Agricultural Sci. J. 52 : 2 (Suppl.) : 20-23 (2021) ว. วิทย. กษ. 52 : 2 (พิเศษ) : 20-23 (2564)

ผลของอุณหภูมิในการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

Effect of Radio Frequency Heating Temperature on Rice Seed Quality during Storage

ศิราพร เชื้ออ้วน[1] รัชรังสี รัชนิพนธ์[1] และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์[2]

Siraporn Chuea-uan[1], Ratcharangsri Ratchaniphon[1] and Sa-nguansak Thanapornpoonpong[2]

Abstract

The purpose of this research was to study the effect of radio frequency (RF) heat temperature at 27.12 MHz and power of 15 kW on the seed quality of San Pa Tong 1 rice during storage at 10.5% initial seed moisture. The experimental design was split plot with 4 replications. The main factors were hot air-dried seed (control 1), hot air-dried seed and fumigated with phosphine (control 2), RF heated seed at 55, 60 and 65 °C. The sub-plots was storage period (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 months). Packed 5 kg in plastic sack, size 38 X 48 cm. Stored in a closed container. It was found that RF heating at 55 and 60 °C had germination, germination index and vigor of rice seed were not statistically different from control 1 and control 2. The germination of rice seeds was not statistically different during storage. The germination index was the highest at the 4th month. The vigor test with the accelerated aging method was not statistically different between the 2nd to 8th months. Therefore, RF heating at 55°C to dispose insects can be used without affecting on rice seed quality throughout the storage period.

Keywords: radio frequency, seed, storage

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ที่ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 15 kW ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ในระหว่างการเก็บรักษา ที่ความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น 10.50 เปอร์เซ็นต์ วางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ วิธีการอบ ได้แก่ การอบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) และการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) เมล็ดพันธุ์ที่ให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน) น้ำหนัก 5 กิโลกรัม บรรจุในกระสอบพลาสติกสานขนาด 38X48 เซนติเมตร เก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด พบว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก ดัชนีความงอก และความแข็งแรงไม่แตกต่างทางสถิติจากชุดควบคุม 1 และชุดควบคุม 2 ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าดัชนีความงอกมีค่าสูงสุดในเดือนที่ 4 ความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเดือนที่ 2 ถึง 8 ดังนั้นการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดแมลงสามารถใช้ได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ เมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษา

คำนำ

กระบวนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว หลังจากเมล็ดพันธุ์ข้าวผ่านการทำความสะอาด และการอบลดความชื้นแล้ว เมล็ดพันธุ์ข้าวจะถูกนำไปคลุกสารเคมีป้องกันโรคและแมลงเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนบรรจุเมล็ดพันธุ์ลงในกระสอบพลาสติกสานระหว่างการเก็บรักษา เพื่อรอการจำหน่าย สารเคมีที่ใช้คลุกเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันกำจัดแมลงที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าว ได้แก่ สารคลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos) และในระหว่างการเก็บรักษาจะใช้การรมด้วยสารฟอสฟีน (phosphine) เพื่อป้องกันแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บด้วย แต่ในปี 2563 ได้มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6) ให้ยกเลิกการใช้สารคลอร์ไพริฟอส โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2563 (ราชกิจจานุเบกษา, 2563) จึงทำให้กระบวนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่สามารถคลุกสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ประกอบกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวเก็บรักษาในสภาพเปิด (open storage) แมลงศัตรูข้าวสามารถสร้างความเสียหาย

[1] ศูนย์เมล็ดพันธุ์เชียงใหม่ กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว เชียงใหม่ 50230

[1] Chiang Mai Rice Seed Center, Rice Seed Division, Rice Department, Chiang Mai 50230, Thailand

[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

ให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บรักษา ทำให้สูญเสียคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว ส่งผลให้คุณภาพไม่ผ่านมาตรฐานเมล็ดพันธุ์สำหรับจำหน่าย

ความร้อนจากคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency : RF) เกิดขึ้นจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในระดับความถี่วิทยุ ถูกปล่อยผ่านไปยังวัตถุที่มีคุณสมบัติไดอิเล็กทริค ทำให้วัตถุที่มีพันธะโมเลกุล 2 ขั้ว เช่น โมเลกุลของน้ำ เมื่อโมเลกุลขวางทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดการสั่นสะเทือน ทำให้เกิดพลังงานสะสมเป็นความร้อนจากการเสียดทานของโมเลกุล (Nijhuis *et al.*, 1998) ซึ่งเกิดความร้อนภายในวัตถุอย่างรวดเร็วและทั่วถึงในระยะเวลาสั้น วัตถุที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบจะมีความร้อนเกิดขึ้นภายใน แมลงซึ่งมีน้ำปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ สามารถดูดซับพลังงานได้เร็วและก่อให้เกิดความร้อนในตัวแมลงได้เร็วกว่าเมล็ดข้าวเปลือกจึงเกิดความร้อนขึ้นมากกว่าและรวดเร็วกว่า แมลงอาจตายได้อย่างรวดเร็วโดยที่เมล็ดข้าวยังไม่ถูกทำลายและไม่มีผลต่อคุณภาพของข้าว (สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, 2551) นอกจากนี้ กฤษณา (2552) พบว่าการให้ความร้อนจาก RF ความถี่ 27.12 MHz อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 150 วินาทีขึ้นไป สามารถกำจัดมอดหัวป้อมในระยะตัวเต็มวัยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และการให้ความร้อนด้วย RF ระยะเวลา 220 วินาที ในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวเปลือกในระยะดักแด้ได้อย่างสมบูรณ์ (อัมพร และคณะ, 2555) ซึ่งชัชพงษ์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาการใช้ RF เพื่อควบคุมมอดฟันเลื่อยในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าที่ระดับอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 วินาที เป็นการใช้ RF ที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้แมลงตาย 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบแมลงรุ่นลูก (F_1) และการให้ความร้อนจาก RF ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ทำให้ตัวเต็มวัยของเหาหนังสือตายอย่างสมบูรณ์ และไม่พบแมลงรุ่นลูก (F_1) (กฤตพจน์ และคณะ 2564) ในด้านคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ สงวนศักดิ์ และคณะ (2562) รายงานว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที ไม่มีผลต่อความชื้น ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว เนื่องจากยังไม่มีรายงานผลของการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ในระหว่างการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์และอบแห้งด้วยลมร้อนจนที่ความชื้นเริ่มต้น 10.5 เปอร์เซ็นต์ นำมาผ่านความร้อนจาก RF ความถี่ 27.12 MHz ระดับพลังงาน 15 kW โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก ได้แก่ เมล็ดพันธุ์อบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง อบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) เมล็ดพันธุ์ที่ให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55, 60 และ 65 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 นาที ปัจจัยรอง ได้แก่ ระยะเวลาในการเก็บรักษา (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 เดือน) จากนั้นบรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 5 กิโลกรัม ในกระสอบพลาสติกสานขนาด 38X48 เซนติเมตร เก็บรักษาไว้ในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิห้อง สุ่มตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก 1 เดือนตลอดระยะเวลาเก็บรักษาได้แก่ ความงอกเมล็ดพันธุ์ (germination test) โดยวิธี between paper (BP) (ISTA, 2019) ดัชนีการงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index) (AOSA, 2002) ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ (seed vigor by accelerate aging test) (กองเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2564) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธี least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผล

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอก ดัชนีความงอก และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุไม่แตกต่างทางสถิติกับการอบแห้งด้วยลมร้อน (ชุดควบคุม 1) และอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับการรมด้วยฟอสฟีน (ชุดควบคุม 2) โดยมีความงอกเท่ากับ 94.31, 94.61, 95.92 และ 96.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัชนีความงอกเท่ากับ 23.78, 23.57, 24.25 และ 24.48 ตามลำดับ และมีความแข็งแรงเท่ากับ 89.25, 89.78, 91.22 และ 90.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1)

ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อย (10.90 - 12.11 เปอร์เซ็นต์) และมีความงอกอยู่ในช่วง 93.95 - 96.90 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีความงอกมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในการเก็บรักษาเดือนที่ 4 เท่ากับ 29.25 และมีค่าลดเท่ากับ 20.13 ในเดือนที่ 8 ส่วนความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 92.70 - 95.15 เปอร์เซ็นต์ ในระหว่างการเก็บรักษาเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 8 (Table 1)

Table 1 Moisture content, germination, germination index and vigor of rice seed during storage

Factor	Moisture content (%)	Germination (%)	Germination index	Vigor (%)
Treatment (A)				
Control 1	11.64 b	95.92 a	24.25 a	91.22 a
Control 2	11.98 a	96.50 a	24.48 a	90.72 a
RF 55 °C	11.42 c	94.31 a	23.78 a	89.25 a
RF 60 °C	11.18 d	94.61 a	23.57 a	89.78 a
RF 65 °C	11.08 d	83.67 b	20.00 b	80.81 b
F-test	**	*	**	**
$LSD_{.05}$	0.22	4.28	1.28	2.36
Storage period (B)				
0 month	11.13 cd	75.15 c	16.51 g	76.65 c
1 month	10.90 d	94.90 ab	24.99 c	62.75 d
2 month	11.19 c	95.00 ab	25.17 c	94.40 ab
3 month	11.55 b	95.30 ab	26.99 b	93.40 ab
4 month	12.05 a	93.95 b	29.25 a	92.70 b
5 month	11.98 a	94.15 b	21.81 e	93.25 ab
6 month	12.11 a	96.90 a	21.26 e	95.15 a
7 month	11.06 cd	96.60 a	22.83 d	93.50 ab
8 month	11.19 c	95.05 ab	20.13 f	93.40 ab
F-test	**	**	**	**
$LSD_{.05}$	0.27	2.29	0.78	2.37
A X B	*	*	*	**
C.V.(%)	3.71	3.93	5.34	4.29

Means with different letters within a column indicate a significant difference according to least significant difference (LSD) test
ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; ** significantly different at 0.01 probability level.

วิจารณ์ผล

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าว แต่การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลง ทั้งความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรง อธิบายได้ว่าอุณภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมีและกิจกรรมของเอ็นไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยาและเคมีต่างๆ ภายในเมล็ด ทำให้เกิดสารประกอบอิสระที่เป็นอันตรายต่อโปรตีนและเอนไซม์ถูกทำลาย (จวงจันทร์, 2529) สอดคล้องกับ ปิยฉัตร (2552) รายงานว่าการให้ความร้อนแก่เมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ด้วย RF ที่อุณภูมิ 60, 65, 70 และ 75 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0, 1 และ 3 นาที พบว่าความงอก ความมีชีวิต และดัชนีการงอกลดลงเมื่ออุณหภูมิและระยะเวลาเพิ่มขึ้น และการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5 นาที มีผลทำให้ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลง เท่ากับ 12 เปอร์เซ็นต์ (พัทยา, 2550)

เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความงอกสูงตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นผลจากการเก็บรักษาในสภาพปิดสามารถป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นได้ดี ทำให้สามารถรักษาระดับความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ได้ตลอดอายุการเก็บรักษา การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ในเดือนที่ 0 ให้ค่าความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงที่ต่ำกว่าการเก็บรักษาในเดือนอื่นๆ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 หลังการเก็บเกี่ยวจะมีการพักตัว ประมาณ 8 สัปดาห์ (กรมการข้าว, 2552) เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์โดยอบแห้งด้วยลมร้อน จะทำให้ระยะเวลาการพักตัวลดลง ดังนั้นการเก็บรักษาในเดือนที่ 1 เมล็ดพันธุ์ข้าวจึงมีความงอกและดัชนีความงอกเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวออกจากการพักตัว อย่างไรก็ตามความแข็งแรงจะเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 2 จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้นการใช้เครื่องต้นแบบสำหรับการให้ความร้อนด้วย RF ในการควบคุมหรือกำจัดแมลงในวัสดุการเกษตร สามารถใช้เป็นทางเลือกให้กับผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวในกรณีที่ไม่ต้องคลุกหรือรมสารกำจัดแมลง

สรุป

การให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 และ 60 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว ดังนั้นการให้ความร้อนด้วย RF ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดแมลง สามารถใช้ได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวสันป่าตอง 1 ทั้งความงอก ดัชนีการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 เดือน

เอกสารอ้างอิง

กฤตพจน์ นันตะกูล, ณัฏฐวัฒณ์ หมื่นมาณี และเยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2564. การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมเหาหนังสือ *(Liposcelis entomophila)* ในเมล็ดข้าวหอมมะลิ. แก่นเกษตร 49 (1): 119-129.

กฤษณา สุเมธะ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวป้อม *Rhyzopertha dominica* (F.) และคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 น.

กรมการข้าว. 2552. องค์ความรู้เรื่องข้าว. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/fact%20sheet/index.php.htm. (31 พฤษภาคม 2564).

กองเมล็ดพันธุ์ข้าว. 2564. การเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมและการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. เอกสารประกอบการฝึกอบรม. กลุ่มควบคุมคุณภาพ, กองเมล็ดพันธุ์ข้าว, กรมการข้าว. กรุงเทพฯ. 121 น.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร. กรุงเทพฯ. 210 น.

ชัชพงษ์ ศรีคำ, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ. 2557. การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดฟันเลื่อยในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 30 (3): 253-262.

ปิยฉัตร อัครานุชาต. 2552. การควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์โดยการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 62 น.

พัทยา จันทร์แหง. 2550. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อการควบคุมเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 82 น.

ราชกิจจานุเบกษา. 2563. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง บัญชีรายชื่อวัตถุอันตราย (ฉบับที่ 6). เล่ม 137 ตอนพิเศษ 117 ง. หน้า 56-57.

สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์, ชวลิต อินทรพงษ์, รัชรังสี รัชนิพนธ์ และศรีสกุล ทำดี. 2562. ผลของการให้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ระหว่างการเก็บรักษา. การประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 16. วันที่ 18-21 มิถุนายน 2562. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี. หน้า 140-147.

สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว. 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ เรื่องการใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อเป็นทาง เลือกใหม่ในการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://www.phtnet.org/download/phtic-research/110.pdf. 62 น. (31 พฤษภาคม 2564).

อัมพร บัวพุด, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง และสุชาดา เวียรศิลป์. 2555. ผลของการใช้ความร้อนด้วยคลื่นความถี่วิทยุต่อผีเสื้อข้าวเปลือกและคุณภาพการสีของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารเกษตร 28 (2) : 137-144.

Association of Official Seed Analysis (AOSA). 2002. Seed Vigor Testing Handbook (revised 2002). Contribution No. 32 to the Handbook on Seed Testing. Association of Official Seed Analysis, Lincoln. 73 p

International Seed Testing Association (ISTA). 2019. International Rules for Seed Testing 2019. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf, Switzerland. 300 p.

Nijhuis, H.H., H.M. Torringa, S. Muresan, D. Yuksel, C. Leguijt and W. Kloek. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology 9: 13-20.