เครื่องฉายรังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวสาร

The Infrared Radiation Machine for Disinfestations in Rice

สุขอังคณา ลี[1, 2] วิทยา อินทร์สอน[1] ปริวรรต นาสวาสดิ์[1] และ อดุลย์ จรรยาเลิศอดุลย์[3]

Sukangkana lee[1, 2], Withaya Insorn[1], Pariwat Nasavad[1] and Adun janyalertadun[3]

Abstract

After milling, long term storage rice often found to be damaged by rice weevil. Usage of chemical in controlling of insects in rice mill industry may affect the environment and harm customer health if chemical retained. Therefore, this research is aimed to develop and design the rice disinfestations machine by using the infrared radiation. In this application, far infrared radiation i.e. an electromagnetic wave with short wavelength was used to generate the heat for a short period of time to rice. The design process started from collecting data from rice entrepreneurs. The prototype machine has two 1000-watts infrared lamps with a rubber belt. Organic Hom Mali 105 rice with rice weevil were used. Design of experiment was Box Behnken Design for 27 runs with twice reruns. Operation condition: lamp temperature, distance between lamp and rice, rice thickness and belt speed (rpm) were studied. It was found that the optimum condition that deteriorates 100 percent of the amount of rice weevil within 2-3 min was temperature of 85 degree celsius, distance between lamp and rice of 10 cm, rice thickness of 1 cm and speed of motor 825 rpm. After heating, rice was cooled in air. No crack due to heating was found. The low amylose increased from 7.28% to 8.86%. Elongation of rice was 1.62 mm. unchanged, Gel consistency was moderate, and rice smell was good and unchanged.

Keywords: infrared radiation, rice weevil, rice quality

บทคัดย่อ

การเก็บรักษาข้าวสารไว้เป็นระยะเวลานานมักจะมีแมลงโดยเฉพาะด้วงงวงข้าวมาทำลายข้าวสาร การใช้สารเคมีในการกำจัดอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยต่อผู้บริโภคหากมีสารเคมีตกค้าง ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงในข้าวสารโดยการใช้รังสีอินฟราเรด ซึ่งเป็นรังสีความร้อนคลื่นสั้น ในการให้ความร้อนเป็นระยะเวลาสั้น การออกแบบเครื่องต้นแบบเริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบเครื่องฉายรังสี เครื่องต้นแบบถูกออกแบบให้ใช้หลอดอินฟราเรด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ระบบสายพานลำเลียง ทำการทดลองกำจัดมอดในข้าวสารหอมมะลิ 105 ด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Box Behnken Design จำนวนการทดลอง 27 ครั้ง และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง ปัจจัยที่ศึกษา 4 ปัจจัยคือ อุณหภูมิ ระยะห่างของหลอดกับข้าวสาร ความหนาชั้นข้าวบนสายพาน และความเร็วรอบมอเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า ค่าที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิฉายรังสี 85 ^{o}C ระยะห่างของหลอดกับข้าวสาร 10 ซม. ความหนาข้าวบนสายพาน 1 ซม. และความเร็วรอบมอเตอร์ 825 รอบนาที/ ประสิทธิภาพการกำจัดด้วงงวงข้าวร้อยละ 100 ภายในระยะเวลา 2 - 3 นาที หลังการฉายรังสีข้าวจะเย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง คุณภาพทางกายภาพไม่มีการแตกหักเนื่องจากความร้อน การทดสอบคุณภาพข้าวหลังฉายรังสี พบว่า มีปริมาณอมิโลสเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.28 เป็นร้อยละ 8.86, ความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง, อัตราการยืดตัวของข้าวสุก และกลิ่นหอมไม่เปลี่ยนแปลง

คำสำคัญ: รังสีอินฟราเรด ด้วงงวงข้าว คุณภาพข้าว

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชาชนส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรม ข้าวส่วนใหญ่ที่ใช้ในการบริโภคได้จากผลผลิตทางการเกษตรและใช้บริโภคตลอดทั้งปี (รุ่งศิริ, 2549) ศัตรูของข้าวหอมมะลิที่สำคัญ เป็นด้วงงวงข้าว (Rice Weevil) คือ มีขนาดเล็ก กินอาหารได้น้อย แต่จะแพร่พันธุ์ได้ง่าย โดยแมลงชอบกัดกิน หรือแทะเล็มภายนอก และแมลงที่ชอบกัดกิน

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchatani University, Ubon Ratchatani 34190

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

[3] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

[3] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ubon Ratchatani University, Ubon Ratchatani 34190

ภายในเมล็ด จะทำให้เมล็ดข้าวเกิดความเสียหาย และไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ในการกำจัดแมลงของ โรงสีข้าวดังกล่าวนิยมใช้สารเคมีมาใช้ในการกำจัดแมลง เนื่องจากว่ามีการใช้ง่าย ไม่ยุ่งยาก และมีความสะดวกในการใช้ แต่ปัญหาที่พบ เช่น สารพิษตกค้างในร่างกาย ก่อให้เกิดโรค ผลผลิตไม่ปลอดภัย ไม่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Insorn *et al*., 2009)

จากปัญหาเบื้องต้น ทำให้ผู้คนมีความพยายามหาวิธีการกำจัดแมลงโดยไม่ใช้สารเคมี เช่น การใช้รังสีความร้อนอินฟราเรด นับเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยทดแทน การรมสารเคมี ช่วยทำให้ข้าวสารมีความชื้นลดลง และการเพิ่มอุณหภูมิจนกระทั่งแมลงต่างๆ ที่ซ่อนตัวอยู่ในเมล็ดข้าวสารตายได้ โดยรังสีจะแผ่ไปยังเมล็ดข้าวภายในระยะเวลาสั้นๆ ซึ่งจะทำให้โครงสร้างเมล็ดข้าว ไม่เกิดการแตกร้าว หรือหักได้ (Pan *et al*., 2007; Ramatchima and Thivavarnvongs, 2009)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาวิธีการกำจัดแมลงในข้าวสาร โดยการสร้างเครื่องฉายรังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวสาร โดยประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง เป็นวิธีการหนึ่งที่จำเป็นใช้ในการกำหนดปัจจัย เพื่อที่จะใช้ในการดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแผน สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลให้เป็นไปตามแผนการทดลอง การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อประยุกต์การออกแบบการทดลองในการฉายรังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดด้วงงวงข้าวในข้าวสาร และเพื่อศึกษาคุณภาพข้าวก่อนและหลังฉายการรังสีอินฟราเรดในข้าวสาร

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การออกแบบเครื่องต้นแบบ เริ่มจากการเก็บรวบรวมข้อมูล และสัมภาษณ์ผู้ประกอบการโรงสีข้าว เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบเครื่องฉายรังสีอินฟราเรด โดยเครื่องต้นแบบถูกออกแบบให้ใช้หลอดอินฟราเรด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด ชุดควบคุมอุณหภูมิ ระบบอินเวอร์เตอร์ ระบบสายพานลำเลียง และส่วนอื่นๆ

2. การออกแบบการทดลอง

การออกแบบการทดลองกำจัดด้วงงวงข้าว (Rice Weevil) ในข้าวสารหอมมะลิ 105 ด้วยการออกแบบการทดลองแบบ Box Benhken Design จำนวนการทดลอง 27 ครั้ง และทดลองซ้ำ 2 ครั้ง รวมการทดลอง 54 การทดลอง ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา 4 ปัจจัย คือ อุณหภูมิ (T) ระยะห่างของหลอดกับข้าวสาร (H) ความหนาชั้นข้าวบนสายพาน (Th) และความเร็วรอบมอเตอร์ (N) การทดลองโดยทำการสุ่มแบบเจาะจง คือ ใช้ด้วงงวงข้าว จำนวน 40 ตัว / ข้าวสาร 5 กิโลกรัม เพื่อศึกษาดูอัตราการตายของด้วงงวงข้าว โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ ดัง Table 1

Table 1 Design of experiment and result of experiment from Minitab Release 14

Sequence of experiment	Sequence of random	Factors level				
		T (C^{o})	H (cm.)	Th (cm.)	N (rpm.)	Percentage (%)
1	52	85	15	1.0	825	100
2	44	60	15	1.5	150	15
-	-	-	-	-	-	-
53	26	85	15	1.0	825	100
54	3	60	20	1.0	825	17.5

3. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแมลงก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด

เป็นข้าวสารหอมมะลิ 105 โดยนำมาบรรจุในถุงพลาสติก PE จำนวน 1 กิโลกรัม จำนวน 2 ถุง ตลอดระยะ เวลา 6 เดือน

4. การศึกษาคุณภาพข้าวก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด (เครือวัลย์, 2549)

4.1 คุณภาพทางเคมี (Chemical Quality) เป็นลักษณะองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดข้าว ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น คุณสมบัติเหล่านี้จะมีผลต่อคุณภาพหุงต้มของข้าวเช่นกัน

4.2 คุณภาพข้าวหุงต้ม (Cooking Quality) ส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นปัจจัยกระทบต่อคุณภาพหุงต้ม ได้แก่ ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก อุณหภูมิแป้งสุก การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก และกลิ่นหอม โดยนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกรมการข้าว (กรมการข้าว, 2554)

ผล

1. ผลการออกแบบการทดลอง

ผลการทดลอง พบว่า ระดับค่าปัจจัยในการกำจัดแมลงในข้าวสารหอมมะลิ 105 ที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ระยะห่างของหลอดกับข้าวสาร 15 ซม. ความหนาของข้าวสาร 1 ซม. และความเร็วรอบมอเตอร์ 825 นาที/รอบ ซึ่งสามารถช่วยลดความชื้นลดลงได้ และกำจัดแมลงในเมล็ดข้าวสารได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่คุณภาพข้าวไม่เกิดการเสียหาย

2. เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของแมลง

Table 2 The Amount of insects in PE plastic bag, The long time 6 Months (Before the infrared radiation)

Number of PE (Before the IR)	Long time (Days)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. PE plastic bag No. 1	0	0	8	35	32	24	45	38	55	38	19	79	165
2. PE plastic bag No. 2	0	2	7	25	45	16	129	24	42	25	35	65	228

จาก Table 2 พบว่า การเก็บเป็นเวลานานขึ้นโอกาสพบแมลงและตัวอ่อนมากขึ้น หลังจากเก็บ 6 เดือน พบแมลงและตัวอ่อน ในแต่ละถุงจำนวน 165 ตัว และ 228 ตัว ไม่สามารถยับยั้งการเกิดแมลงได้ แมลงจะกัดทำลายภาชนะบรรจุ ทำให้เกิดรูพรุน

Table 3 The Amount of insects in PE plastic bag, The long time 6 Months (After the infrared radiation)

Number of PE (After the IR)	Long time (Days)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
1. PE plastic bag No. 3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
2. PE plastic bag No. 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0

จาก Table 3 พบว่า การเก็บเป็นเวลานานขึ้น โอกาสพบแมลงและตัวอ่อนก็มีแนวโน้มเกิดขึ้นได้ ซึ่งจะมีปริมาณด้วงงวงข้าวน้อยมาก แต่เมื่อครบ 6 เดือน พบว่ามีปริมาณด้วงงวงข้าว จำนวน 3 ตัว ดังนั้นก็ช่วยยืดอายุในการเก็บรักษาได้ยาวนานขึ้นกว่าเดิม

3. คุณภาพข้าวก่อนและฉายรังสีอินฟราเรด

3.1 คุณภาพทางเคมี เช่น ความชื้น โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

Table 4 The comparison of the chemical composition before the rice quality and after the infrared radiation (Juliano, 1985)

Type of rice	Humidity (%)	Protein (g.)	Crude Fat (g.)	Crude Fiber (g.)	Ash (g.)	NFE (g.)
Rice (MR0)	13 - 14	6.3 – 7.1	0.3 – 0.5	0.2 – 0.5	0.3 – 0.8	77 – 89
Rice (MR1)	10.16	7.70	0.41	0.38	0.64	78.96
Rice (MR2)	10.14	8.44	0.24	0.28	0.37	80.67

Remark. R0 = Hom mali rice 105 : Standard of rice quality
R1 = Hom mali rice 105 : Before the infrared radiation
R2 = Hom mali rice 105 : After the infrared radiation

จาก Table 4 การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีของคุณภาพข้าวก่อน และหลังฉายรังสีอินฟราเรด พบว่า การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของคุณภาพข้าว ก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด ยังคงมีคุณภาพเหมือนเดิม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้

3.2 คุณภาพข้าวการหุงต้ม ได้แก่ ปริมาณอมิโลส (Amylose) ความคงตัวของแป้งสุก (Gel Consistency) การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก (Elongation Ratio) และกลิ่นหอม (Aroma) เป็นต้น

Table 5 The comparison of the cooking rice quality after the infrared radiation and after the infrared radiation (Attaviriyakol, 2006)

Hom mali rice 105	Standard of cooking rice quality	Before the infrared radiation	After the infrared radiation
Low amylose	Amylose 5 – 19 %	7.28 %	8.86 %
Gel consistency	Flow powder distance 41- 60 mm.	41 mm.	42 mm.
Elongation ratio	Test from rice 20 pellets	1.62 mm.	1.62 mm.
Aroma	Smelling test	Aroma	Aroma

จาก Table 5 การเปรียบเทียบคุณภาพข้าวการหุงต้ม ก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด ปริมาณอมิโลส พบว่า ข้าวก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด มีปริมาณอมิโลสต่ำ 7.28 % และ 8.86 % ซึ่งเพิ่มขึ้น 1.58% ดังนั้นข้าวที่มีปริมาณ อมิโลสที่สูงขึ้น จะทำให้ในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้ดี มากกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ และข้าวจะร่วนกว่าข้าวที่มีปริมาณอมิโลสต่ำ ความคงตัวของแป้งสุก พบว่า ข้าวก่อนและหลังฉายรังสีอินฟราเรด มีความคงตัวของแป้งสุกอยู่ระดับปานกลาง ระยะทางที่แป้งไหลเท่ากับ 41 มม. และ 42 มม. ซึ่งเพิ่มขึ้น 1 มม. ดังนั้นข้าวที่มีปริมาณความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงต้มข้าวสุกที่ได้จะมีความนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง ในกรณีที่มีปริมาณอมิโลสใกล้เคียงกัน อัตราการยืดตัวของข้าวสุก พบว่า ข้าวก่อนและข้าวหลังฉายรังสี มีอัตราการยืดตัวของข้าวสุก 1.62 มม. มีค่าเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการนำไปหุงต้ม จะช่วยให้เมล็ดข้าวสุกขยายขนาดเพิ่มขึ้น ช่วยให้ข้าวหุงขึ้นหม้อได้ดี ข้าวนุ่มมากขึ้น เพราะการขยายตัว ทำให้ข้าวโปร่งขึ้น ไม่อัดกันแน่น และหากเป็นข้าวสุกจะไม่เหนียวติดกัน กลิ่นหอม พบว่า หลังฉายรังสีอินฟราเรด เกณฑ์ความหอมเฉลี่ย เป็นข้าวหอมมะลิ 100 % ดังนั้นดมแล้วจะหอมขึ้นจมูกมาก

สรุปผล

การทดลองการออกแบบการทดลองในการฉายรังสีอินฟราเรดเพื่อกำจัดด้วงงวงข้าว ผลการวิจัยพบว่าค่าที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิฉายรังสี 85 ^{o}C ระยะห่างของหลอดกับข้าวสาร 10 ซม. ความหนาข้าวบนสายพาน 1 ซม. และความเร็วรอบมอเตอร์ 825 รอบ/นาที ประสิทธิภาพการกำจัดด้วงงวงข้าว ร้อยละ 100 ภายในระยะเวลา 2 - 3 นาที ก่อนฉายรังสี การเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบแมลงและตัวอ่อนในแต่ละถุง 165 ตัว และ 228 ตัว ซึ่งไม่สามารถยับยั้งการเกิดแมลงได้ และหลังฉายรังสี การเก็บเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบแมลงจำนวน 3 ตัว แต่จะช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษา และหลังการฉายรังสี ข้าวจะเย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง คุณภาพทางกายภาพไม่มีการแตกหัก เนื่องจากความร้อน คุณภาพทางเคมี ยังคงมีคุณภาพเหมือนเดิม และการทดสอบคุณภาพข้าวหุงต้มหลังฉายรังสี พบว่า มีปริมาณอมิโลสเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 7.28 เป็นร้อยละ 8.86 ความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง อัตราการยืดตัวของข้าวสุก และกลิ่นหอมไม่เปลี่ยนแปลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย และขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กทม. 10400 ที่สนับสนุนทุนการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เครือวัลย์ อัตตะวิริยะกุล. 2549. การปรับปรุงคุณภาพข้าวสำหรับผู้ดำเนินธุรกิจโรงสี. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร.

รุ่งศิริ อรุณพานิชเลิศ. 2549. การประยุกต์ใช้การแผ่รังสีอินฟราเรดสำหรับการอบแห้งเนื้อ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2555. องค์ความรู้เรื่องข้าว. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 1-3.

Juliano, B. O. 1985. Rice: Chemical and Technology. 2nd ed. The American Association Cereal Chemists, Inc., St. Paul, Minnesota.

Ramatchima, P. and T. Thivavarnvongs. 2009. The Effects of Paddy Preheating on Insect Elimination and Rice Milling Quality. Degree of Doctor of Philosophy, Agriculture Engineering, Department Agriculture Engineering, Khon Kean University. 405-408 pp.

Insorn W. *et al*., 2009. The Survey of the Hom Mali Rice Disinfestations Method in the Rice Milling Industry of Thailand. Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Ubonrachathani University.

Pan, Z., R. Khir and D. Larry. 2007. Feasibility of Simultaneous Rough Rice Drying and Disinfestations by Infrared Radiation Heating and Rice Milling Quality.