งจะลงทุนเฉพาะการเดินท่อลม และกรณีที่ต้องลงทุนใหม่ทั้งหมดในฉางเก็บกับการสร้างลานตากใหม่ ข้อกำหนดที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังนี้

1. กรณีที่มีฉางเก็บขนาด 105 ตัน อยู่แล้ว การลงทุนขั้นต้นจะเป็นการเดินท่อลม เป็นเงิน 49,208 บาท, อายุการใช้งานของท่อลม 10 ปี, มูลค่าซากปีที่ 10 เท่ากับศูนย์, ต้นทุนที่เป็นค่าพลังงานคิดเป็นเงิน 2,415 บาท/105 ตันข้าวเปลือก/ปี (อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 1 ครั้ง) และ 4,830 บาท/210 ตันข้าวเปลือก/ปี (อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 2 ครั้ง), ค่าซ่อมบำรุงคิดประมาณ 0.5 % ของราคาระบบอบแห้ง เป็นเงิน 246 บาท/ปี

รายได้จากการใช้ระบบอบแห้งประกอบด้วยรายได้จากการได้ข้าวตันเพิ่มขึ้น 8 % เมื่อเทียบกับลานตาก (จากผลการทดลอง) และรายได้จากการไม่ถูกหักน้ำหนักเนื่องจาก

ความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก (ความชื้นเริ่มต้น 17 % มาตรฐานเปียก) เป็นเงิน 40,348.8 บาท/ปี (อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 1 ครั้ง) และ 80,698 บาท/ปี (อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 2 ครั้ง)

2.กรณีการลงทุนใหม่ทั้งหมด

2.1 กรณีที่สร้างฉางเก็บพร้อมกับมีการติดตั้งระบบท่อลม กำหนดให้อายุโครงการและอายุการใช้งานของโรงเรือน 20 ปี, อายุการใช้งานของระบบท่อลม 10 ปี, ปริมาณข้าวเปลือกที่สามารถลดความชื้นได้ 1000 ตัน/ ปี (อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 2 ครั้ง), ข้าวเปลือกมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 17 % มาตรฐานเปียก, เงินลงทุนเริ่มต้น 1,546,000 บาท, ค่าใช้จ่ายในด้านความสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าซ่อมบำรุง 24,230 บาท/ปี, รายได้จากการได้ต้นข้าวเพิ่ม และการไม่ถูกหักน้ำหนักเนื่องจากความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก คิดเป็นเงิน 383,660 บาท/ปี

2.2 กรณีที่สร้างลานตาก กำหนดให้อายุโครงการ และอายุการใช้งานของลานตาก 20 ปี, อายุการใช้งานของรถตัก รถเกี่ย 10 ปี, ปริมาณข้าวเปลือกที่สามารถลดความชื้นได้ 15,000 ตัน/ปี, เงินลงทุนแรกเริ่มประกอบด้วยค่าก่อสร้างลานคอนกรีต ขนาด 8000 ตารางเมตร 2,000,000 บาท, รถตักจำนวน 2 คัน คิดเป็นเงิน 960,000 บาท และรถเกี่ยคันละ 100,000 บาท, ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาลานคอนกรีต (0.5 % ของราคาก่อสร้างลานคอนกรีต) 10,000 บาท/ปี, ค่าซ่อมแซม และบำรุงรักษารถตัก และรถเกี่ย (10 % ของราคารถ) 106,000 บาท/ปี, ค่าดำเนินการ (80 บาท/ตันข้าวเปลือก) คิดเป็นเงิน 1,200,000 บาท/ปี, รายได้ที่เพิ่มขึ้นเฉพาะจากการไม่ถูกหักน้ำหนักเนื่องจากความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก (ความชื้นเริ่มต้น 17 % มาตรฐานเปียก) คิดเป็นเงิน 653,600 บาท/ปี

จากข้อกำหนดดังกล่าวจะนำมาวิเคราะห์เศรษฐกิจโดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

	BPW	=	B(PWF, i, n)	(1)
	CPW	=	C(PWF, i, n)	(2)
	NPW	=	$\Sigma BPW - \Sigma CPW$	(3)
เมื่อ	PWF	=	Present Worth Factor	
		=	$\frac{1}{(1+i)^n}$	
	B	=	รายรับ	
	C	=	รายจ่าย	
	BPW	=	รายรับที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	
	CPW	=	รายจ่ายที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน	

NPW	=	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth)
i	=	อัตราดอกเบี้ย
n	=	ระยะเวลาที่ใช้เปรียบเทียบ

ผลและวิจารณ์

อุณหภูมิ

ในการอบแห้งแบบถึงเก็บ ตัวแปรที่สำคัญอันหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพข้าวเปลือกได้แก่ อุณหภูมิ กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิในกองข้าวเปลือกมีความแตกต่างกันค่อนข้างสูงทำให้เกิดการหมุนเวียนของกระแสอากาศภายในกองข้าวเปลือก เมื่อกระแสอากาศดังกล่าวไปกระทบกับบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า จะทำให้อิอน้ำซึ่งอยู่ในอากาศเกิดการกลั่นตัว ส่งผลให้ข้าวเปลือกบริเวณนั้นมีความชื้นสูงขึ้นซึ่งจะทำให้ได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดลดลง และข้าวบริเวณนั้นค่อนข้างจะมีสีเหลืองเข้มกว่าบริเวณที่ไม่มีการกลั่นตัวของไอน้ำ นอกจากนี้การที่อุณหภูมิในกองข้าวค่อนข้างสูงยังส่งผลให้ข้าวมีสีเหลืองเร็วขึ้นอีกด้วย จากผลการทดลองดัง Figure 4 จะเห็นว่าอุณหภูมิภายในกองค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมประมาณ $5 - 7^{\circ}\text{C}$ ซึ่งเป็นผลเนื่องจากการหายใจของเมล็ดพืช

ความชื้นข้าวเปลือก

จากการนำตัวอย่างข้าวเปลือกที่เก็บจากจุดที่ กำหนดไว้เบื้องต้น ในแต่ละระดับความลึกมาหาค่าเฉลี่ย ดัง Figure 3 พบว่าความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกโดยเฉลี่ยตลอดทั้งกองประมาณ 17 % มาตรฐานเปียก และเมื่อเป่าอากาศแวดล้อมเข้าไปในกองข้าวเปลือกนานเป็นเวลา 9 สัปดาห์ พบว่าเมื่อหลังสิ้นสุดการอบแห้ง บริเวณด้านล่างมีความชื้นข้าวเปลือกต่ำมาก ดัง Figure 5 ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการคือ เพื่อที่ต้องการลดความชื้นข้าวเปลือกบริเวณที่ชั้นบนสุดซึ่งมีความชื้นเริ่มต้นค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับด้านล่าง ให้เหลือ 14% มาตรฐานเปียก และเนื่องจากการเดินท่ออ้อมกำแพงของฉาง (Figure 1a.) ทำให้เกิดความดันลดในท่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิอากาศที่เข้าห้องอบแห้งมีค่าสูงขึ้น ดังนั้นความชื้นของข้าวเปลือกบริเวณด้านล่างจึงต่ำกว่าปกติ

การใช้พลังงาน

จากการเป่าอากาศเป็นเวลา 9 สัปดาห์ โดยใช้อัตราการไหลอากาศ $0.57 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ of paddy สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกจากความชื้นเฉลี่ย 17% มาตรฐานเปียก เหลือ 11.2 % มาตรฐานเปียก ให้ความสิ้นเปลืองไฟฟ้า 21 บาท/ตันข้าวเปลือก (ราคาไฟฟ้าหน่วยละ 1.50 บาท/kW-h) หรือ 0.31 บาท/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย และเมื่อทำการเก็บรักษาต่อในโรงเก็บ โดยเป่าอากาศเพื่อระบายความร้อนออกจากกอง สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 19 สัปดาห์ ให้ความสิ้นเปลืองไฟฟ้า 1.97 บาท/ตันข้าวเปลือก

คุณภาพ

เป็นที่ทราบกันดีว่าเมื่อความชื้นข้าวเปลือกมีค่าสูงจะทำให้ข้าวมีสีเหลืองเร็ว ถ้าไม่มีการระบายอากาศ จากผลการทดลองจะเห็นว่าในช่วงความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 15 - 19 % มาตรฐานเปียก ความขาวของข้าวโดยเฉลี่ยลดลงเล็กน้อยหลังการอบแห้งและเก็บรักษา ดัง Figure 6 แม้ว่าจะใช้เวลาในการลดความชื้นค่อนข้างนาน ซึ่งเป็นผลเนื่องจากในช่วงความชื้นดังกล่าว อัตราการหายใจของเมล็ดพืชค่อนข้างน้อย และอุณหภูมิภายในกองข้าวเปลือกไม่สูงนัก สำหรับเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดนั้นพบว่าจะขึ้นอยู่กับคุณภาพเริ่มต้นของข้าวเปลือกที่เข้าห้องอบแห้ง กล่าวคือถ้าข้าวเปลือกที่เข้าห้องอบแห้งมีคุณภาพดี ภายหลังการอบแห้งและเก็บรักษาจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูง ในทางกลับกันถ้าข้าวเปลือกมีคุณภาพเริ่มต้นไม่ดี ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดที่ได้หลังการอบแห้งและเก็บรักษาต่ำด้วย ดัง Figure 7

เมื่อนำข้าวเปลือกที่อบแห้งและเก็บรักษามาทำการสี พบว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดที่ได้จากการอบแห้งโดยวิธีนี้ทำให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าวิธีการตากแดดถึง 8 %

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

กรณีที่มีฉางเก็บข้าวเปลือกขนาด 105 ตัน อยู่แล้วและลงทุนเพิ่มเฉพาะระบบท่อลม พบว่าในกรณีที่อบแห้ง 1 ครั้งต่อปี ผู้ลงทุนจะคุ้มทุนในเวลา 1.5 และ 1.6 ปี เมื่อคิดอัตราส่วนลด 10 % และ 15 % ตามลำดับ แต่เมื่อทำการอบแห้ง 2 ครั้งต่อปี พบว่าจุดคุ้มทุนลดลงเป็น 0.6 และ 0.7 ปี ที่อัตราส่วนลดเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น ดัง Figures 8-11 สำหรับการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนในระบบอบแห้งนี้ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ ได้แก่รายรับที่ได้จากการได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มและอายุการใช้งานของระบบอบแห้งข้าวเปลือก ในขณะที่รายจ่ายและอัตราส่วนลดจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าสุทธิน้อย ดัง Figures 12-15

กรณีต้องสร้างฉางเก็บหรือลานตากใหม่ทั้งหมด พบว่าการลงทุนในการอบแห้งแบบ ฉางเก็บจะคุ้มทุนที่ 6 ปี และ 7.5 ปี เมื่อคิดอัตราส่วนลด 10 %, 15 % ตามลำดับ ดัง Figures 16-17 สำหรับการลงทุนในการอบแห้งแบบตากลานพบว่าแม้ว่าจะใช้งานจนหมดอายุ การลงทุนยังไม่ถึงจุดคุ้มทุน จากการวิเคราะห์ความไวของการลงทุนในกรณีนี้ พบว่าในกรณีที่สร้างฉาง เก็บรายรับและรายจ่ายของโครงการเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบมากต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่า ปัจจุบันสุทธิ แต่สำหรับการลงทุนแบบตากลานนั้นพบว่ารายจ่ายจะมีผลกระทบมากต่อการ เปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัง Figures 18 - 21

สรุป

ในการอบแห้งและเก็บรักษาข้าวเปลือกในฉางเก็บ โดยการใช้อากาศแวดล้อมเป่า ผ่านกองข้าวเปลือก สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ตลอด 7 เดือนที่ทำการอบแห้งและเก็บรักษาข้าวเปลือก ที่ช่วงความชื้นเริ่มต้น โดยเฉลี่ยทั้งกอง 17 % มาตรฐานเปียก ลดลงเหลือ 11.6 % มาตรฐานเปียก โดยใช้อัตราการ ไหลอากาศ $0.57 \text{ m}^3/\text{min} - \text{m}^3$ ข้าวเปลือก และสำหรับในช่วงเก็บรักษานั้นจะระบายอากาศ เป็นระยะ ๆ ประมาณ 2 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ โดยอุณหภูมิในกองข้าวอยู่ในช่วง $35 - 40^\circ \text{C}$ พบ ว่าคุณภาพข้าวเปลือกหลังสิ้นสุดการทดลองอยู่ในเกณฑ์ดี ทั้งในด้านความขาวและเปอร์เซ็นต์ข้าว เต็มเมล็ด ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสำหรับในช่วงการอบแห้ง 21 บาทต่อตันข้าวเปลือก หรือประมาณ 0.31 บาทต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย สำหรับในช่วงการเก็บรักษาให้ความสิ้นเปลือง พลังงานไฟฟ้า 1.97 บาทต่อตันข้าวเปลือก

2. การลงทุนในระบบอบแห้งเฉพาะในส่วนระบบท่อลมจะคุ้มทุนภายในเวลา 1.5 ปี, 1.6 ปี (กรณีอบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 1 ครั้ง) และคุ้มทุนภายใน 0.6 ปี และ 0.7 ปี (กรณี อบแห้งข้าวเปลือกได้ปีละ 2 ครั้ง) เมื่อคิดอัตราส่วนลด 10 % และ 15 % รายได้และอายุการใช้ งานของระบบอบแห้งเป็นปัจจัยที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ

3. การลงทุนในระบบอบแห้งใหม่ทั้งหมดในแบบฉางเก็บจะคุ้มทุนภายใน 6 ปี และ 7.5 ปี เมื่อคิดอัตราส่วนลด 10 % และ 15 % ส่วนการลงทุนแบบลานตากไม่มีความคุ้ม ทุน และในกรณีอบแห้งแบบฉางเก็บ ปัจจัยที่มีความไวมากคือ ปัจจัยที่เป็นรายรับ, รายจ่าย และ อัตราดอกเบี้ย ของโครงการ สำหรับแบบตากลานปัจจัยที่มีความไวมากได้แก่ รายจ่ายของ โครงการ

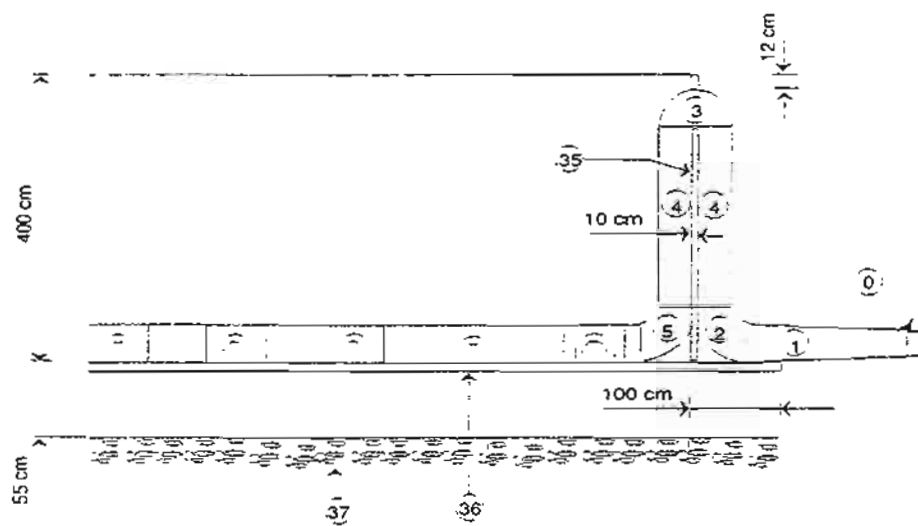
คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Australian Centre for International Agricultural Research และกองส่งเสริมเทคโนโลยี กระทรวง

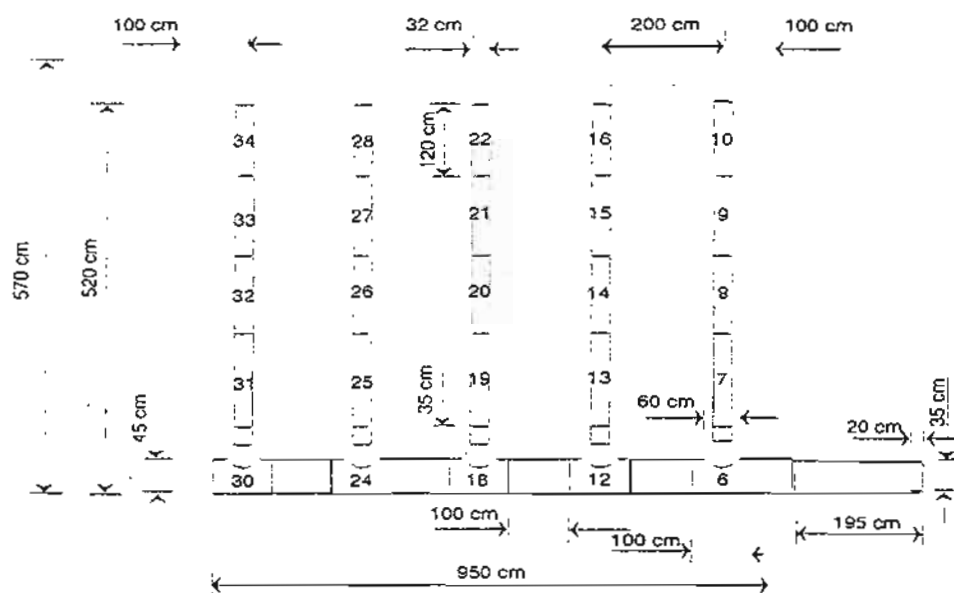
วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ใคร่ขอขอบคุณต่อชุมชนสหกรณ์การเกษตร
ฉะเชิงเทราจำกัด และศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินโครงการวิจัย ตลอด
จนให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบคุณภาพการสีและความขาว

เอกสารอ้างอิง

1. สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ และ เพชรา ปรีชากุล, 2533, การทดสอบการอบแห้งข้าวเปลือก
แบบในถังเก็บและแบบเป็นงวด: คุณภาพผลิตภัณฑ์, วิทยาสารเกษตรศาสตร์,
24(3), 367-377.
2. สมเกียรติ ปรัชญาวารการ, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, อติศักดิ์ นาถกรณกุล และ ลิทธิชัย
อินทร์จันทร์, 2538, การรักษาคูณภาพข้าวเปลือกโดยมีการระบายอากาศเป็น
ระยะ ๆ, วิทยาสารเกษตรศาสตร์, 29(4), 486-493.
3. สมชาติ โสภณธนฤทธิ์ และ สมชาย ฉินสกธนากร, 2533, การศึกษาการอบแห้ง
ข้าวเปลือกแบบในถังเก็บและแบบเป็นงวด: ความสิ้นเปลืองพลังงาน, วิทยาสาร
เกษตรศาสตร์, 24(3), 92-101.
4. Driscoll, R.H. and Srzednicki, G.S., 1989, Design for a Complete Grain Drying
System under Southeast Asian Climates, Proc. 12th ASEAN Seminar on Grain
Post-Harvest Technology, J.O.Naewbanij (ed.).
5. Noomhorm, A., Chen, Y., 1991, Effect of Tropical Environmental Condition on Rice
Kemel Breakage During Milling, Journal of the Science of Food and
Agriculture, 55(4), 521-528.
6. Phillips, S., Widjaja S., Wallbridge, A. and Cooke, R., 1988, Rice Yellowing
During Post-Harvest Drying by Aeration and During Storage, Journal Stored
Product, 24(3), 173-181.
7. Soponronnarit, S., Wongvirojtana, P., Nathakaranakule, A., Chinsakolthanakorn, S.,
1995, Design Charts for In-Store Paddy Drying under Hot and Humid
Climates, Agricultural Engineering Journal, 4(3), 147-162.



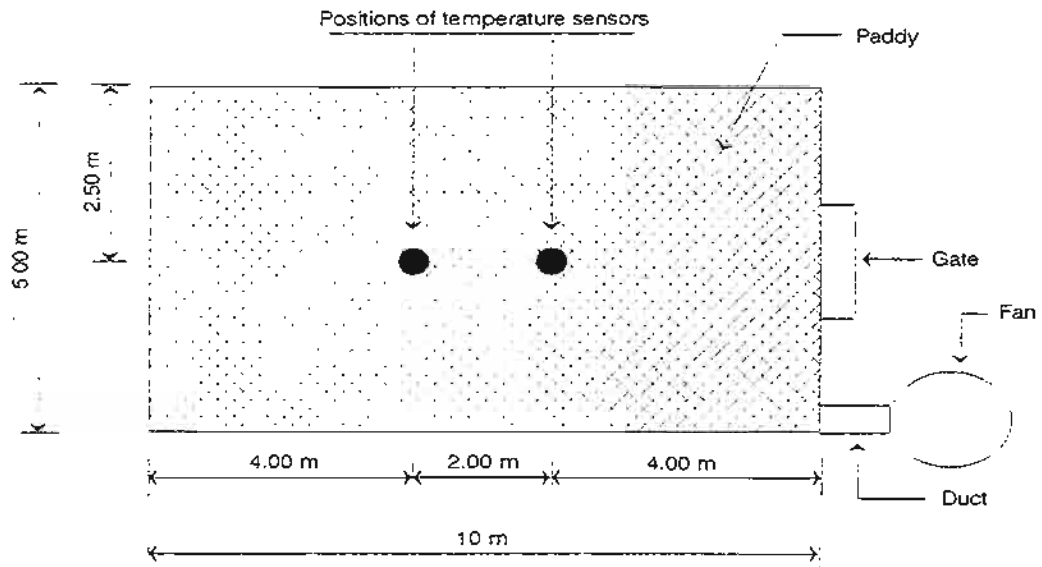
(a) side view



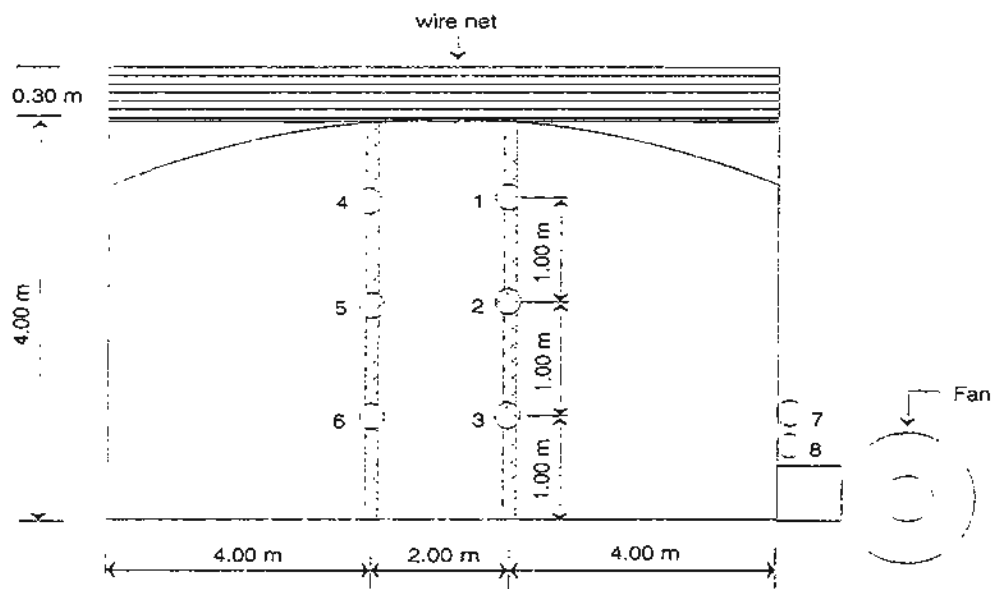
(b) plan view

Figure 1 Detail of duct on floor of in-store drying system

0 = flexible duct 2,3,5 = bended duct 1,4,11,17,23,29 = straight duct 6,12,18,24,30 = tee wye
 7-10,13-16,19-22,25-28,31-34 = perforated plate 35 = wood wall 36 = floor 37 = ground



(a) Plan view

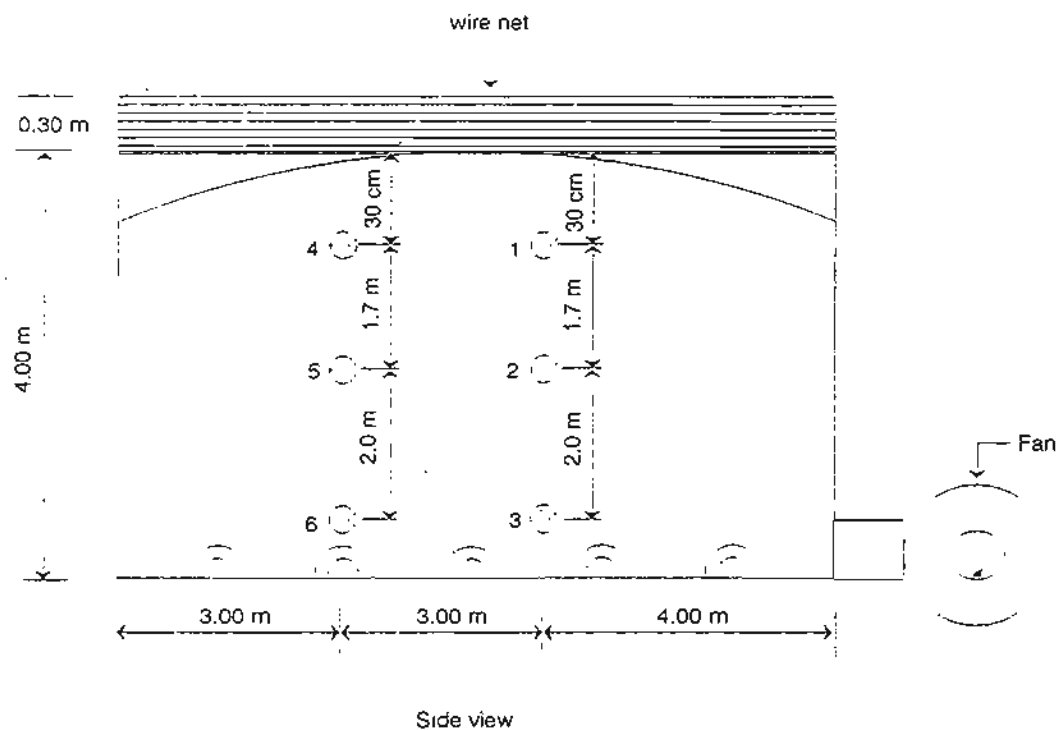


(b) Side view

1,2,3,4,5,6 = Positions of temperature sensors in paddy bulk

7,8 = Positions of dry bulb and wet bulb temperature sensors

Figure 2 Positions of temperature sensors and electric fan in a warehouse



1,2,3,4,5,6 = Positions of sample collection in paddy bulk

Figure 3 Positions of sample collection in a warehouse

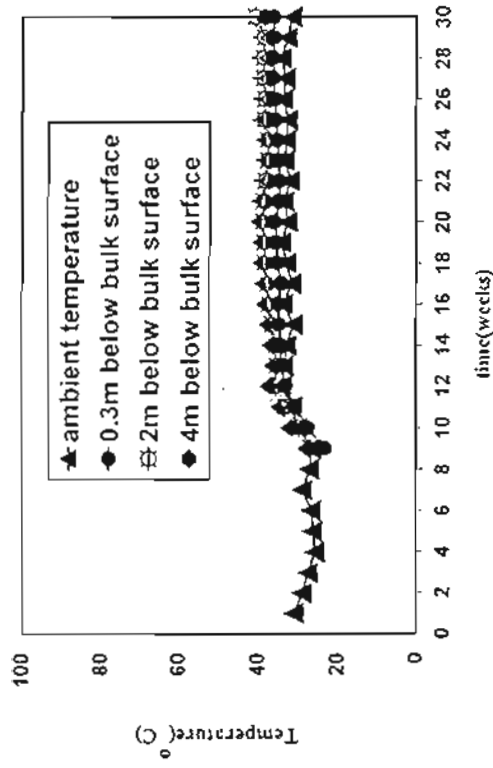


Figure 4 Evolution of temperature in paddy bulk and ambient air temperature

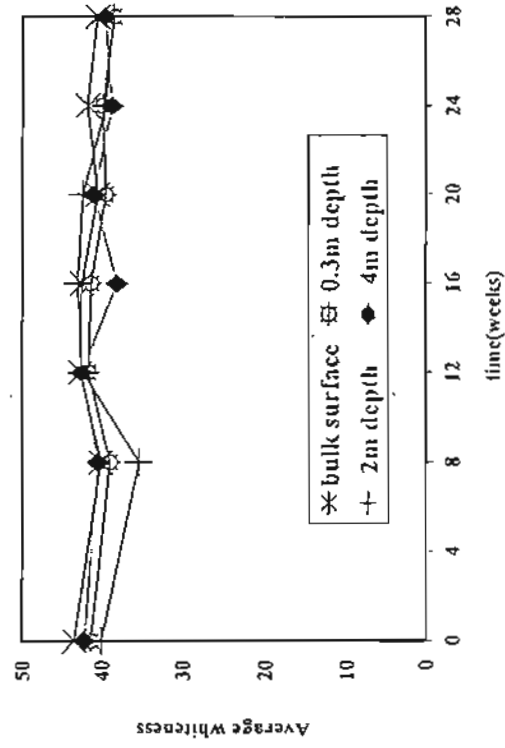


Figure 6 Evolution of whiteness during drying and storage

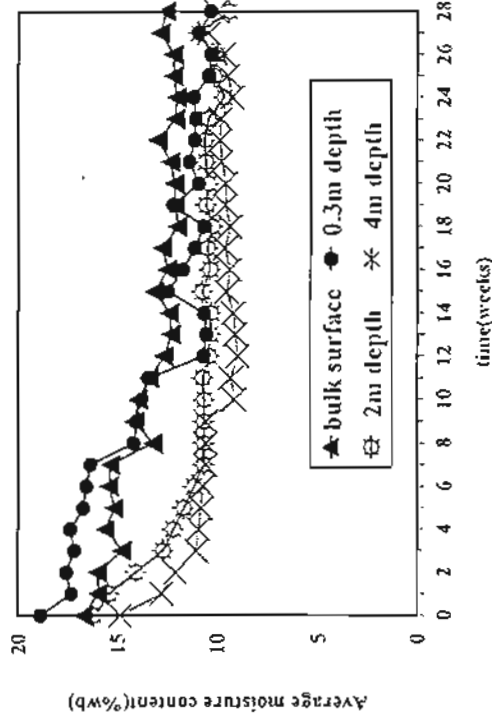


Figure 5 Evolution of moisture content of paddy

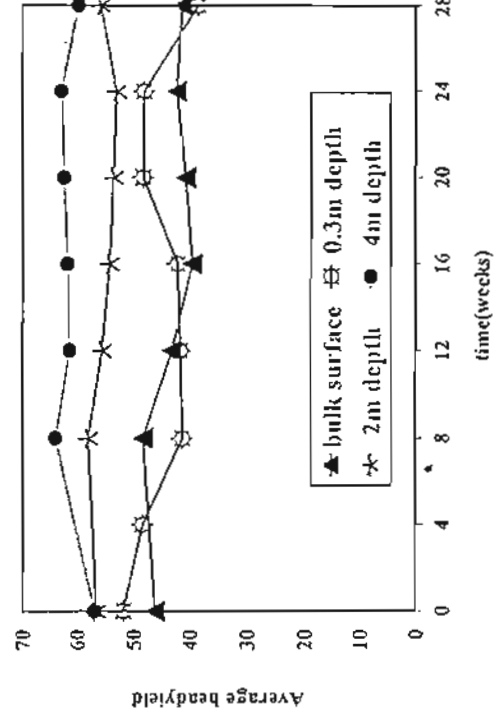


Figure 7 Evolution of head yield during drying and storage

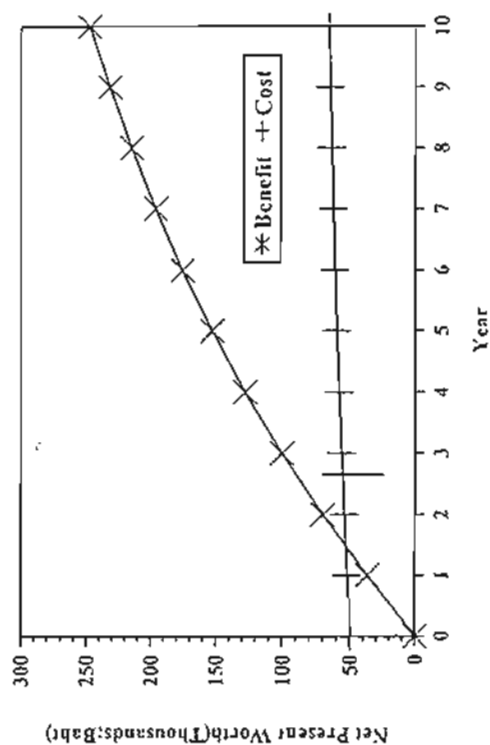


Figure 8 Break even point analysed by present worth method using 10 % discount rate
[In-store drying only additional investment in air ducts and other facilities, 1 drying per annum]

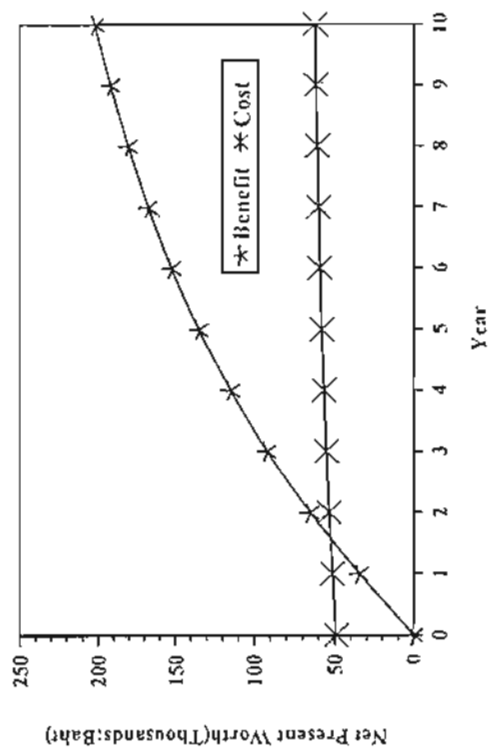


Figure 9 Break even point analysed by present worth method using 15 % discount rate
[In-store drying only additional investment in air ducts and other facilities, 1 drying per annum]

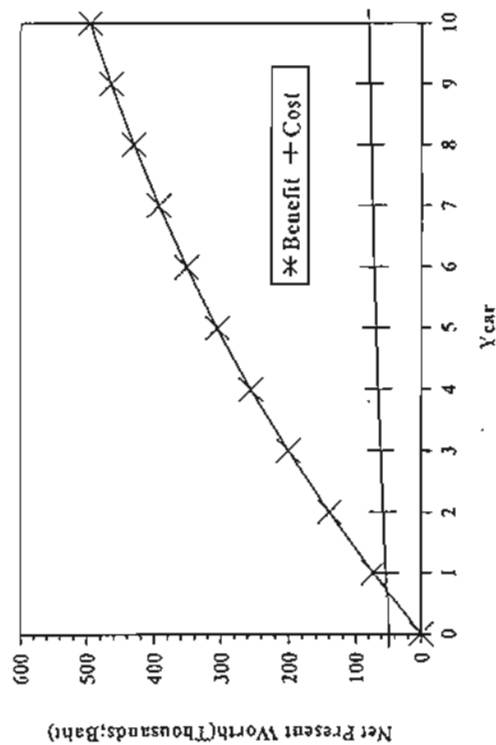


Figure 10 Break even point analysed by present worth method using 10 % discount rate
[In-store drying only additional investment in air ducts and other facilities, 2 drying per annum]

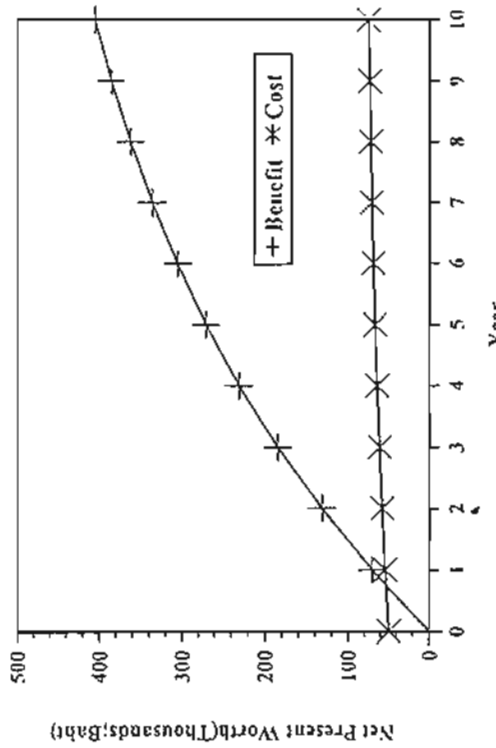


Figure 11 Break even point analysed by present worth method using 15 % discount rate
[In-store drying only additional investment in air ducts and other facilities, 2 drying per annum]

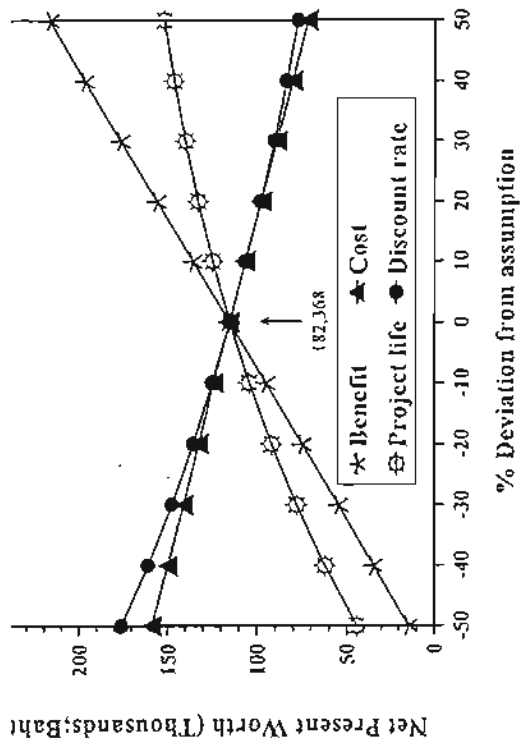


Figure 12 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth
 {The assumptions; 10 %discount rate, 10 year project life, salvage value = 0, benefit = 40,349 baht/year, cost = 2,661 baht/year, 1 drying/year}

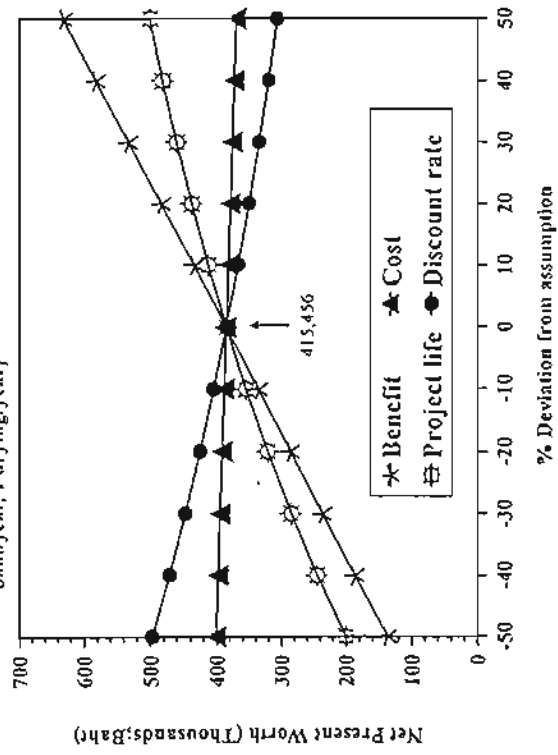


Figure 14 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth
 {The assumptions; 10 %discount rate, 10 year project life, salvage value = 0, benefit = 80,698 baht/year, cost = 5,076 baht/year, 2 drying/year}

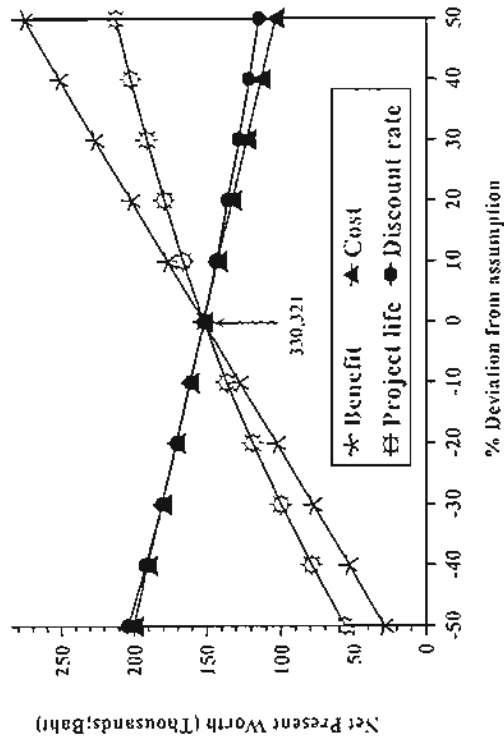


Figure 13 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth
 {The assumptions; 15 %discount rate, 10 year project life, salvage value = 0, benefit = 40,349 baht/year, cost = 2,661 baht/year, 1 drying/year}

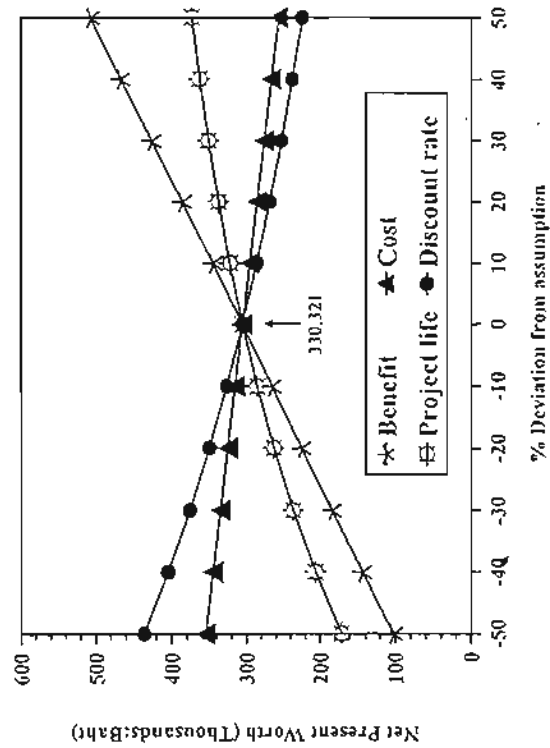


Figure 15 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth
 {The assumptions; 15 %discount rate, 10 year project life, salvage value = 0, benefit = 80,698 baht/year, cost = 5,076 baht/year, 2 drying/year}

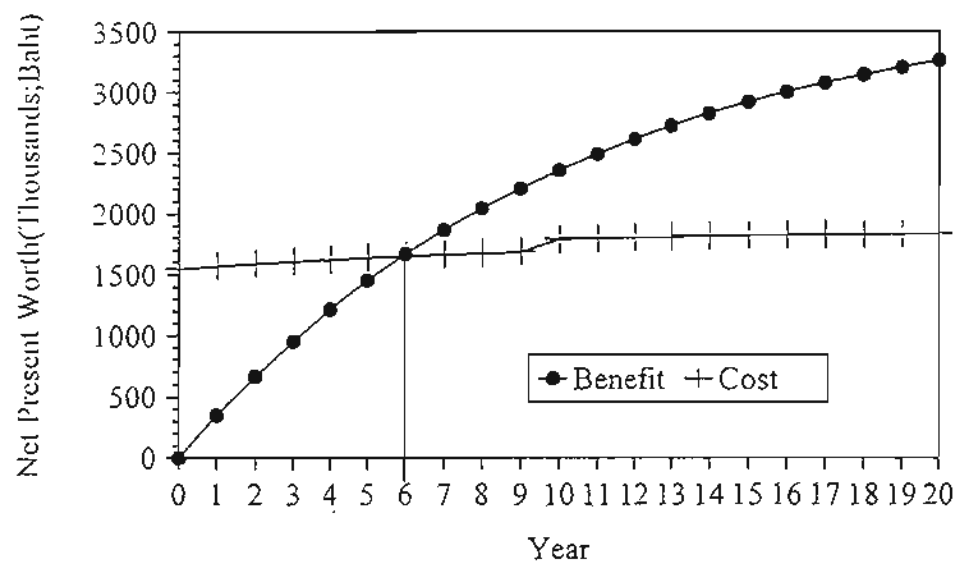


Figure 16 Break even point analysed by present worth method using discount rate of 10 %.
[In-store drying including the investment of a warehouse, air ducts]

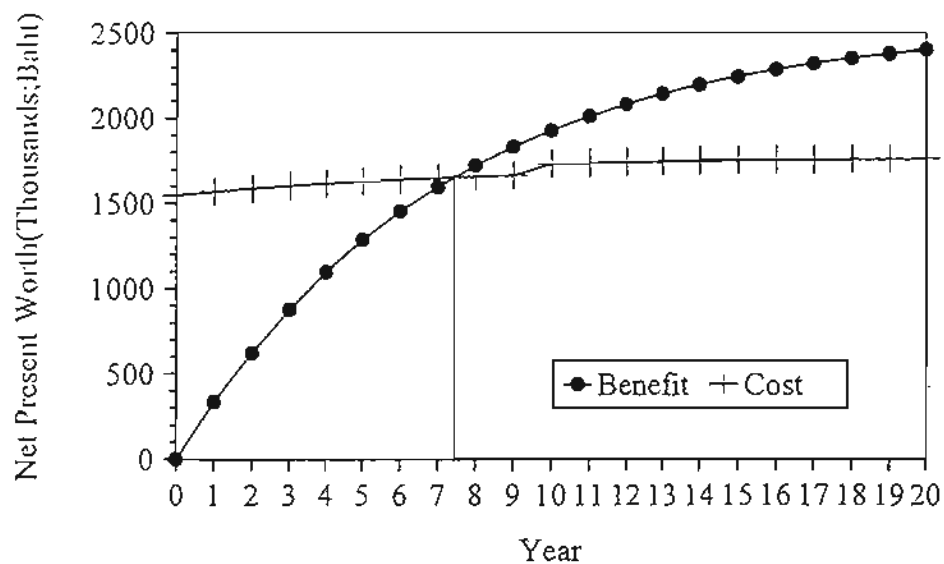


Figure 17 Break even point analysed by present worth method using discount rate 15 %.
[In-store drying including the investment of a warehouse, air ducts]

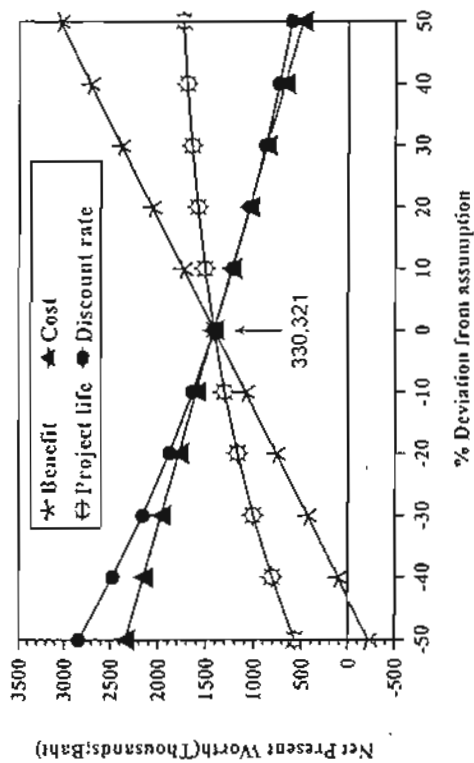


Figure 18 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
 [The assumptions : 10 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0, benefit = 383,660 baht/year, cost = 24,230 baht/year, in-store paddy drying]

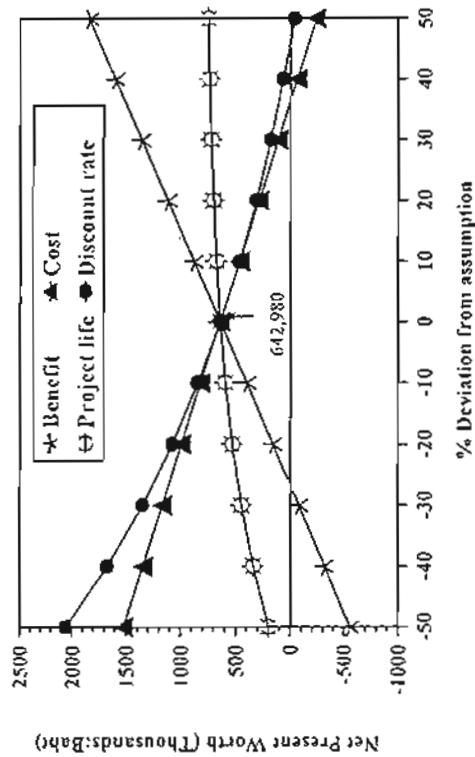


Figure 19 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
 [The assumptions : 15 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0, benefit = 383,660 baht/year, cost = 24,230 baht/year, in-store paddy drying]

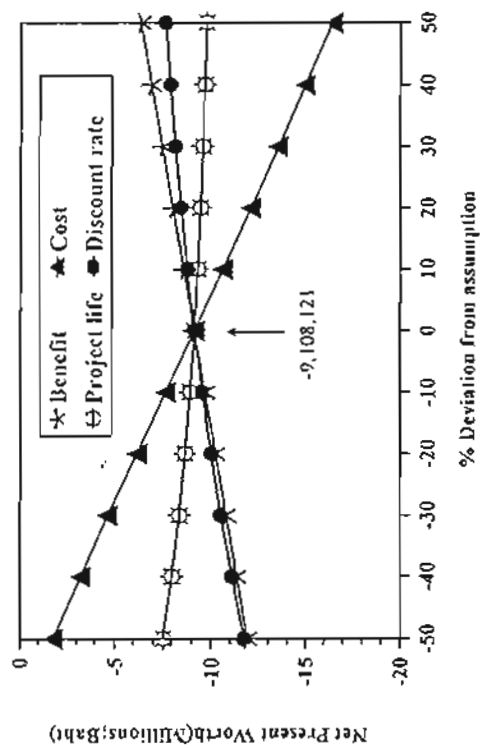


Figure 20 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
 [The assumptions : 10 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0, benefit = 635,600 baht/year, cost = 1,316,000 baht/year, sun drying]

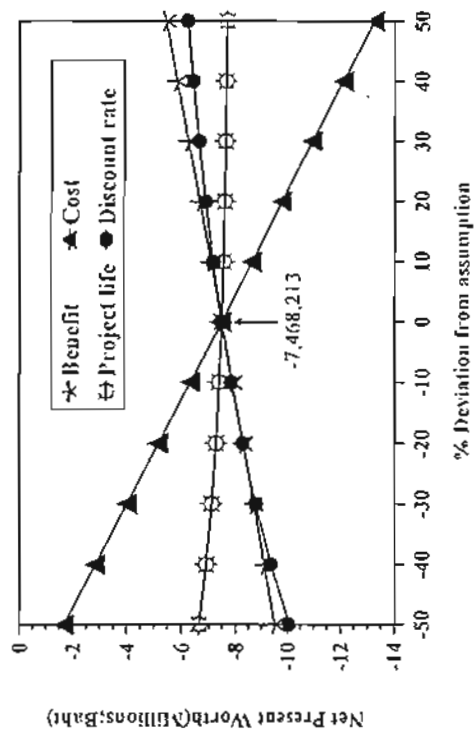


Figure 21 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
 [The assumptions : 15 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0, benefit = 635,600 baht/year, cost = 1,316,000 baht/year, sun drying]

การประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์และศักยภาพของการอบแห้งข้าวโพดในที่เก็บ

EVALUATION IN PRODUCT QUALITY AND POTENTIAL
OF IN-STORE CORN DRYING

พิพัฒน์ อมตฉายา¹ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์²

สมเกียรติ ปรัชญาวารากร³ อติศักดิ์ นาดกรณกุล² สิทธิชัย อินทร์จันทร์²

Pipatana Amatachaya¹ Somchart Soponronnarit²

Somkiat Prachayawarakorn³ Adisak Nathakaranakule² Sitthichai Inchan²

ABSTRACT

The objectives of this research are to study the feasibility of in-store corn drying by considering corn quality and economics. An ambient air flow rate of 5.44 m³/min-m³ of corn was flowed through the corn bulk with 30 t capacity at the average condition of 35 °C air temperature and 55 % relative humidity. The experimental results showed that the percentage of corn kernels infected with *Aspergillus flavus* was slightly increased as compared to reference samples while the amounts of aflatoxin B-1 produce were nearly the same as those in initial period. When moisture content of corn decreased from 19 % wet-basis to 12.5 % wet-basis, drying time was approximately 20 days and electricity consumption was 15 kW-h/t of corn (US\$ 0.9 /t of corn). The economics analysis showed that there were no any break even points in two case studies, in-store drying and sun drying for corn. From sensitivity method, it showed that cost of project was very sensitive to net present worth.

Key words: corn drying, quality, economics

¹อดีตนักศึกษาปริญญาโท และปัจจุบันเป็นอาจารย์ที่ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Former Graduate Student and at the present, he has been a lecturer at Rajamangala Institute of Technology Northeastern Campus, Nakornrajima, 30000, Thailand.

²คณะพลังงานและวัสดุ

School of Energy and Materials.

³ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ถนนสุขสวัสดิ์ 48 กรุงเทพฯ 10140

King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Suksawat 48 Rd., Bangkok 10140, Thailand.

บทคัดย่อ

ในการศึกษาการอบแห้งข้าวโพดในที่เก็บได้ทำการทดลองที่สหกรณ์การเกษตรนิคมสร้างตนเองพระพุทธรบาทจำกัด โดยใช้อัตราการไหลอากาศแวดล้อม $5.44 \text{ m}^3/\text{min-m}^3$ ข้าวโพด เป่าผ่านกองข้าวโพดที่มีความจุ 30 ตัน และทำการเก็บตัวอย่างข้าวโพดที่ระดับผิวบน, ที่ระดับความลึกจากผิว 30 เซนติเมตร, 75 เซนติเมตร และ 1.2 เมตร จากการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวโพดที่ติดเชื้อรา *Aspergillus flavus* เพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาณ Aflatoxin B-1 ที่ตรวจพบไม่เพิ่มขึ้น ในการลดความชื้นข้าวโพดจาก 19 % มาตรฐานเปียกเหลือ 12.5 % มาตรฐานเปียก ใช้เวลาในการอบแห้งประมาณ 20 วัน ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าคิดเป็นเงิน 22.50 บาท/ตันข้าวโพด หรือ 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวโพด จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการลงทุนในระบบอบแห้งในฉางเก็บ และในกรณีที่ลงทุนในระบบลานตาก พบว่าไม่มีความคุ้มค่าทั้งสองกรณี และค่าใช้จ่ายของโครงการมีผลกระทบอย่างมากต่อการเปลี่ยนแปลงเงินสุทธิของโครงการ

คำสำคัญ: การอบแห้งข้าวโพด, คุณภาพ, เศรษฐศาสตร์

บทนำ

พืชเศรษฐกิจอีกชนิดหนึ่งที่ทำรายได้จากการส่งออกให้กับประเทศปีละมาก ๆ และมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของประชากรไทย คือ ข้าวโพด จากการสำรวจมักพบว่าเมล็ดข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวแล้วนำมาเก็บรักษานั้นจะมีเชื้อราชนิดที่เรียกว่า *Aspergillus flavus* ซึ่งเป็นตัวสร้างสารพิษ Aflatoxin เจริญเติบโตอยู่เสมอ ถ้าวิธีการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาไม่ถูกต้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงอย่างเช่นประเทศไทย เชื้อรานี้จะสามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ไปได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากสารพิษ Aflatoxin เป็นพิษต่อคน สัตว์เลี้ยงแทบทุกชนิด และอาจก่ออันตรายถึงชีวิตได้ ในกรณีอาหารสัตว์จะยินยอมให้มี Aflatoxin เจือปนอยู่ได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัม (USA) ข้าวโพดที่มีปัญหาการติดเชื้อมากนั้น ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ฝนตกชุก การลดความชื้นในข้าวโพดลงจาก 23 % มาตรฐานเปียก ให้เหลือเพียง 13-14 % มาตรฐานเปียก โดยการตากแดดบนลานตากนั้นไม่อาจทำได้เนื่องจากฝนตกชุก จึงต้องอาศัยเครื่องอบแห้งในการลดความชื้นในเมล็ดข้าวโพดหรืออีกแนวทางหนึ่งก็คือการใช้โรงเก็บข้าวโพด ซึ่งจะใช้เป็นทั้งที่อบแห้งและเก็บรักษาข้าวโพดไปในตัว

Morey et al.(1978) ศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดพืช โดยทำการอบแห้งข้าวโพดในถังอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เมตร ความสูงประมาณ 4.5

เมตร จำนวน 6 ถึง แต่ละถังบรรจุข้าวโพดประมาณ 106 ลูกบาศก์เมตร ความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพดก่อนการอบแห้งเท่ากับ 28 % มาตรฐานเปียก ความชื้นข้าวโพดหลังการอบแห้งเท่ากับ 15 % มาตรฐานเปียก พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 °C อัตราการไหลของอากาศ 120 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด ลดความชื้นจาก 28 % เหลือ 24 % มาตรฐานเปียก แล้วอบแห้งต่อด้วยอุณหภูมิใกล้เคียง (อุณหภูมิอบแห้งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมประมาณ 1-5 °C) โดยใช้อัตราการไหลของอากาศ 1.7 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้งน้อยที่สุด

Kalchick et al. (1981) รายงานผลการทดสอบการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดในฟาร์มที่ รัฐมิชิแกน ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของสหรัฐอเมริกา เป็นเวลา 3 ปี พบว่าการอบแห้งแบบในถังเก็บและเป่าอากาศด้วยอากาศแวดล้อม โดยใช้อัตราการไหลของอากาศต่ำ จะให้ความสิ้นเปลืองพลังงานประมาณ 3.2 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย และการอบแห้งแบบเป็นวงโดยอุ่นอากาศให้ร้อนขึ้น ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานเพิ่มเป็น 6.6 เมกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย

Shove (1984) ศึกษาความสิ้นเปลืองพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดโดยใช้อุณหภูมิต่ำ ทำการอบแห้งข้าวโพดจากความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 22 % มาตรฐานเปียก จนมีความชื้นสุดท้ายเฉลี่ย 15 % มาตรฐานเปียก พบว่าการอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิแวดล้อมและอัตราการไหลของอากาศ 2-4.5 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อตันของข้าวโพด ใช้พลังงานในการอบแห้งเฉลี่ย 6 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันต่อเปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่ระเหย ส่วนการอบแห้งโดยมีการอุ่นอากาศให้สูงขึ้นจากอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ประมาณ 2 - 3 °C และอัตราการไหลของอากาศ 0.8-2.2 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อตันของข้าวโพด ให้ความสิ้นเปลืองพลังงานในการอบแห้ง 12 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันต่อเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ระเหย

Eckhoff et al. (1984) ศึกษาการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ขณะอบแห้งเมล็ดข้าวโพด โดยใช้อากาศแวดล้อมเป่าผ่านถึงอบแห้ง โดยที่ถึงอบแห้งมีขนาดความจุ 5 ตัน และความชื้นเริ่มต้นของข้าวโพดเท่ากับ 29.8 % มาตรฐานเปียก แบ่งการทดลองออกเป็น 3 วิธี ดังนี้

1. ฉีดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ผสมกับอากาศหลังพัดลมก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง
2. ให้พัดลมหมุนกลับทาง เพื่อให้อากาศไหลย้อนกลับจากทางด้านบนลงสู่ด้านล่างของถังอบ และฉีดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ด้านบนของถังอบ
3. ฉีดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ลงไปยังเมล็ดข้าวโพดในระหว่างบรรจุเมล็ดข้าวโพดลงถังอบแห้ง

วิธีที่ 1 และ 2 ใช้ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เท่ากับ 0.12 % โดยน้ำหนัก และทิ้งไว้ 2 ชม. ก่อนเริ่มเดินพัดลมอบแห้ง และใช้อีก 0.05 % โดยน้ำหนัก ในวันที่ 28 และ 128 ของการอบแห้งโดยทิ้งไว้ 1 ชม. ก่อนเริ่มเดินพัดลมอบแห้ง ส่วนวิธีที่ 3 ใช้ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ชั้นบนและชั้นกลางของชั้นข้าวโพดเท่ากับ 0.38 % และ 0.10 % โดยน้ำหนักตามลำดับ และทิ้งไว้ 20 นาที ก่อนเริ่มเดินพัดลมอบแห้ง จากการทดสอบ พบว่า

วิธีที่ 2 จะมีปริมาณจุลินทรีย์เกิดขึ้นในระหว่างการอบแห้งต่ำมาก ส่วนวิธีที่ 1 จะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ด้านบนของชั้นข้าวโพดในช่วงเริ่มต้นการอบแห้ง เนื่องจากในระยะเริ่มแรกบริเวณชั้นบนของชั้นข้าวโพดมีความชื้นสูง และได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยกว่าบริเวณชั้นล่าง ส่วนวิธีที่ 3 ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เนื่องจากยังมีปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้งมีค่าสูง นอกจากนี้ ยังพบว่าการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกร้าว 6.9 % ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการใช้อากาศร้อนที่อุณหภูมิ 100 °C ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกร้าวมากถึง 31.5%

อนุรักษ์ ครองทรัพย์ (2533) ได้ศึกษาแนวทางการอบแห้งข้าวโพดแบบเป็นงวดที่เหมาะสม โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งข้าวโพด และคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหลังการอบแห้ง อัตราการไหลของอากาศแปรระหว่าง 5.50-45.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด และอุณหภูมิอากาศ 45-90 °C

โดยการอบแห้งจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การอบแห้งแบบเป่าอากาศต่อเนื่อง และการอบแห้งแบบเป่าอากาศไม่ต่อเนื่อง ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ 1. การอบแห้งโดยใช้อัตราการไหลของอากาศต่ำ อุณหภูมิสูง (LFHT, อัตราการไหลของอากาศ 5.50-25.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด, อุณหภูมิ 60-90 °C) 2. การอบแห้งโดยใช้อัตราการไหลสูง อุณหภูมิต่ำ (HFLT, อัตราการไหลของอากาศ 30.0-45.0 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด, อุณหภูมิ 45-55 °C) 3. การอบแห้งโดยใช้อัตราการไหลของอากาศต่ำ อุณหภูมิต่ำ (LFLT, อัตราการไหลของอากาศ 5.50-25.95 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด, อุณหภูมิ 45-55 °C) ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพด 15-26 % มาตรฐานเปียก ความชื้นเฉลี่ยสุดท้ายของเมล็ดข้าวโพด 14 % มาตรฐานเปียก ผลการทดลองพบว่าในกรณีการอบแห้งแบบเป่าอากาศต่อเนื่อง วิธีการอบแห้งแบบ HFLT และ LFHT ปริมาณ Aflatoxin ไม่เพิ่มขึ้น แต่วิธี LFLT ปริมาณ Aflatoxin มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสำหรับกรณีที่มีการอบแห้งแบบเป่าอากาศไม่ต่อเนื่องนั้น ปริมาณ Aflatoxin มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกกรณี สำหรับเปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าว จะมีค่าสูงเมื่อความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพดสูงกว่า 18 % มาตรฐานเปียก และอุณหภูมิที่ใช้อบแห้งไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าว แต่ที่ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดข้าวโพดต่ำกว่า 18 % มาตรฐานเปียก เปอร์เซ็นต์เมล็ดร้าวจะลดลง แต่จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง เมื่อเปรียบเทียบการอบแห้งแบบเป่าอากาศต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่องพบว่าแบบเป่าอากาศไม่ต่อเนื่องจะมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดร่วมน้อยกว่า และไม่พบเมล็ดแตกจากการอบแห้งทั้ง 2 แบบ สำหรับความสัมพันธ์ของพลังงานสุทธิสุดท้าย วิธี LFLT และ HFLT จะใกล้เคียงกัน และต่ำกว่าวิธี LFHT เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของพลังงานป้อนรวม การอบแห้งวิธี LFLT จะสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด และวิธี HFLT จะสิ้นเปลืองพลังงานมากที่สุด

Wongurai et al. (1992) ศึกษาอิทธิพลของแอกติวิตีของน้ำ สำหรับข้าวโพดที่มีต่อการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่าในช่วงแอกติวิตีของน้ำเป็น 1-0.94 ที่อุณหภูมิ 28 °C ตรงกับความชื้นสมดุลข้าวโพด 41 - 22 % มาตรฐานเปียก มีการเจริญของเชื้อ

Aspergillus flavus ค่อนข้างสูง และในช่วงที่แอกติวิตีของน้ำน้อยกว่า 0.85 เป็นช่วงที่ความชื้นสมดุลน้อยกว่า 18 % มาตรฐานเปียก ไม่มีการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus*

วีรวัฒน์ นิลรัตน์คุณ และคณะ (2537) ได้ศึกษาหาอัตราที่เหมาะสมในการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รมข้าวโพดความชื้นสูงเพื่อป้องกันการเจริญของเชื้อราและการเกิดสารพิษ Aflatoxin เป็นการชั่วคราว โดยทำการทดลองใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รมกองข้าวโพดที่คลุมด้วยผืนพลาสติกในอัตรา 0.5, 0.75, 1.0 และ 2.0 กิโลกรัมต่อ 1 ตันข้าวโพด เป็นเวลา 4 วัน ผลการทดลองพบว่าการรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอัตราตั้งแต่ 0.5 กิโลกรัมต่อ 1 ตันข้าวโพด สามารถป้องกันการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus* และการเกิดสารพิษ Aflatoxin ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยคุณภาพของเมล็ดและอุณหภูมิในกองข้าวโพดไม่เปลี่ยนแปลง ในขณะที่ข้าวโพดที่กองไว้ในสภาพบรรยากาศปกติถูกเชื้อรา *Aspergillus flavus* เข้าทำลายเกือบทั่วทั้งกอง ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษ Aflatoxin และอุณหภูมิภายในกองข้าวโพดเพิ่มสูงขึ้น เมล็ดจับตัวเป็นก้อนและมีกลิ่นเหม็นหืน

สมเกียรติ ปรัชญาวรรการ และคณะ (2538) ได้ศึกษาการป้องกันการเกิด Aflatoxin B-1 ในข้าวโพดโดยการอบแห้งในฉางเก็บ พบว่าระบบท่อลมที่ออกแบบให้การกระจายลมสม่ำเสมอตลอดพื้นที่อบแห้ง ควรลดความชื้นข้าวโพดให้เหลือ 18-19 % มาตรฐานเปียก ภายในเวลา 2 วัน และหลังจากนั้นควรลดให้เหลือ 12 - 13 % ภายในเวลา 14 วัน เพื่อป้องกันการเกิด Aflatoxin B-1 ในการลดความชื้นข้าวโพดจากความชื้น 19 % มาตรฐานเปียก เหลือ 12-13 % มาตรฐานเปียก ด้วยการเป่าอากาศแวดล้อม โดยใช้อัตราการไหลอากาศแวดล้อมอยู่ในช่วง 3.6-4.6 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 0.46-0.9 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมน้ำที่ระเหย หรือคิดเป็นค่าใช้จ่าย 16-17 บาทต่อตันข้าวโพด

จากงานวิจัยที่ผ่านมาจะเห็นว่าการเจริญของเชื้อ *Aspergillus flavus* และการสร้างสาร Aflatoxin B-1 จะมีในปริมาณสูงเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง และข้าวโพดมีความชื้นสูง ซึ่งในการป้องกันสามารถทำได้โดยการใช้สารเคมีเข้าไปหยุดยั้งการเจริญของ *Aspergillus flavus* และในกรณีที่ความชื้นข้าวโพดไม่สูงกว่า 20 % มาตรฐานเปียก มีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงที่จะนำระบบอบแห้งในที่เก็บโดยใช้อากาศแวดล้อมมาใช้ในการลดความชื้นและป้องกันการเกิด Aflatoxin ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบอบแห้งในที่เก็บ โดยพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์ และคุณภาพของข้าวโพดหลังการอบแห้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

พื้นที่ที่ใช้ในการทดลองอบแห้งข้าวโพดในที่เก็บมีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร สูง 1.5 เมตร สามารถจุข้าวโพดได้ 30 ตัน ระบบท่อลมประกอบด้วยท่อลมหลัก(หมายเลข 1, 2, 3, 4, 5, และ 6) ดัง Figure 1 เป็นท่อลมที่มีลักษณะเป็นรูปหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40 เซนติเมตร X 40 เซนติเมตร ทำด้วยสังกะสีแผ่นเรียบหนา 1.5 มิลลิเมตร ท่อย่อย (หมายเลข 7-9, 10-12 และ 13-15) ทำด้วยแผ่นเหล็กเจาะรูหนา 1.5 มิลลิเมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของรูกระจายลม 1.5 มิลลิเมตร โดยหน้าตัดของท่อย่อยจะเป็นรูปครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 เซนติเมตร ยาวท่อนละ 1.20 เมตร ใช้พัดลมแบบเหวี่ยงใบพัดโค้ง หลัง มีมอเตอร์ขนาด 3.7 kW เป็นต้นกำลัง

การทดลอง

ในการทดลองได้นำข้าวโพดที่มีความชื้นเฉลี่ย 19 % มาตรฐานเปียก น้ำหนักประมาณ 30 ตัน เข้ามาเก็บไว้ในฉางเก็บ แล้วเป่าอากาศแวดล้อมที่มีอุณหภูมิ 35 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยประมาณ 55 % เข้าไปในกองข้าวโพดเกือบทุกวัน ในระหว่างเวลา 8.00-16.00 น. (8 ชม.) ด้วยอัตราการไหลอากาศประมาณ 5.44 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีต่อลูกบาศก์เมตรข้าวโพด บันทึกข้อมูลของอุณหภูมิในกองข้าวโพดขณะเป่าอากาศ 2 จุด จุดละ 3 ตำแหน่ง Figure 2 โดยแต่ละจุดจะห่างกัน 2 เมตร นอกจากนี้ยังวัดอุณหภูมิอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิกระเปาะเปียกด้วย ในการวัดอุณหภูมิทั้งในกองข้าวโพดและอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม ใช้สายเทอร์โมคัปเปิล type K ต่อเข้ากับ data logger ที่มีความถูกต้อง ± 1 °C ทำการเก็บตัวอย่างข้าวโพดที่ผิวบนของกองข้าวโพด ที่ระดับความลึก 0.3 เมตร, 0.75 เมตร และ 1.20 เมตร เพื่อนำมาหาความชื้นของข้าวโพด นอกจากนี้ยังเก็บตัวอย่างข้าวโพด 2 จุด ที่ระดับความลึก 0.30 เมตร, 0.75 เมตร และ 1.20 เมตร จำนวน 1,500 กรัม ดัง Figure 3 นำไปตรวจสอบหาปริมาณ Aflatoxin B-1 โดยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) และนำไปเพาะเชื้อเพื่อตรวจนับจำนวนข้าวโพดที่ติดเชื้อรา *Aspergillus flavus*

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในระบบอบแห้งนั้นจะพิจารณา 2 กรณีคือ กรณีที่สหกรณ์ หรือกิจการโรงสีมีฉางหรือสำหรับเก็บเมล็ดพืชอยู่แล้ว และลงทุนเพิ่มเฉพาะระบบท่อลม(รวมพัดลม) และในกรณีที่มีการลงทุนใหม่ทั้งหมด โดยจะทำการเปรียบเทียบ

ระหว่างลานตาก กับระบบอบแห้งในที่เก็บ วิธีในการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์นี้ใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) โดยใช้อัตราส่วนลด 10 % และ 15 % ข้อกำหนดในการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1) กรณีที่มีฉางเก็บอยู่แล้ว และลงทุนเพิ่มเฉพาะระบบทอลม อายุของระบบทอลม 10 ปี, เงินลงทุนแรกเริ่มสำหรับระบบทอลม 225,000 บาท และมูลค่าซากในปีที่ 10 เท่ากับศูนย์ ต้นทุนที่เป็นพลังงานสำหรับการระบายอากาศคิดเป็นเงิน 45,000 บาท/ปี, ค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษา (0.5 % ของราคากระบอกแห้งข้าวโพด) 1125 บาท/ปี, ในเวลา 1 ปี สามารถอบแห้งข้าวโพดได้ทั้งหมด 2000 ตัน/ปี ฉะนั้นผู้ประกอบการจะมีรายได้เพิ่มเนื่องจากการไม่ถูกหักความชื้น เนื่องจากความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก (ความชื้นเริ่มต้น 19 % มาตรฐานเปียก) คิดเป็นเงิน 66,663 บาท/ปี

2) กรณีที่มีการลงทุนใหม่ทั้งหมด

- กรณีที่สร้างโรงเรือนพร้อมกับติดตั้งระบบทอลม อายุของโครงการและอายุการใช้งานของเรือน 20 ปี, อายุการใช้งานของระบบทอลม 10 ปี, เงินลงทุนเริ่มต้นประกอบด้วยค่าโรงเรือนพื้นคอนกรีต 1,500,000 บาท และค่าก่อสร้าง และติดตั้งระบบทอลม 225,000 บาท, ค่าใช้จ่ายในด้านความสิ้นเปลืองพลังงาน และค่าซ่อมบำรุงต่อปี (0.5 % ของกระบอกแห้ง) 46,125 บาท, ในหนึ่งปีสามารถอบแห้งปริมาณข้าวโพด 2000 ตัน ซึ่งเมื่อคิดเทียบเป็นรายได้เนื่องจากการไม่ถูกหักน้ำหนักเนื่องจากความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก (ความชื้นเริ่มต้น 19 % มาตรฐานเปียก) เป็นเงินเท่ากับ 66,663 บาท

- กรณีที่สร้างลานตาก อายุของโครงการ และอายุการใช้งานของลานตาก 20 ปี, อายุการใช้งานรถดัก รถเกลี่ย และรถแทรกเตอร์ 10 ปี, เงินลงทุนเริ่มต้นประกอบด้วย ค่าก่อสร้างลานคอนกรีต ขนาด 3000 ตารางเมตร 1,050,000 บาท, รถดักคันละ 400,000 บาท, รถแทรกเตอร์คันละ 250,000 บาท, รถเกลี่ยคันละ 150,000 บาท, ค่าดำเนินการต่อปี 129,000 บาท, ค่าซ่อมบำรุงลานตากต่อปี (0.5% ของราคาก่อสร้าง) 5,250 บาท, ค่าซ่อมบำรุงรถดัก รถแทรกเตอร์ และรถเกลี่ย ต่อปี 80,000 บาท ในหนึ่งปีสามารถอบแห้งข้าวโพดได้ 3000 ตัน ซึ่งคิดเทียบเป็นรายได้จากการไม่ถูกหักน้ำหนักเนื่องจากความชื้นเกิน 14 % มาตรฐานเปียก (ความชื้นเริ่มต้น 19 % มาตรฐานเปียก) 99,994 บาท

จากข้อกำหนดดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth) โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้ .

$$BPW = B(PWF, i, n) \quad (1)$$

$$CPW = C(PWF, i, n) \quad (2)$$

$$NPW = \Sigma BPW - \Sigma CPW \quad (3)$$

$$\text{เมื่อ } PWF = \text{Present Worth Factor}$$

$$= \frac{1}{(1+i)^n}$$

B'	=	รายรับ
C	=	รายจ่าย
BPW	=	รายรับที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
CPW	=	รายจ่ายที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน
NPW	=	มูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Worth)
i	=	อัตราดอกเบี้ย
n	=	ระยะเวลาที่ใช้เปรียบเทียบ

ผลและวิจารณ์

อุณหภูมิ

Figure 4. แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศ และอุณหภูมิของกองเมล็ดข้าวโพดกับเวลา ตลอดที่มีการอบแห้ง พบว่าตลอดช่วงของการอบแห้ง อุณหภูมิภายในกองข้าวโพดมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม และอุณหภูมิภายในกองค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยอุณหภูมิภายในกองข้าวโพดอยู่ในช่วง 26-28 °C ที่ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการสร้างสาร Aflatoxin โดย *Aspergillus flavus* (Koehler et al., 1985)

ความชื้นข้าวโพด

เมื่อนำข้าวโพดบรรจุในโรงเก็บ ข้าวโพดมีความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ยเท่ากับ 19 % มาตรฐานเปียก และเมื่อเป่าอากาศแวดล้อมผ่านกองข้าวโพดนานประมาณ 20 วัน ความชื้นสุดท้ายเฉลี่ยตลอดของข้าวโพดจะลดลงเหลือ 12.5 % มาตรฐานเปียก จาก Figure 5 พบว่าความชื้นข้าวโพดที่ระดับความลึกมากกว่าจะมีความชื้นต่ำกว่าที่ระดับความลึกลึกน้อยกว่า เช่น ที่ระดับความลึก 1.2 m จะมีความชื้นต่ำกว่าที่ระดับความลึก 0.75 m เนื่องจากอากาศที่ไหลผ่านจากบริเวณด้านล่างของห้องอบแห้งขึ้นไปยังบริเวณชั้นบน มีปริมาณไอน้ำในอากาศค่อนข้างสูงทำให้อัตราการถ่ายเทความชื้นลดลง ส่งผลให้ความชื้นลดลงได้น้อยเมื่อเทียบกับบริเวณด้านล่างของการอบแห้ง อย่างไรก็ตามที่เวลาสุดท้ายของการอบแห้งความชื้นของข้าวโพดในแต่ละระดับความลึกจะต่างกันเล็กน้อย (ประมาณ 15 % มาตรฐานเปียก) นั่นเป็นเพราะเกิดการเคลื่อนย้ายของโซนการอบแห้งจากด้านล่างไปยังด้านบนจึงส่งผลให้ความชื้นบริเวณส่วนบนลดลง

การใช้พลังงาน

จากการเป่าอากาศแวดล้อมผ่านกองข้าวโพด วันละ 8 ชั่วโมงนาน 20 วัน เพื่อลดความชื้นข้าวโพดจาก 19 % มาตรฐานเปียก ลงเหลือ 12.5 % มาตรฐานเปียก โดยใช้อัตราการไหลของอากาศแวดล้อม 5.44 ลูกบาศก์เมตร/นาที่-ลูกบาศก์เมตรข้าวโพด พบว่ามีความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวโพด คิดเป็นเงิน 22.50 บาท/ตันข้าวโพด หรือ 0.32 บาท/กิโลกรัมน้ำที่ระเหย

คุณภาพ

โดยทั่วไปในการพิจารณาคุณภาพของข้าวโพดว่าดีหรือไม่ จะพิจารณาการแตกร้าว การแตก สี การเกิดเชื้อราบนกองข้าวโพด และAflatoxin B-1 แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการอบแห้งในที่เก็บ โดยใช้อากาศแวดล้อม ดังนั้นสิ่งที่มีผลกระทบอย่างมากต่อคุณภาพของข้าวโพด ได้แก่ การเกิด Aflatoxin และการเกิดเชื้อรา

Figure 6 แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความชื้นข้าวโพดและ Aflatoxin B-1 และ Figure 7 แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของความชื้นข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพดที่ติดเชื้อรา *Aspergillus flavus* พบว่าค่าเฉลี่ยของ Aflatoxin B-1 ที่เวลาเริ่มต้นอบแห้งและเวลาสุดท้ายของการอบแห้ง ไม่เพิ่มขึ้น แต่จำนวนเมล็ดข้าวโพดที่ติดเชื้อรา *Aspergillus flavus* มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาประกอบกับปริมาณสาร Aflatoxin B-1 ที่พบในเมล็ดข้าวโพด สามารถอธิบายได้ว่า แม้ว่าเชื้อราจะมีการเจริญเติบโตอยู่ก็ตาม แต่ก็ยังไม่มีความพร้อมในการที่จะสร้างสารพิษได้ ดังนั้นการอบแห้งโดยใช้อากาศแวดล้อมที่ช่วงความชื้นข้าวโพด 19 % มาตรฐานเปียก สามารถลดความชื้นจนถึงระดับความชื้นที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษาได้ผลดี และสามารถป้องกันการสร้างสาร Aflatoxin B-1 จากเชื้อรา *Aspergillus flavus*

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

กรณีที่ผู้ประกอบการมีฉางเก็บอยู่แล้ว และลงทุนเพิ่มเฉพาะระบบท่อลม พบว่าเมื่อสิ้นสุดโครงการ ผู้ลงทุนจะมีเงินสุทธิที่มีมูลค่าเทียบเท่ากับปัจจุบันเท่ากับ -98,803 บาท และ -121,924 บาท เมื่อคิดอัตราดอกเบี้ย 10 % และ 15 % ตามลำดับ และสำหรับกรณีที่มีการลงทุนใหม่ทั้งสองระบบ กล่าวคือแบบฉางเก็บ และแบบตากลาน พบว่า

แบบฉางเก็บ

เมื่อผู้ลงทุนใช้งานจนหมดอายุโครงการ ผู้ลงทุนจะมีเงินสุทธิที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันเท่ากับ -1,636,908 บาท และ -1,652,066 บาท เมื่อคิดอัตราดอกเบี้ย 10 % และ 15 % ตามลำดับ

แบบตากลาน

เมื่อผู้ลงทุนใช้งานจนครบอายุการใช้งาน ผู้ลงทุนจะมีเงินสุทธิที่มีมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบันเท่ากับ -3,131,206 บาท และ -2,762,926 บาท เมื่อคิดอัตราส่วนลด 10 % และ 15 % ตามลำดับ

จากผลการคำนวณดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการลงทุนระบบอบแห้งในที่เก็บเฉพาะในส่วนของบริษัทออลม การลงทุนใหม่ทั้งหมดทั้งในระบบอบแห้งแบบฉางเก็บและแบบตากลานไม่น่าสนใจที่จะลงทุนสำหรับการอบแห้งข้าวโพด แต่หากพิจารณาในแง่ของการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับกองข้าวโพดขึ้น ก็อาจจะมี ความคุ้มค่า

ในการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบอบแห้งที่มีการลงทุนใหม่ทั้งแบบตากลานและแบบฉางเก็บ พบว่ารายจ่ายเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ดัง Figures 8-11

สรุป

ในการอบแห้งข้าวโพดในฉางเก็บ โดยการใช้อากาศแวดล้อมเป่าผ่านกองข้าวโพดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. สามารถอบแห้งข้าวโพดได้อย่างปลอดภัย สามารถช่วยป้องกันการเกิด Aflatoxin B-1 เนื่องจากเชื้อรา *Aspergillus flavus* ได้ดี

2. ในการลดความชื้นข้าวโพดจากความชื้น 19 % มาตรฐานเปียก เหลือ 12.5 % มาตรฐานเปียก ให้ความสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า 22.50 บาท/ตันข้าวโพด หรือ สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันข้าวโพด

3. การลงทุนระบบอบแห้งในที่เก็บเฉพาะในส่วนของบริษัทออลม และการลงทุนในระบบอบแห้งใหม่ทั้งหมดในแบบฉางเก็บและในแบบตากลานจะไม่มี ความคุ้มค่า และรายจ่ายของโครงการเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิ แต่หากพิจารณาในแง่ของการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับกองข้าวโพดขึ้น ก็อาจจะมี ความคุ้มค่า

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย Australian Centre for International Agricultural Research และกองส่งเสริมเทคโนโลยี กระทรวง

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยนี้ นอกจากนี้ใคร่ขอขอบคุณต่อสหกรณ์การเกษตรนิคมสร้างตนเองพระพุทธรบาทจำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- วิวัฒน์ นิลรัตนคุณ, วันเพ็ญ ศรีทองชัย, อาคม สุ่มมัตย์, อำนาจ ชินเชษฐ์ และ อำนาจ ทองดี, 2537, การป้องกันสารพิษแอฟลาทอกซินในข้าวโพดความชื้นสูง โดยการรมด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ วารสารวิชาการเกษตร, 12(1), 58-65.
- สมเกียรติ ประญาวารการ, สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, อติศักดิ์ นาถกรณกุล และ สิทธิชัย อินทร์จันทร์, 2538, การป้องกันการเกิดแอฟลาทอกซินในข้าวโพด โดยการอบแห้งในฉางเก็บ, วิทยาศาสตร์เกษตร, 29(3), 404-415.
- อนุรักษ์ ครองทรัพย์ และ สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2533, การศึกษาแนวทางการอบแห้งแบบเป็นงวดที่เหมาะสม : การทดลองและการจำลองแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์, วิศวกรรมสาร, 43(3), 80-87.
- Eckhoff, S.R., Tuite, J., Foster, G.H., Anderson, R.A. and Okos, M.R., 1984, Inhibition of Microbial Growth During Ambient Air Corn Drying using Sulfur Dioxide, Transactions of the ASAE, 27(3), 907-914.
- Kalchick, S.L., Silva, J., Radriquez, J.C. and Bakker-Arkema, F.W., 1981, On Farm Corn Drying Comparison, In American Society of Agricultural Engineers, Paper No. 81-3011, American Society of Agricultural Engineering, Michigan, 1-25.
- Koehler, P.E., Beuchat, L.R. and Chhinnan, M.S., 1985, Influence of Temperature and Water Activity on Aflatoxin Production by *Aspergillus flavus* in Cowpea (*Vigna Unguiculata*) Seeds and Meal, Journal of Food Protection, 48(12), 1040-1043.
- Morey, R.V., Gustafson, R.J. and Cloud, H. A., 1978, Energy Requirement for High-Low Temperature Drying, Transactions of the ASAE, 21(2), 562-567.
- Shove, G.C., 1984, Energy Consumed in Low Temperature Corn Drying, Drying Technology, 2(4), 503-511.
- Wongurai, A., Tsuruta, O. and Arai, K., 1992, Water Activity of Thai Maize and Growth of *Aspergillus Flavus*, In Research Report on Maize Quality Improvement Research Centre Project, 7 - 9.

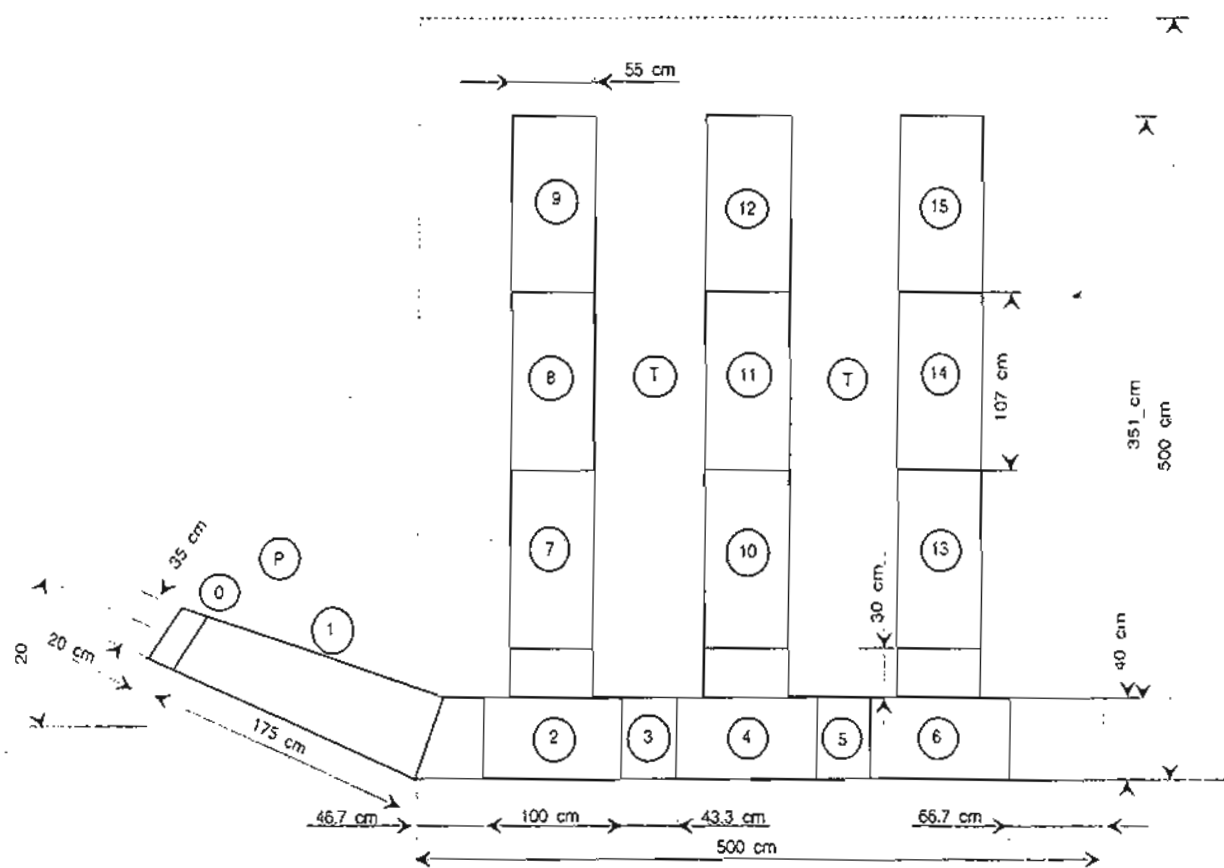


Figure 1 Plan of ducts on floor showing positions of temperature and pressure sensors.

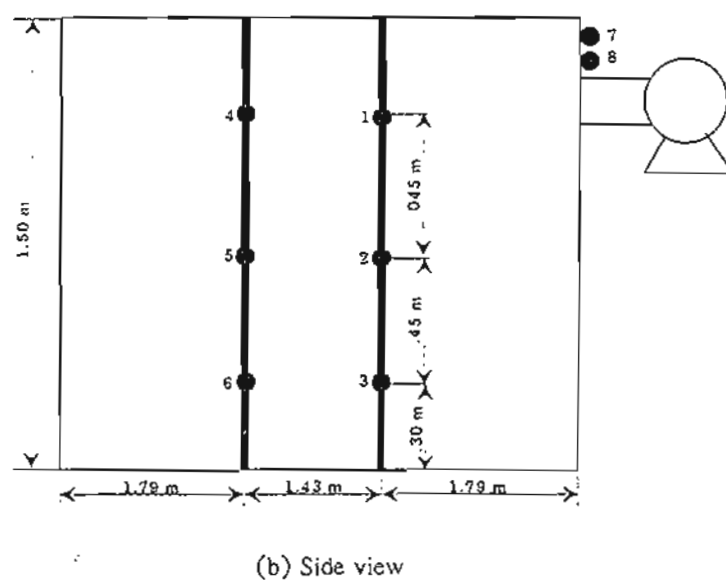
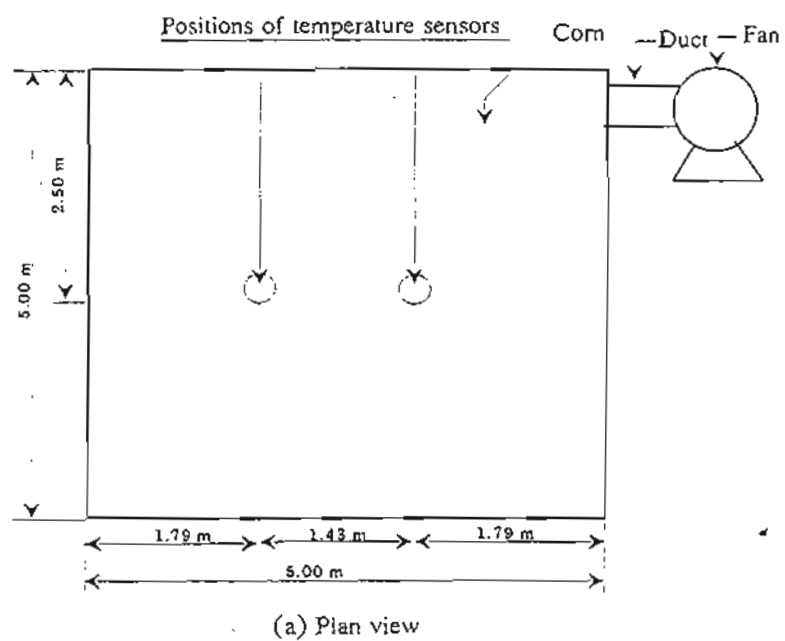
0 = flexible duct

1,2,3,4,5,6 = main ducts, $\square$ 40 cm x 40 cm

7,8,9,10,11,12,13,14,15 = perforated branching ducts, $\bigcap$ 55 cm

T = temperature

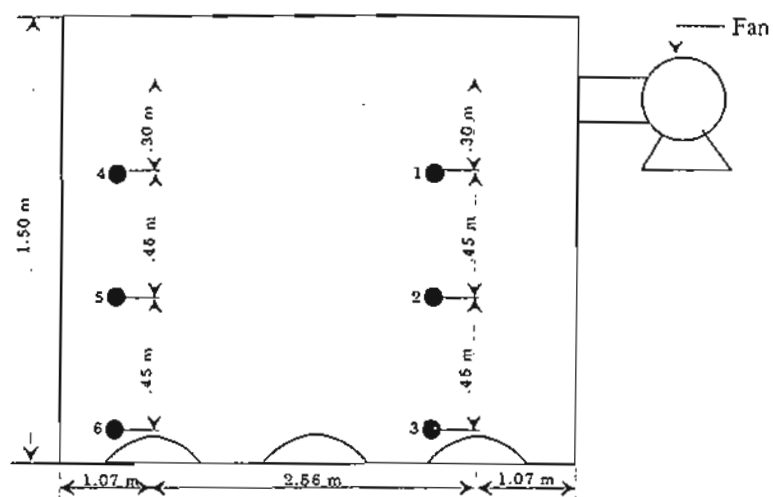
P = pressure



1,2,3,4,5,6 = Positions of temperature sensors in corn bulk

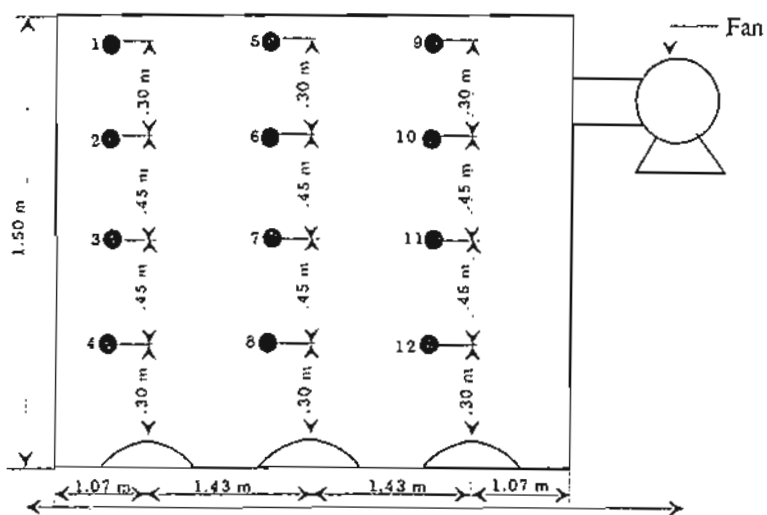
7,8 = Positions of dry bulb and wet bulb temperature sensors

Figure 2 Positions of temperature sensors and electrical fan in a warehouse.



a. Side view

1,2,3,4,5,6 = Positions of sample collection in corn bulk for testing gaulity.



b. Side view

1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 = Positions of sample collection in corn bulk for determining moisture content.

Figure 3 Positions of sample collection in a warehouse.

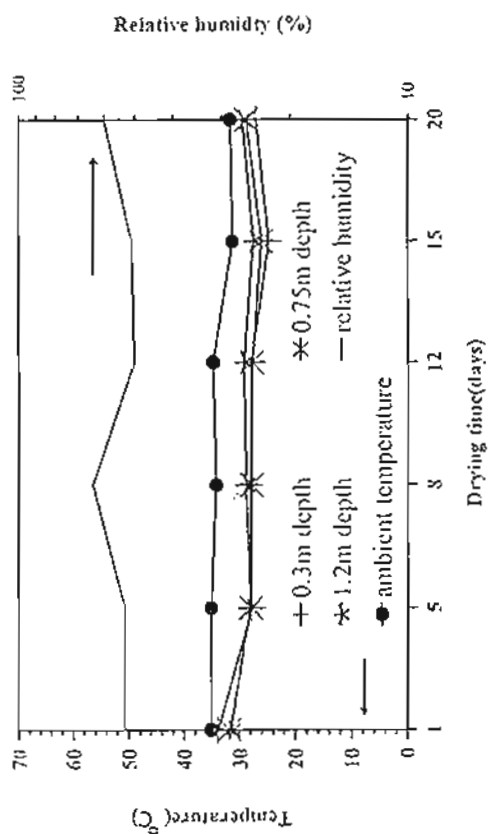


Figure 4 Evolution of temperature in corn bulk and ambient air temperature

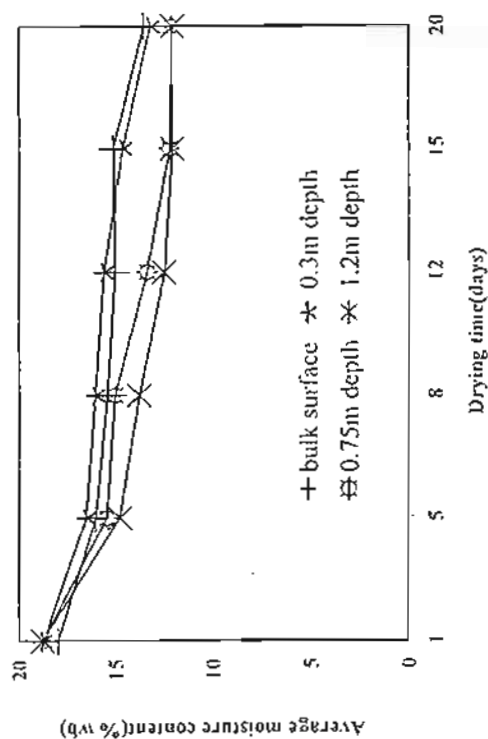


Figure 5 Evolution of corn moisture content at different depths during drying

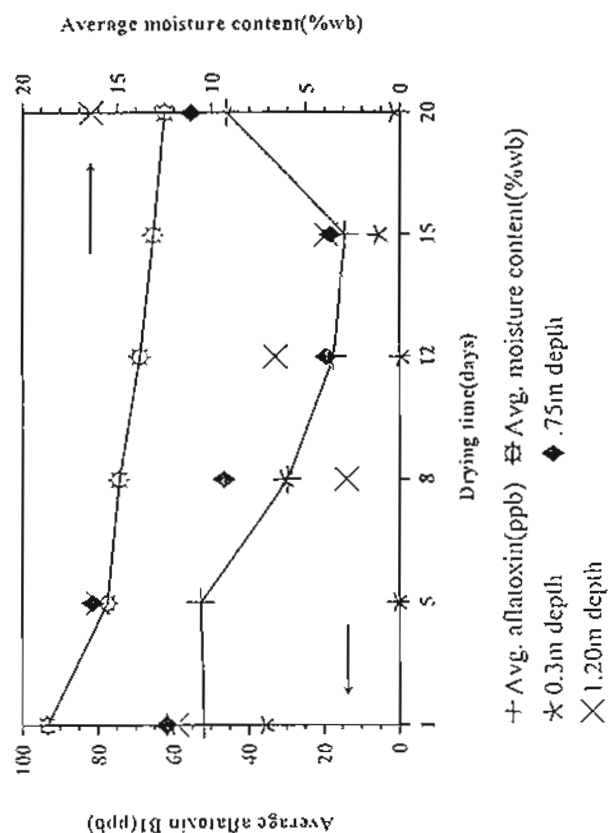


Figure 6 Evolution of average aflatoxin B1 and average moisture content of corn (moisture content of corn reduced from 19 to 12.5 % wet-basis)

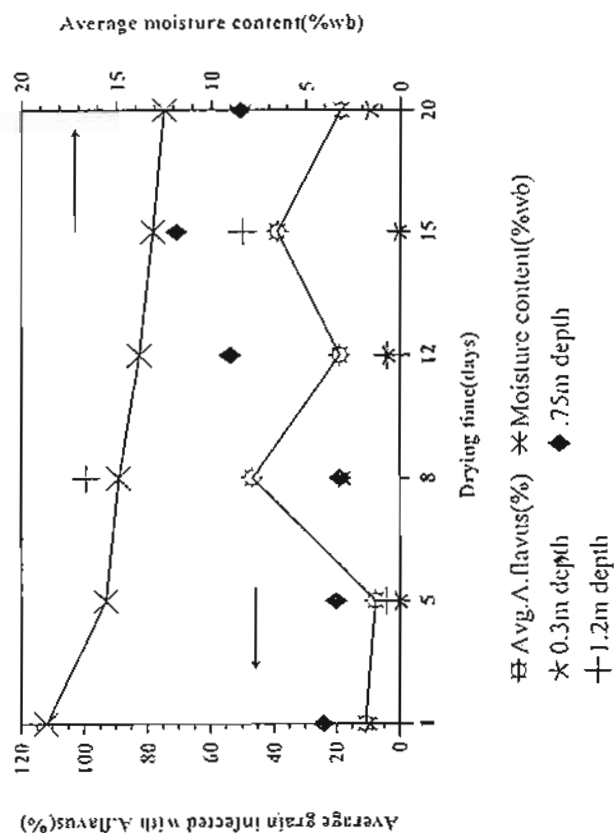


Figure 7 Evolution of average moisture content and average grain infected with A.flavus at different depths (moisture content of corn reduced from 19 to 12.5 % wet-basis)

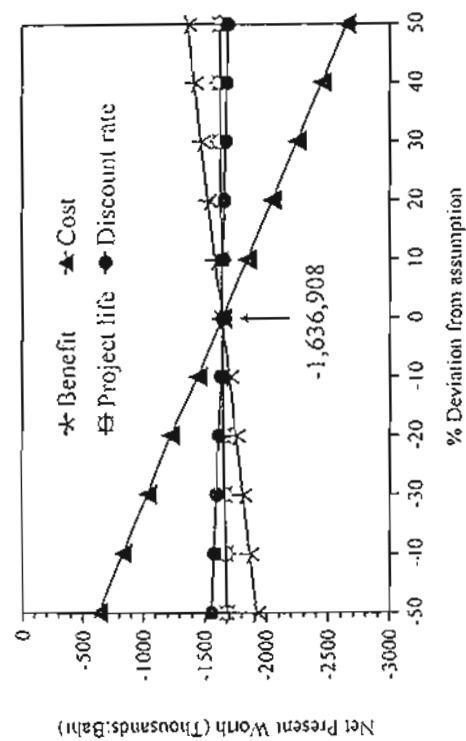


Figure 8 Effect of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
[The assumptions; 10% discount rate, 20 years project life, salvage value = 0, benefit 66,663 baht/year, cost 46,125 baht/year, in-store corn drying]

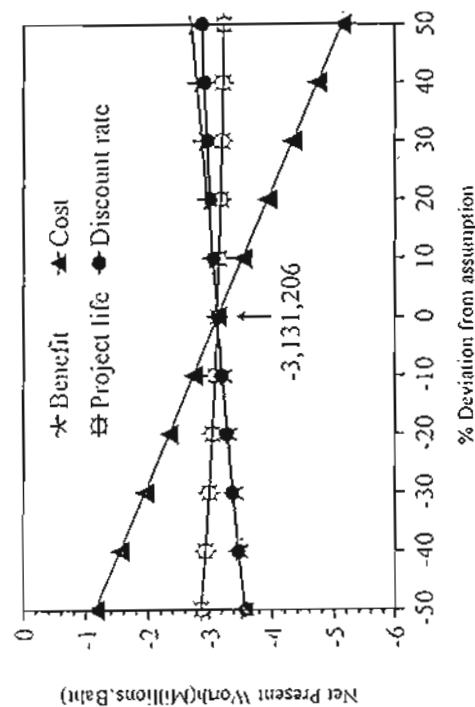


Figure 10 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
[The assumptions; discount rate 10 %, project life 20 years, salvage value = 0, benefit 99,994 baht/year, cost 214,250 baht/year, sun drying]

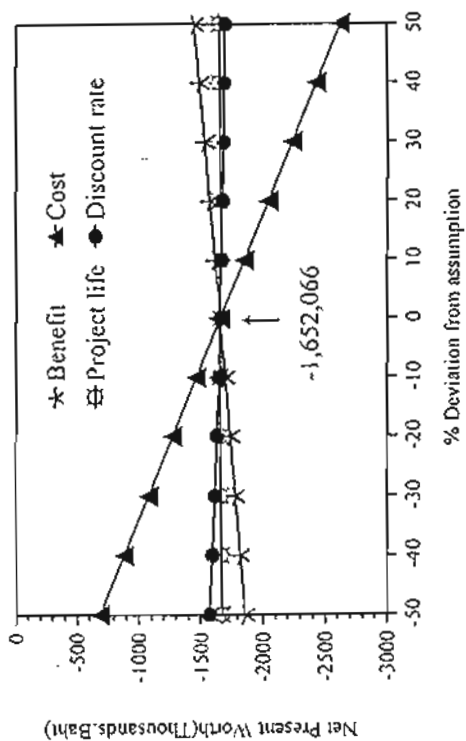


Figure 9 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
[The assumption; 15 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0 benefit = 66,663 baht/year, cost = 46,125 baht/year, in-store corn drying]

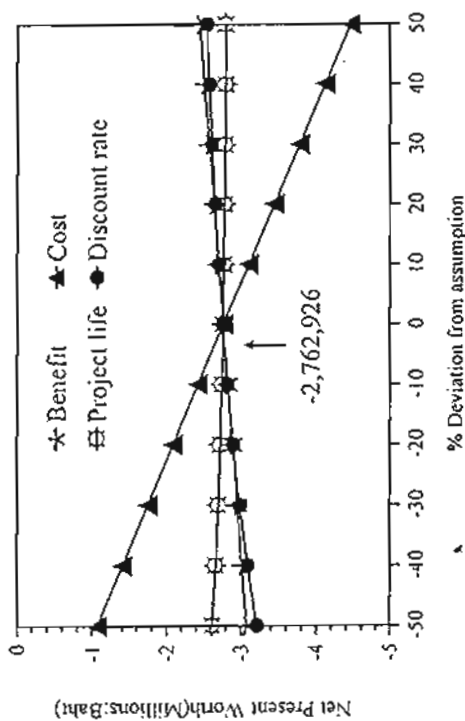


Figure 11 Effects of benefit, cost, project life and discount rate on the net present worth.
[The assumptions; 15 % discount rate, 20 year project life, salvage value = 0, benefit 99,994 baht/year, cost 214,250 baht/year, sun drying]