

การศึกษาเชิงประจักษ์ถึงการกำจัดมอดแป้งและไข่ในข้าวสารพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยความร้อนจากเตาไมโครเวฟที่ใช้ตามบ้านเรือน

An Empirical Study of Disinfestation of Red Flour Beetles and Their Eggs in Jasmine Rice Using Domestic Microwave Oven

ธนันท์รัฐ วงศาเสถียร¹ อภิณาน กาญจนวาปสติดัย¹ และ ระวี พรหมหลวงศรี²

¹ ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530 โทรศัพท์: 02-988-3666 ต่อ 2342

E-mail: mr.tananrath@hotmail.com, apichan@mut.ac.th

² สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

64 ถนนทหาร อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000 โทรศัพท์: 042-211-040 ต่อ 510 E-mail: phravec@gmail.com

Manuscript received September 8, 2010

Revised November 8, 2010

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาเชิงประจักษ์ถึงการกำจัดมอดแป้งและไข่ของมอดแป้งในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยความร้อนภายในเตาไมโครเวฟความถี่ 2.45 GHz ที่ใช้ตามบ้านเรือน ผลการศึกษาพบว่า คลื่นความถี่ไมโครเวฟสามารถกำจัดมอดแป้งและไข่ของมอดแป้งได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อทำการอบด้วยระยะเวลาที่ 6 นาทีภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนด นอกจากนี้พบว่าที่ระยะเวลาดังกล่าวคุณภาพของเมล็ดข้าวสารด้านการแตกข้าวและการเปลี่ยนแปลงของสียังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

คำสำคัญ: การทำความร้อนด้วยไมโครเวฟ, ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ, มอดแป้ง

ABSTRACT

This article describes an empirical study of a disinfestation of red flour beetles and their eggs in jasmine rice by using microwave heating. The heating process is from a 2.45 GHz domestic microwave oven. We have set an experiment and found that the red flour beetles and their eggs can be killed effectively if the heating duration is at 6 minutes. Moreover, the qualities of the rice in terms of cracking and color changing are acceptable for that duration.

Keywords: Microwave heating, Jasmine rice, Red flour beetle

1. คำนำ

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกไปยังต่างประเทศได้

เป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นแล้วประชากรส่วนใหญ่ของประเทศก็ยังนิยมบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของข้าวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ อย่างไรก็ตามข้าวหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ข้าวสาร มักได้รับความเสียหายจากทั้งปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิและความชื้นของการเก็บรักษา และปัจจัยทางชีวภาพ เช่น แมลง นก หนู โดยเฉพาะแมลงชนิดต่างๆ เช่น ค้างคาว มอดแป้ง ผีเสื้อข้าวสาร ถือว่าเป็นศัตรูที่สำคัญและทำให้ข้าวได้รับความเสียหายในปริมาณมาก ทั้งนี้เนื่องจากแมลงเหล่านี้มีขนาดเล็กและสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วในที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นเหมาะสมอย่างในประเทศไทย

วิธีในการเข้าทำลายข้าวของแมลงศัตรูที่ได้กล่าวมานี้ คือการกัดกินเมล็ดข้าวทำให้ข้าวสูญเสียน้ำหนัก และในการเข้าทำลายยังก่อให้เกิดฝุ่นผง ซึ่งเป็นแป้งของเสีย มูลและชิ้นส่วนของแมลงที่มาจากเศษการลอกคราบของดักแด้ของแมลงประเภทกัดกินอาหารภายนอกโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงประเภทมอดแป้ง เนื่องจากมอดแป้งนอกจากจะมีคราบของดักแด้แล้วยังสามารถปล่อยสารที่มีกลิ่นเหม็นออกมา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าแมลงศัตรูเหล่านี้จะทำให้คุณภาพของข้าวลดลงอย่างมาก

ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูข้าวนี้โดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลัก คือ การใช้สารเคมีและการไม่ใช้สารเคมี แต่การใช้สารเคมีกับผลิตผลทางการเกษตรนั้นต้องทำด้วยความระมัดระวังเนื่องจากพิษของสารเคมีอาจเกิดการตกค้างส่งผลให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพของคน สัตว์และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอีกทั้งในบางประเทศ เช่น แคนาดา สหรัฐอเมริกา ไม่อนุญาตให้ใช้สารเคมีในการกำจัดแมลง และสารรมบางชนิดยังส่งผลให้เกิดการทำลายบรรยากาศชั้นโอโซนอีกด้วย ดังนั้นการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูข้าว ส่วนใหญ่จึงให้ความสนใจกับวิธีการที่ไม่ใช้สารเคมีซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น การรักษาความสะอาด การใช้ความร้อนและความเย็น การใช้ภาชนะบรรจุที่สามารถป้องกันแมลง และการใช้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วิธีการประยุกต์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการเกษตรนั้นเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับเนื่องจากสามารถให้ประสิทธิภาพในระยะเวลาที่ต่ำกว่าวิธีการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว [1]-[2] โดยความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่นิยมใช้จะอยู่ในช่วงความถี่วิทยุ (Radio Frequency) และความถี่ในย่านไมโครเวฟ (Microwave Frequency)

[3] การวิจัยที่น่าสนใจในบทความนี้เป็นการศึกษาเชิงประจักษ์ถึงการกำจัดมอดแป้งและไข่มอดแป้งโดยการให้ความร้อนที่ได้มาจากการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ไมโครเวฟที่ 2.45 GHz ที่ผลิตจากเตาไมโครเวฟที่ใช้ตามบ้านเรือน (Domestic Microwave Oven) ที่สามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาดและมีราคาไม่แพงจึงเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง สำหรับการเลือกศึกษาข้าวสารนั้นได้เลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากเป็นข้าวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและเป็นที่ยอมรับโดยคนไทย โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อให้ทราบถึงระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมโดยที่ความเสียหายต่อข้าวสารพันธุ์ดังกล่าวอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิจัยจะสามารถนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการกับแมลงศัตรูข้าวชนิดนี้หลังการเก็บเกี่ยว และสามารถนำไปเป็นทางเลือกแทนการใช้สารเคมีหรือวิธีการอื่นที่ไม่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดมอดแป้ง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้คลื่นความถี่วิทยุและคลื่นความถี่ไมโครเวฟในการกำจัดศัตรูพืชประกอบไปด้วย

การใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ในการกำจัดเชื้อราในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด [4] โดยพบว่าสามารถทำลายเชื้อราลงได้เมื่อให้ความร้อนในระดับที่สูงและระยะเวลาที่เหมาะสม แต่คุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะลดลงแม้จะประกอบทางเคมีจะไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนัก

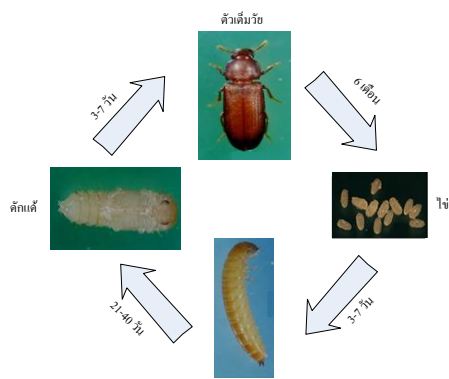
การใช้คลื่นความถี่วิทยุที่ 27.12 MHz ในการควบคุมผีเสื้อข้าวสารในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 [5] พบว่าเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที สามารถกำจัดผีเสื้อข้าวสารได้ดีในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโต และข้าวสารที่ผ่านการให้ความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

การใช้เตาไมโครเวฟแบบสายพานลำเลียงที่ใช้ในอุตสาหกรรมในการศึกษาการกำจัดมอดและไข่มอดในข้าวสาร [6] พบว่าการให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟสามารถกำจัดทั้งมอดและไข่มอดได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับความร้อนสูงกว่า

55 องศาเซลเซียส และการลดระดับกำลังงานของคลื่นให้ต่ำลงแต่เพิ่มระยะเวลาในการอบจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดให้ดียิ่งขึ้น

3. ลักษณะรูปร่างและวงจรชีวิตของมอดแป้ง

ลักษณะตัวเต็มวัยของมอดแป้งจะมีสีน้ำตาลปนแดง ลำตัวแบนยาว ปลายหนวดเป็นรูปทรงกระบอก ตัวเมียสามารถวางไข่ได้ประมาณ 400 ถึง 500 ฟอง ตามรอยแตกของเมล็ดข้าวหรือในแป้ง สำหรับไข่จะมีรูปร่างยาวรี สีขาว มีสารเหนียวหุ้มทำให้สามารถเกาะติดอาหารได้ง่าย สำหรับวงจรชีวิตดังแสดงในรูปที่ 1 นั้น ตัวเต็มวัยที่มีชีวิตอยู่ในนานประมาณ 6 เดือนจะวางไข่ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการฟักระหว่าง 3 ถึง 7 วัน ก็จะเปลี่ยนเป็นตัวหนอนซึ่งมีลักษณะสีน้ำตาลอ่อนเรียวยาว และตัวหนอนจะอาศัยอยู่ในแป้งโดยใช้ระยะเวลาตั้งแต่ 21 ถึง 40 วัน ก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นดักแด้จากนั้นใช้เวลา 3 ถึง 7 วันในการลอกคราบจำนวน 7 ถึง 8 ครั้งเพื่อเปลี่ยนเป็นตัวเต็มวัย



รูปที่ 1 วงจรชีวิตของมอดแป้ง

4. เตาไมโครเวฟที่ใช้ตามบ้านเรือน

โดยทั่วไปนั้นการให้ความร้อนด้วยเตาไมโครเวฟนั้นจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าแมกนีตรอนในการกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ จากนั้นทำการป้อนคลื่นไมโครเวฟผ่านท่อนำคลื่น (Wave Guide) ซึ่งจะต่อเข้าไปยังห้องอบที่มีคุณสมบัติป้องกันไม่ให้คลื่นแพร่กระจายออกมา โดยวัสดุที่วางในห้องอบนั้นจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีคุณสมบัติของการดูดซับพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ โดย

ความสามารถในการดูดซับพลังงานนั้นขึ้นอยู่กับค่าวัสดุไดอิเล็กตริกซึ่งเป็นวัสดุถึงฉนวนที่มีโครงสร้างพื้นฐานที่มีลักษณะมีขั้วทางไฟฟ้า คลื่นไมโครเวฟจะทำให้โมเลกุลของวัสดุเกิดการจัดเรียงขั้วทางไฟฟ้าตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไมโครเวฟ เมื่อโมเลกุลเกิดการเสียดสีกันไปมาเป็นจำนวนหลายล้านครั้งต่อหนึ่งวินาทีตามความถี่ของคลื่นไมโครเวฟจึงส่งผลทำให้เกิดความร้อนขึ้นภายในวัสดุ และจากการศึกษาพบว่าโมเลกุลของน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอาหารจะมีความสามารถในการดูดกลืนพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟที่ดี ดังนั้นจึงได้มีการผลิตเตาไมโครเวฟที่เหมาะสมสำหรับการนำมาใช้ประกอบอาหารตามบ้านเรือน ซึ่งจากราคาที่ไม่แพงมากเกินไปและยังสามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดจึงทำให้ในปัจจุบันมีการใช้เตาไมโครเวฟเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญประจำครัวเรือนในการประกอบอาหาร

5. อุปกรณ์และวิธีการ

5.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย มอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) ข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เครื่องชั่ง เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องตรวจวัดค่าสี เครื่องตรวจวัดค่าความชื้น โกลดความชื้น เตาไมโครเวฟ ถังพลาสติก และขวดพลาสติก

5.2 การเตรียมตัวอย่างข้าว

ใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้ผ่านการสีและขัดในระดับที่ได้รับการยอมรับทางการค้าและสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด ทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องที่ 29 ± 2 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาใช้ทดสอบ ข้าวมีความชื้นระหว่าง 9.8-11.6 เปอร์เซ็นต์

5.3 การเตรียมตัวอย่างแมลง

การศึกษานี้ได้ใช้ตัวเต็มวัยมอดแป้งในการทดสอบ ซึ่งเก็บรวบรวมมาจากตู้ข้าวในจังหวัดสระบุรี นำมาเลี้ยงในขวดพลาสติกจำนวน 22 ขวด ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่แต่ละขวดมีตัวเต็มวัยจำนวน 100 ตัว ใช้ข้าวสารน้ำหนัก 100 กรัม เป็นอาหารในการเลี้ยงที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 5 วันเต็ม เพื่อให้ตัวเต็มวัยวางไข่ จากนั้นนำขวดพลาสติกจำนวน 21 ขวดซึ่งมีตัวเต็มวัยมอด

แป้งพร้อมไข่ไปทำการทดสอบในเตาไมโครเวฟ ส่วนที่เหลือ 1 ขวด ได้ทำการแยกตัวเต็มวัยออกมาเพื่อให้เหลือเฉพาะไข่ จากนั้นนำไปเก็บไว้เพื่อให้ไข่พัฒนาเป็นตัวเต็มวัยเป็นระยะเวลาอีก 45 วัน ซึ่งขบวนการนี้จะใช้อ้างอิงในการหาอัตราการตายเฉลี่ยของไข่ต่อไป



รูปที่ 2 ขวดพลาสติกที่บรรจุมอดแป้งและข้าวสาร

5.4 การทดสอบด้วยเตาไมโครเวฟ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) มี 3 ซ้ำ โดยทำการย้ายข้าวสารพร้อมตัวมอดและไข่จากขวดพลาสติกไปไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ทำมาจากวัสดุประเภทพอลิโพรไพลีน (Polypropylene) เนื่องจากวัสดุประเภทนี้จะเกิดความร้อนได้ค่อนข้างน้อยเมื่อนำไปใส่ไว้ในเตาไมโครเวฟ ดังแสดงในรูปที่ 3 สำหรับเตาไมโครเวฟนั้นได้ใช้เตาซีห้อซัมซุงรุ่น M197DN ที่มีขนาดห้องอบเท่ากับ 336x241x349 มิลลิเมตร คิดเป็นปริมาตรภายในเท่ากับ 29 ลิตร ทำการทดสอบแบบปิดฝากล่องที่ระยะเวลา 7 ระดับคือ 1 2 3 4 5 6 และ 7 นาทีที่ระดับกำลังงานเฉลี่ย 100 วัตต์



รูปที่ 3 กล่องพลาสติกที่บรรจุมอดแป้งและข้าวสารภายในเตาไมโครเวฟ

5.5 การตรวจวัดผล

ในการนับจำนวนแมลงที่ตายหลังการอบได้นำข้าวที่มีตัวเต็มวัยไปเก็บไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 24 ชั่วโมง จากนั้นตรวจนับจำนวนแมลงที่ตายและที่ยังมีชีวิตเพื่อหาอัตราการตายของตัวเต็มวัยตามสมการที่ (1) [6] ดังนี้

$$M_A = \frac{N_d}{N_s} \times 100\% \quad (1)$$

โดยที่ M_A คือ เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัย N_d คือ จำนวนการตายของตัวเต็มวัย และ N_s คือ จำนวนตัวเต็มวัยที่ตายรวมตัวเต็มวัยที่ยังมีชีวิตอยู่เสร็จแล้วทำการแยกตัวเต็มวัยออกจากข้าวสารเพื่อให้เหลือเฉพาะข้าวสารกับไข่และนำไปเก็บไว้ในขวดพลาสติกทั้งขวดไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลาอีก 45 วัน เพื่อให้ไข่พัฒนาเป็นหนอน ดักแด้ จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นตัวเต็มวัย จากนั้นทำการนับจำนวนตัวเต็มวัยที่ปรากฏแล้วนำไปหาอัตราการตายของไข่เทียบกับขวดที่ไม่ได้นำไปอบด้วยเตาไมโครเวฟตามสมการที่ (2) [6] ดังนี้

$$M_E = 1 - \frac{N_t}{N_c} \times 100\% \quad (2)$$

โดยที่ M_E คือ เปอร์เซ็นต์การตายของไข่ N_t คือ จำนวนของตัวเต็มวัยที่ปรากฏในขวดพลาสติกหลังผ่านการอบ และ N_c คือ จำนวนของตัวเต็มวัยที่ปรากฏในขวดพลาสติกที่ไม่ได้ผ่านการอบด้วยเตาไมโครเวฟ

5.6 การตรวจสอบคุณภาพข้าว

ในการทดสอบแต่ละครั้งได้ทำการวัดอุณหภูมิของข้าวสาร สีของข้าวสาร (เนื่องจากการอบข้าวด้วยความร้อนอาจทำให้สีของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการศึกษาการซื้อข้าวของผู้บริโภค) และการแตกตัวของข้าวสาร

5.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ได้ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) และใช้ Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยแต่ละค่า โดยวิเคราะห์ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดสอบมอดแป้งที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

การตายของแมลงที่ตรวจนับเป็นเปอร์เซ็นต์ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนตัวเต็มวัยและส่วนที่เป็นไข่ มีผลการทดลองดังต่อไปนี้

6.1.1 ระยะตัวเต็มวัย

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยมอดแป้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของข้าวสารเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่าอุณหภูมิที่สูงจะทำให้แมลงศัตรูพืชตายได้เร็วกว่าอุณหภูมิที่ต่ำกว่า [7] และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้แมลงเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและทำให้ตายได้เร็วขึ้น [8] สำหรับระยะเวลาที่ทำให้มอดแป้งตาย 100% คือที่ระยะเวลา 7 นาที่ อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระยะเวลา 6 นาที่เปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยมอดแป้งมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระยะเวลา 7 นาที่

6.1.2 ระยะไข่

จากตารางที่ 1 เห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์การตายของไข่มอดแป้งเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้นเช่นเดียวกับผลที่ได้จากการทดลองกับตัวเต็มวัย โดยระยะเวลาที่สามารถทำให้ไข่มอดแป้งตาย 100% คือ 6 และ 7 นาที่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามพบว่าที่ระยะเวลา 5 นาที่เปอร์เซ็นต์การตายของไข่มอดแป้งมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ระยะเวลา 6 และ 7 นาที่

จากผลการทดลองพบว่าเปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยและไข่มอดแป้ง ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการควบคุมมอดแป้ง คือ 6 นาที่ ถึงแม้ระยะเวลา 5 นาที่ เปอร์เซ็นต์การตายของไข่จะไม่พบ

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การตายของตัวเต็มวัยที่ระยะเวลา 5 นาที่นั้นพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการให้ความร้อนที่ระยะเวลา 6 และ 7 นาที่ (หมายเหตุ เมื่อพิจารณาในทางการค้าระยะเวลา 6 นาที่อาจไม่เพียงพอต่อการควบคุมมอดแป้ง เนื่องจากยังคงมีตัวเต็มวัยมอดแป้งที่มีชีวิตเหลือรอด ซึ่งอาจขยายพันธุ์ทำให้ปริมาณมอดแป้งเพิ่มมากขึ้นและสามารถสร้างความเสียหายแก่ข้าวสารตามมาได้) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิข้าวสารที่ระยะเวลา 6 นาที่ ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 69.47 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 70 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 1 จำนวนการตายของมอดแป้ง (ตัวเต็มวัยและไข่) เมื่อให้ความร้อนด้วยคลื่นไมโครเวฟที่ระยะเวลาแตกต่างกัน

เวลา (นาที่)	%การตาย (ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	
	ตัวเต็มวัย	ไข่
1	4.00±2.00a	17.94±7.77a
2	33.00±2.00b	51.27±14.68b
3	66.66±5.50c	58.33±9.86b
4	68.00±8.54c	73.71±7.77c
5	78.66±9.07d	93.58±4.00d
6	99.00±1.00e	100.00±0.00d
7	100.00±0.00e	100.00±0.00d

(หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยในแต่ละคอลัมน์ที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเดียวกันหมายถึงค่าเฉลี่ยนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามการทดสอบแบบ DMRT ที่ระดับ 0.05)

6.2 ผลของความร้อนที่มีต่อคุณภาพข้าว

เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นนอกจากจะทำลายมอดแป้งแล้วยังอาจส่งผลต่อคุณภาพของข้าว ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของข้าวหลังการอบจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ในการพิจารณาคุณภาพของข้าวสารนั้นได้พิจารณาด้านการแตกร้าวและด้านการเปลี่ยนแปลงของสี โดยการพิจารณานั้นได้พิจารณาเฉพาะข้าวที่ผ่านการอบที่ระยะเวลา 6 นาที่เท่านั้น เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองดังที่ได้อธิบายไปแล้ว

6.2.1 ด้านการแตกร้าว

ในการพิจารณาคุณภาพด้านการแตกร้าวของข้าวนั้นได้ทำการดุ่มเมล็ดข้าวสารออกมาจำนวน 100 เมล็ด และได้ทำการตรวจสอบการแตกร้าวด้วยการส่องด้วยไฟ พบว่าการแตกร้าวจะเพิ่มมากขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยผลของการอบแห้งข้าวสารขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคฟลูอิดไอเซชันร่วมกับเทมเปอริง [9] สำหรับเปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของเมล็ดข้าวสารที่มีการแตกร้าวหลังจากผ่านกรอบที่ระยะเวลา 6 นาที เท่ากับ 4.33% อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

6.2.2 ด้านการเปลี่ยนแปลงของสี

ในการพิจารณาคุณภาพด้านการเปลี่ยนแปลงของสีนั้นได้ทำการวัดสีของเมล็ดข้าวสารทั้งก่อนและหลังการอบที่ระยะเวลา 6 นาที ด้วยเครื่องวัดสีระบบ CIELAB หลังจากนั้นนำค่าที่วัดได้มาหาค่าความแตกต่างเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของสี พบว่าค่าความแตกต่างของสีมีค่าเท่ากับ 1.86 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าค่าที่สามารถสังเกตความแตกต่างของสี (JND: Just Noticeable Difference) ที่ 2.3 [10] ซึ่งหมายถึงการให้ความร้อนแก่ข้าวที่ระยะเวลา 6 นาทีนั้นไม่ทำให้สีข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงจนสามารถสังเกตเห็นได้

7. สรุปผลการทดลองและงานวิจัยในอนาคต

จากผลการทดลองพบว่าคลื่นความถี่ไมโครเวฟที่ 2.45 GHz สามารถกำจัดมอดแบริ่งและไข่ของมอดแบริ่งในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการให้ความร้อนแก่เมล็ดข้าวสารภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดขึ้นมามีอยู่ที่ 6 นาที และเมื่อพิจารณาคุณภาพของเมล็ดข้าวสารด้านการแตกร้าวและการเปลี่ยนแปลงของสีหลังจากการอบด้วยความร้อนที่ระยะเวลาดังกล่าวพบว่า เมล็ดข้าวสารยังมียุณภาพอยู่ในระดับที่ยอมรับได้นั้นคือ มีเปอร์เซ็นต์การแตกร้าวต่ำกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ และระดับการเปลี่ยนแปลงของสีของเมล็ดข้าวสารนั้นอยู่ในระดับที่ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของสีได้เมื่อเทียบกับสีเมล็ดข้าวสารก่อนการอบด้วยความร้อน

สำหรับงานวิจัยต่อไป คือ การทำแบบจำลองเพื่อทดสอบการเปลี่ยนแปลงจากสนามไฟฟ้าไปเป็นความร้อนภายในข้าวสารและ

ตัวมอดแบริ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งคำอธิบายทางวิชาการที่ลึกซึ้งมากกว่าผลการทดลองเชิงประจักษ์ที่ได้นำเสนอในบทความนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณวัชร สุขวิวัฒน์ และคุณกัญญา เชื้อพันธุ์ จากศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี คุณจิทธิพงษ์ อุไรชื่น จากสำนักวิจัยและพัฒนาวิชาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร และบริษัท ที.ซี.เรดิโอ แอนด์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด

เอกสารอ้างอิง

- [1] Emel Iraz Goksu, *Fluidized Bed, Microwave and Microwave Assisted Fluidized Bed Drying of Macaroni Beads*, Thesis, Middle East Technical University, 2003.
- [2] โชคชัย แสงดาว, “กระบวนการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือก”, *Engineering Transactions*, vol. 11, no. 2(25), July-December 2008, หน้า 66-81.
- [3] S.O. Nelson and LE. Stetson, “Possibilities for Controlling Insects with Microwaves and Lower Frequency RF Energy”, *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, Vol. 22 Issue. 12, Dec 1974, pp. 1303-1305.
- [4] กรกิตต์ เกลยถ้อย และ สุกศักดิ์ ลิ้มปิติ, “การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อกำจัดเชื้อรา *Aspergillus flavus* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 39 ฉบับที่ 3 (พิเศษ), กันยายน – ธันวาคม 2551, หน้า 351-353.
- [5] ณคณิน ลือชัย และคณะ, “การใช้คลื่นความถี่วิทยุในการควบคุมเชื้อข้าวสาร *Corcyra cephalonica* (Stainton) และผลต่อคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 39 ฉบับที่ 3 (พิเศษ), กันยายน – ธันวาคม 2551, หน้า 347-350.
- [6] S. Zhao et al., “A Thermal Lethal Model of Rice Weevils Subjected to Microwave Irradiation”, *Journal of Stored Products Research*, Vol. 43 Issue. 4, 2007, pp. 430-434.
- [7] R. Qaisrani and H.J. Banks, “The prospects for heat disinfection of grain”, *Proc. the Australian Postharvest*

Technical Conference, Australia, 200, pp. 60-65.

- [8] S.J. Beckett et al., "The mortality of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) at moderate temperatures", Journal of Stored Products Research, Vol. 34 Issue. 4, 1998, pp. 363-376.
- [9] รริศรา อัมภาประเสริฐ, "ผลของการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิดไดเซชันร่วมกับเทมเปอรริง และอุณหภูมิในการเก็บต่อปริมาณ 2AP และคุณภาพการสีของข้าวขาวดอกมะลิ 105 *Oryza sativa* L", วิทยานิพนธ์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- [10] Color Difference. [online]. available : http://en.wikipedia.org/wiki/Color_difference



ธนันท์รัฐ วงศาเสถียร จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิตในปี พ.ศ. 2538 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร พร้อมทั้งประกอบธุรกิจส่วนตัว มีความสนใจงานวิจัยทางด้านระบบวิทยุสื่อสาร และการประยุกต์คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับงานด้านเกษตรกรรม



อภิธาน กาญจนวาปสธิตย์ จบการศึกษาระดับปริญญาตรีบัณฑิต สาขาโทรคมนาคม จากมหาวิทยาลัยแห่งรัฐนิวเซาท์เวลส์ ในปี พ.ศ. 2548 ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มีความสนใจงานวิจัยทางด้านระบบสมองกลฝังตัว



ระวี พรหมหลวงศรี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นหัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี สนใจงานวิจัยทางด้านการออกแบบสายส่งไมโครสตริป