

การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดยาสูบ

Radio Frequency Treatment for Controlling Cigarette Beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius)

รตินุช นุตพงษ์^{1/, 2/} เยาวลักษณ์ จันทร์บาง^{1/, 2/, 3/} และ ณัฐศักดิ์ กฤตติกาเมษ^{1/, 2/, 4/}
Ratinuch Nutapong^{1/, 2/}, Yaowaluk Chanbang^{1/, 2/, 3/} and Nattasak Krittigamas^{1/, 2/, 4/}

Abstract: Using of radio frequency (RF) for controlling cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae), an important pest of stored-product insect particular in green leaf tobacco, was conducted at Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. The study was composed of 2 part in the first part was the tolerance of cigarette beetle to RF using egg, larval, pupal and adult stages exposed to RF at 27.12 MHz with a power of 420 watt for 60 seconds. It was found that adult stage of cigarette beetle was the most tolerance to RF with the mortality at 55.00 $\pm$ 0.17 percent, followed by pupal, larval and egg stage with the mortality at 81.88 $\pm$ 0.14, 97.50 $\pm$ 0.11 and 99.37 $\pm$ 0.04 percent, respectively. The second part was the tolerance of cigarette beetle to various periods of RF exposition. The pressured Burley green leaf tobacco blened with cigarette beetle adult were put in laminate bag and then exposed to RF with the power of 420 watt for 30, 60, 90, 120, 150 and 180 seconds which corresponding to temperature of 34.77, 46.23, 58.27, 60.45, 73.40 and 104.18 °C respectively. The results showed that the levels of temperature was increased when period of exposition was longer. The adult cigarette beetle completely died at 180 seconds of 420-RF treatment corresponding to 104.18 °C. Moisture content of RF treatment on green leaf tobacco in laminate bag (10.58%) was not significantly different from the untreated control (10.59%). The orange Burley green leaf tobacco (B2F grade) was slightly changed to dark orange. Nicotine content of RF-treated tobacco (4.13%) was significantly different from untreated control (3.18%) while the reducing sugar contents were not consistency. Based on the Burley green leaf tobacco standard, the chemical and physical properties of RF-treated tobacco were remained.

Keywords: Radio frequency, cigarette beetle, Burley green leaf tobacco, heat treatment

^{1/} สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{2/} ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

^{3/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่

^{4/} ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่

^{1/} Postharvest Technology Research Institute Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

^{2/} Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400, Thailand

^{3/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

^{4/} Department of Plant Science and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

บทคัดย่อ: การใช้คลื่นความถี่วิทยุเพื่อควบคุมมอดยาสูบ *Lasioderma serricorne* (Fabricius) (Coleoptera: Anobiidae) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูสำคัญที่ทำลายใบยาสูบแห้งขณะเก็บรักษา โดยได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ การศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรกศึกษาความทนทานของมอดยาสูบต่อคลื่นความถี่วิทยุในระยะไข่ หนอน ดักแด่ และตัวเต็มวัย โดยผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที พบว่า มอดยาสูบระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด พบการตาย 55.00 ± 0.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ ระยะดักแด่ หนอน และไข่ คือ 81.88 ± 0.14 , 97.50 ± 0.11 และ 99.37 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนที่ 2 นำมอดยาสูบระยะตัวเต็มวัย และใบยาสูบแห้งเบอร์เลย์ ชนิดยาเค็ก (อัดก้อน) บรรจุในถุง laminate แล้วนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เป็นเวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 วินาที พบว่า เมื่อระยะเวลาในการผ่านคลื่นความถี่วิทยุเพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น โดยมีอุณหภูมิเป็น 34.77, 46.23, 58.27, 60.45, 73.40 และ 104.18 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 104.18 องศาเซลเซียส สามารถทำให้ตัวเต็มวัยของมอดยาสูบตาย 100 เปอร์เซ็นต์ โดยความชื้นของใบยาอัดก้อนในถุง laminate ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (10.58%) ไม่แตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม (ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ) (10.59%) ใบยาสูบเบอร์เลย์เกรด B2F ซึ่งมีสีส้มเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุจะมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย ปริมาณนิโคตินในกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (4.13%) แตกต่างจากชุดควบคุม (3.18%) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งให้ผลยังไม่แน่นอน คุณภาพทางเคมี และกายภาพของยาสูบเบอร์เลย์ที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ ยังคงมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของใบยาสูบ

คำสำคัญ: คลื่นความถี่วิทยุ มอดยาสูบ ใบยาสูบแห้งเบอร์เลย์ การใช้ความร้อน

คำนำ

ยาสูบเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถทำรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศไทยปีละนับพันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2554) เนื่องจากยาสูบไทยมีคุณภาพและรสชาติดี ทำให้เป็นที่รู้จักในตลาดต่างประเทศมากขึ้น ปัญหาของแมลงศัตรูหลังการเก็บเกี่ยวเป็นปัญหาที่สำคัญและสามารถพบได้ทั่วโลก (บุษรา, 2547) ความเสียหายของใบยาสูบมักเกิดขึ้นภายในโรงคัดหรือโรงเก็บใบยาเพื่อรอการส่งออก โดยตัวหนอนของมอดยาสูบจะกัดกินใบยาสูบ ในขณะที่ระยะตัวเต็มวัยของมอดยาสูบนั้นจะกินใบยาแห้งเป็นปริมาณน้อยมาก โดยจะกัดกินรูเล็ก ๆ เพื่อเป็นทางออกจากบริเวณที่เข้าดักแด่สู่ภายนอกห่อใบยา ทำให้ใบยาแห้งและผลิตภัณฑ์ยาสูบเป็นรูลุน นอกจากการเข้าทำลายโดยกัดกินแล้วยังมีความชื้นและความร้อนที่เกิดจากการซบถ่ายและการหายใจของมอดยาสูบที่อยู่ภายในห่อใบยา ทำให้เกิดเชื้อราและกลิ่นเหม็น ส่งผลให้ใบยาแห้งเสียหายไปทั้งห่อ จึงเป็นปัญหาสำคัญมีผลทำให้คุณภาพของใบยาลดลง (ประไพพรรณ, 2540) นอกจากนี้

มอดยาสูบยังสามารถเข้าทำลายเมล็ดพืชและผลิตภัณฑ์จากพืชได้อีกหลายชนิด เช่น บุหรี่ เครื่องเทศ สมุนไพร เมล็ดพืชต่าง ๆ แบ่งข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพด ขนมันปิ้งแห้ง มันสำปะหลัง มะพร้าวแห้ง เก๊กฮวยแห้ง กุ้งป่นแห้ง หนุ่ยหวาน อาหารเลี้ยงปลา บะหมี่แห้ง ถัวยาว กระเทียม พริกป่น พริกไทย (ชุมพล, 2533) และโกโก้ (Khamrunissa et al., 2007)

การใช้คลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency, RF) ได้อาศัยหลักการสร้างความร้อนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่อยู่ในช่วง 3 - 300 MHz ปลดปล่อยไปยังวัตถุที่มีพันธะโมเลกุล 2 ขั้ว เมื่อโมเลกุลขวางทิศทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดการสั่นสะเทือน ทำให้มีการสะสมพลังงานเป็นความร้อนจากการเสียดทานภายในโมเลกุล (Ryynänen, 1995; Nijhuis et al., 1998) เกิดความร้อนขึ้นภายในวัตถุ และมีการกระจายความร้อนอย่างสม่ำเสมอ มีความสามารถในการถ่ายเทพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูง ลดระยะเวลาในการให้ความร้อน (Birla et al., 2004) และช่วยลดการใช้พลังงาน (Wang et al., 2003) โดยการสั่นสะเทือนที่ทำให้เกิดพลังงานความร้อนนี้ขึ้นอยู่กับความถี่ของคลื่นวิทยุที่ใช้ ซึ่งต่างจากการให้

ความร้อนโดยใช้อากาศ ซึ่งจะเกิดความร้อนจากการสัมผัสบริเวณผิวก่อนจึงนำความร้อนเข้าสู่ภายใน ช่วงความถี่คลื่นที่นำมาประยุกต์ใช้อยู่ในระดับ 13, 27 และ 40 MHz เครื่องสามารถทำงานได้ดีที่ความถี่ 27.12 MHz สามารถกระจายความร้อนผ่านวัตถุที่มีความหนาได้ดีกว่าไมโครเวฟ ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้คลื่นความถี่วิทยุในการป้องกันกำจัดมอดยาสูบในผลผลิตใบยาสูบแห้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการกำจัดมอดยาสูบ โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ และเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ และทางเคมีบางประการของใบยาสูบแห้ง หลังจากผ่านการใช้คลื่นความถี่วิทยุ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเลี้ยงมอดยาสูบเพื่อเพิ่มปริมาณ

ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ นำมอดยาสูบที่เก็บตัวอย่างจากเกษตรกรที่เป็นแหล่งเก็บรักษายาสูบ ในจังหวัดเชียงใหม่ มาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณโดยเลี้ยงมอดยาสูบในกล่องพลาสติกทรงกลมขนาด 300 กรัม ฝาปิดตาข่าย (ผ้าใยสับปะรด) ใส่มอดยาสูบระยะตัวเต็มวัยละเพศประมาณ 100 ตัว ต่อแบ่งสาลี่ 200 กรัม เพื่อเป็นอาหาร หลังจากนั้นนำไปร่อนเพื่อแยกมอดยาสูบระยะไข่ และตัวเต็มวัยออกจากกันทุก ๆ 5 วัน ทำให้อมอดยาสูบเจริญเติบโตมีอายุใกล้เคียงกัน โดยระยะไข่ที่อยู่ในแบ่งสาลี่จะพัฒนาเป็นระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัยเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การเตรียมใบยาสูบแห้งเบอร์เลย์

สำหรับใบยาสูบแห้งที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นใบยาสูบเบอร์เลย์อัดก้อน (ยาเค็ก) จากสำนักงานยาสูบเชียงใหม่ มีการคัดเกรดแล้วว่าเป็นใบยาสูบที่มีคุณภาพตามมาตรฐานโรงงานยาสูบ จากนั้นนำยาเค็กที่ได้มาตัดให้มีขนาด 15x15x7 เซนติเมตร ไปแช่แข็งประมาณ 2 - 3 วัน เพื่อกำจัดแมลงอื่น ๆ ที่ติดมาด้วย ทั้งให้อุณหภูมิของยาเค็กเท่ากับอุณหภูมิห้อง นำไปบรรจุลงในถุง laminate ขนาด 9x14 นิ้ว พร้อมกับมอดยาสูบในแต่ละระยะการ

เจริญเติบโต ปิดผนึกปากถุงด้วยเครื่องปิดผนึกถุงพลาสติก (heat sealer) ก่อนนำไปทำการทดลอง 2 วัน

ระยะการเจริญเติบโตของมอดยาสูบที่ทนทานที่สุดเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

นำมอดยาสูบระยะไข่ซึ่งมีอายุประมาณ 2 - 4 วัน จำนวน 40 ตัว ใส่ลงในใบยาเบอร์เลย์อัดก้อนโดยเจาะรูยาสูบอัดก้อน และนำไข่ของมอดยาสูบจำนวน 10 ฟอง ใส่ในรูก่อนยาทั้ง 4 ด้าน ๆ ละ 10 ฟอง นำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz (radio frequency generator, sairem, france) ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที เปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (ชุดควบคุม) ในแต่ละกรรมวิธีทำการทดลอง 4 ซ้ำ นำใบยาเบอร์เลย์อัดก้อนและไข่แมลงที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบนับจำนวนหนอนที่พบหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ คำนวณจำนวนไข่แมลงที่ตาย และหาเปอร์เซ็นต์การตายเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของมอดยาสูบด้วยวิธี least significant difference (LSD)

ในการศึกษาใช้คลื่นความถี่วิทยุกับ มอดยาสูบระยะหนอน ระยะดักแด้ และตัวเต็มวัยดำเนินการในการทำงานเดียวกันโดยเลือกใช้ มอดยาสูบที่มีอายุ 20 และ 30 วัน หลังจากวางไข่ และคัดเลือกตัวเต็มวัยที่มีอายุไม่เกิน 2 สัปดาห์ มาใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่เหมาะสมที่กำจัดมอดยาสูบในระยะที่ทนทานที่สุดเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

นำมอดยาสูบในระยะที่ทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุด มาบรรจุในถุง laminate พร้อมกับใบยาเบอร์เลย์อัดก้อน โดยใส่มอดยาสูบระยะที่ทนทานที่สุดในยาสูบอัดก้อนที่เจาะรูทั้ง 4 ด้าน ๆ ละ 10 ตัว จากนั้นนำมาผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เวลา 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 วินาที วางแผนการทดลองแบบ สุ่ม สมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 40 ตัว โดยมีชุดควบคุม คือ ไม่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ นำใบยาเบอร์เลย์อัดก้อนและมอดยาสูบระยะที่ทนทานที่สุดที่

ได้รับคลื่นความถี่วิทยุในระยะเวลาต่าง ๆ มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3-5 วัน ตรวจนับจำนวนแมลงที่รอดคำนวณจำนวนแมลงที่ตายจากการผ่านคลื่นความถี่วิทยุนำแมลงที่เหลือรอดจากการผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ย้ายลงกล่องพลาสติกบรรจุแป้งสาลีซึ่งใช้เป็นอาหารของมอดยาสูบ และตรวจนับจำนวนแมลงรุ่นลูกที่พบหลังการปล่อยแมลง 4 สัปดาห์ นำเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงและจำนวนแมลงรุ่นลูก วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายของมอดยาสูบแต่ละระยะเวลา ด้วยวิธี LSD

การวัดคุณภาพใบยาสูบทางกายภาพ และทางเคมีบางประการ

นำใบยาสูบเบอร์เลย์อัดก้อนที่ได้รับคลื่นความถี่วิทยุ ที่ให้ผลในการกำจัดมอดยาสูบได้ดีที่สุดมากระจายและคลุกให้เข้ากันจากนั้นสุ่มตัวอย่าง ๆ ละ 100 กรัม ในแต่ละกรรมวิธี นำไปตรวจสอบคุณภาพประเมินจากผลดังนี้

1. การตรวจคุณภาพทางกายภาพ คือ ความชื้นในใบยาแห้งเบอร์เลย์ โดยทำการอบด้วยความร้อน (hot air – oven method) และการตรวจสอบสี โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter CR-400 ค่าที่ได้จาก

เครื่องมือเป็นค่า L^*, a^*, b^*

2. การตรวจคุณภาพทางเคมี คือ ปริมาณนิโคติน และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่อง segmented flow automate analyzer โดยส่งผลไปวิเคราะห์ที่กองดินและปุ๋ย สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้ หน่วยงานยาสูบ กระทรวงการคลัง

ผลการทดลอง

ระยะการเจริญเติบโตของมอดยาสูบที่ทนทานที่สุดเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

มอดยาสูบระยะตัวเต็มวัยมีความทนทานต่อคลื่นความถี่วิทยุมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะอื่น ๆ โดยมีการตายน้อยที่สุดคือ $55.00 \pm 0.17\%$ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับอัตราการตาย ระยะดักแด่ หนอน และไข่ ซึ่งเท่ากับ 81.88 ± 0.14 , 97.50 ± 0.11 และ $99.37 \pm 0.04\%$ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) มอดยาสูบในชุดควบคุมให้ปริมาณรุ่นลูก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 614.75 ตัว ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับมอดยาสูบระยะตัวเต็มวัยที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุให้ปริมาณรุ่นลูก (F1) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 517.25 ตัว (ตารางที่ 2)

Table 1 Average mortality of cigarette beetle in various developmental stages when exposed to the radio frequency at the power of 420 watts for 60 seconds.

Developments stages	Mortality (%) $\pm$ SE
Egg	$99.37 \pm 0.04a^{1/}$
Larva	$97.50 \pm 0.11a$
Pupa	$81.88 \pm 0.14b$
Adult	$55.00 \pm 0.17c$

^{1/} Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

Table 2 Average progeny of cigarette beetle adult treated with 27.12 MHz radio frequency at the power of 420 watts for 60 seconds after 1-week storage.

Adult stage	Number of progeny $\pm$ SE
Untreated control	$614.75 \pm 9.08a^{1/}$
After-RF treated	$517.25 \pm 18.00a$

^{1/} Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

ระยะเวลาที่เหมาะสมที่กำจัดมอดยาสูปในระยะที่ทนทานที่สุดเมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ

มอดยาสูปในระยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่มีความทนทานมากที่สุดเมื่อผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที พบว่า การตายของมอดยาสูปเมื่อนำไปผ่านคลื่นความถี่วิทยุที่เวลา 30, 60, 90, 120 150 และ 180 วินาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การตาย 0, 51.87, 61.87, 88.13, 97.50 และ 100.00 ตามลำดับ พบว่าที่เวลา 150 วินาที มีเปอร์เซ็นต์การตายไม่แตกต่างกันทางสถิติกับที่เวลา 180 วินาที อย่างไรก็ตามการป้องกันกำจัดมอดยาสูปอย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องให้ผลในการกำจัด 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นที่เวลา 180 วินาที จึงเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุด (ตารางที่ 3)

การวัดคุณภาพไวยาสุบทางกายภาพ และทางเคมีบางประการ

ไวยาเบอร์เลย์อัดก้อนหลังผ่านคลื่นความถี่วิทยุ เป็นเวลา 180 วินาที พบว่า เปอร์เซนต์ความชื้นในชุด

ควบคุม (10.59%) และกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ระดับพลังงานที่ 420 วัตต์ เป็นเวลา 180 วินาที (10.58%) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การวัดสีของไวยาเบอร์เลย์อัดก้อนในกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ ค่า b^* ไม่แตกต่างกับควบคุม แต่ค่า L^* และ a^* ของทั้งสองกรรมวิธีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) โดยค่า L^* เป็นค่าที่แสดงถึงความสว่าง ซึ่งในกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีค่าลดลงจากชุดควบคุม ทำให้ความสว่างของไวยาเบอร์เลย์อัดก้อนลดลง ส่วนค่า a^* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงหรือเขียว ซึ่งในกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีค่าเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุมส่งผลให้สีของไวยาเบอร์เลย์อัดก้อนจากเดิมที่เป็นสีส้ม มีสีที่เข้มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณนิโคตินหลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีค่า 4.13% มีค่าเพิ่มขึ้นจากชุดควบคุม (3.18%) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ (0.63%) มีค่าลดลงจากชุดควบคุม (3.62%) ซึ่งทั้งปริมาณนิโคตินและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งของไวยาเบอร์เลย์ในกรรมวิธีที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุและชุดควบคุมมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 4)

Table 3 Average mortality of cigarette beetle adult, when exposed to the radio frequency at the power of 420 watts for 30, 60, 90, 120, 150 and 180 seconds.

Time (seconds)	Mortality (%) $\pm$ SE
30	00.00 $\pm$ 0.00e ^{1/}
60	51.87 $\pm$ 0.07d
90	61.87 $\pm$ 0.14c
120	88.13 $\pm$ 0.14b
150	97.50 $\pm$ 0.00a
180	100.00 $\pm$ 0.00a

^{1/} Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

Table 4 Quality analyses of Burley green leaf tobacco exposed to the radio frequency (RF) at the power of 420 watts for 180 seconds.

Treatment	Moisture content (%)	Color			Nicotine content (%)	Reducing Sugar (%)
		L*	a*	b*		
Control	10.59a ^{1/}	49.60a	6.64a	25.22a	3.18a	3.62a
RF for 180 seconds	10.58a	41.13b	9.34b	23.55a	4.13b	0.63b

^{1/} Means followed by the same letters in the same column are not significantly different at 95% confidence

L* = lightness, a* = redness, b* = yellowness

วิจารณ์

มอดยาสูบที่ติดไปกับใบยาเบอร์เลย์อัดก้อนที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์ เป็นเวลา 60 วินาที พบว่าตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของกฤษณา (2552) และวีรยุทธ (2554) ที่พบว่า ตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด ส่วนระดับความร้อนที่ทำให้แมลงตายได้อย่างสมบูรณ์พบว่า มอดยาสูบใช้ระยะเวลา 180 วินาที ซึ่งมีอุณหภูมิถึง 104.18 องศาเซลเซียส แตกต่างจากการรายงานของกฤษณา (2552) ที่พบว่ามอดหัวป้อมที่พบการตายอย่างสมบูรณ์เมื่อได้รับคลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 วินาที และระดับพลังงาน 420 วัตต์ และวีรยุทธ (2554) ที่พบว่า ตัวงวงข้าวโพด มีการตายอย่างสมบูรณ์ที่ระดับอุณหภูมิ 92 องศาเซลเซียส (พลังงาน 780 วัตต์) เป็นเวลา 240 วินาที นอกจากนี้ Janhang *et al.* (2005) รายงานการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ ความชื้น 10.4 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ขึ้นไป เป็นระยะเวลา 180 วินาที พบว่ามอดหัวป้อมตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในทุกกรรมวิธีเช่นกัน อาจกล่าวได้ว่า ระดับความทนต่อความร้อนที่มีแหล่งกำเนิดจากคลื่นความถี่วิทยุสามารถจัดลำดับได้เป็น มอดยาสูบ > ตัวงวงข้าวโพด > มอดหัวป้อม ผลที่เกิดขึ้นกับแมลงเมื่อได้รับความร้อนที่เกิดจากคลื่นความถี่วิทยุ ทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและมีการรบกวนออกซิเจนเพิ่มขึ้นเหมือนกับระยะหนอนที่เกิดบาดแผล และเกิดการสร้างโปรตีน

เพิ่มขึ้นเพื่อซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย ทำให้แมลงสามารถมีชีวิตอยู่รอดต่อไป (Nelson, 1996)

คุณภาพของใบยาเบอร์เลย์ที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมีผลทำให้ความชื้นของผลผลิตหรือวัตถุดิบนำไปผ่านคลื่นลดลงเนื่องจาก การใช้คลื่นความถี่วิทยุมีผลทำให้วัตถุดิบสูญเสียน้ำจึงทำให้มีความชื้นลดลง (Wang *et al.*, 2003) ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความชื้นของใบยาสูบเบอร์เลย์ ก่อนและหลังได้รับคลื่นความถี่วิทยุไม่มีความแตกต่างกันอาจเกิดจากการที่ใบยาสูบถูกบรรจุ ในถุง laminate จึงทำให้ความชื้นไม่สูญเสียออกไปในบรรยากาศ ในการวัดคุณภาพสีของใบยาสูบหลังผ่านคลื่นความถี่วิทยุเป็นเวลา 180 วินาที มีค่า L* และ a* แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งพบว่าคลื่นความถี่วิทยุมีผลต่อสีของยาสูบทำให้ใบยาสูบมีสีส้มเข้มขึ้นเล็กน้อย ต่างไปจากชุดควบคุม เมื่อนำใบยาสูบที่ผ่านคลื่นความถี่วิทยุมาวิเคราะห์ปริมาณนิโคตินพบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีค่าลดลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ให้ผลไม่แน่นอน ซึ่งปริมาณนิโคติน และน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งให้คุณภาพในการสูบดีมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของใบยาบ่มอากาศ คืออยู่ในช่วง 2.5 – 4.0 และ 0 - 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทั่วไปใช้ใบยาเบอร์เลย์ในการผลิตบุหรี่ยี่ห้ออเมริกัน 15 – 45 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณนิโคตินในใบยาสูบมีความสัมพันธ์กับคุณภาพ กลิ่น รสของควันบุหรี่ ถ้ามีปริมาณนิโคตินสูงใบยาจะมีรสขม แต่ถ้ามีในปริมาณที่สูงเกินไปเมื่อสูบจะแสบคอ หากมีปริมาณนิโคตินและไนโตรเจนน้อยรสจะจืดไม่ชวนสูบ สำหรับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสควันบุหรี่ เนื่องจาก

การเผาไหม้ทำให้สารประกอบน้ำตาลให้ควันเป็นกรดระเหย ไปลดความเป็นด่างของบุหรืที่เกิดจากการเผาไหม้ของนิโคตินและแอมโมเนีย ควันบุหรืที่ดีควรมีความเป็นกรดอ่อนจึงมีกลิ่นและรสชาตินุ่มนวล ไม่ระคายคอ ดังนั้นความสมดุลระหว่างปริมาณน้ำตาลกับปริมาณนิโคตินจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพใบยาสูบ (ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ, 2523)

สรุป

มอดยาสูประยะตัวเต็มวัยเป็นระยะที่ทนทานที่สุด ต่อความร้อนที่เกิดจากคลื่นความถี่วิทยุ และการใช้คลื่นความถี่วิทยุ 27.12 MHz ที่ระดับพลังงาน 420 วัตต์เป็นเวลา 180 วินาที สามารถกำจัดมอดยาสูปได้อย่างสมบูรณ์ จากผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีบางประการของใบยาเบอร์เลย์อัดก้อนหลังผ่านคลื่นความถี่วิทยุยังคงมีค่าอยู่ในช่วงมาตรฐานของใบยาสูบ ซึ่งพบว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นมีผลทำให้ความชื้นและปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่ง มีค่าลดลง ปริมาณนิโคตินมีค่าเพิ่มขึ้น สีของใบยาเบอร์เลย์อัดก้อน อยู่ในเกรด B2F ซึ่งมีสีส้มมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อย

คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว บัณฑิตวิทยาลัย ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400 ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และสนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณสถานีทดลองใบยาสูบแม่ใจ และสำนักงานยาสูบเชียงใหม่ โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง ที่กรุณาอนุเคราะห์ใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์อัดก้อนและเอื้อเฟื้อสถานที่

เอกสารอ้างอิง

- กฤษณา สุเมธะ. 2552. ผลของการใช้คลื่นความถี่วิทยุต่อมอดหัวบ่อม *Rhyzopertha dominica* (F.) และคุณภาพของข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 หน้า.
- ชุมพล กันทะ. 2533. หลักการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บ. ขอนแก่นการพิมพ์ ขอนแก่น. 249 หน้า.
- บุษรา จันทร์แก้วมณี. 2547. การจัดการแมลงศัตรูข้าวหลังการเก็บเกี่ยว. หน้า 17-30. ใน: งามชื่น คงเสรี (ผู้รวบรวม), คุณภาพและการตรวจสอบข้าวหอมมะลิ. เอกสารวิชาการฉบับพิเศษ. บริษัท จีรวัฒน์ เอ็กซ์เพรส จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ประไพพรรณ องค์ประเสริฐ. 2540. มอดยาสูปกับแมลงศัตรูธรรมชาติ. สถานีทดลองยาสูบแม่ใจ, เชียงใหม่. 7 หน้า.
- ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ. 2523. องค์ประกอบเคมีของใบยาสูบไอร่อน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16/2523. ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ กระทรวงการคลัง, กรุงเทพฯ. 39 หน้า.
- วีรยุทธ ใผ่กระจายเฟื้อน. 2554. ผลของความชื้นจากคลื่นความถี่วิทยุต่อดวงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais*). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42 (3): (กำลังพิมพ์)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. ปริมาณและมูลค่าสินค้าเกษตรกรรมส่งออก พ.ศ. 2554. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/statistic/export/QVExp.xls> (1 กันยายน 2554).
- Birla, S.L., S. Wang, J. Tang and G. Hallman. 2004. Improving heating uniformity of fresh fruit in radio frequency treatments for pest control. *Postharvest Biology and Technology* 33(2): 205-217.

- Janhang, P., N. Krittigamas, W. Lücke and S. Vearasilp. 2005. Using radio frequency heat treatment to control the insect *Rhyzopertha dominica* (F.) during storage in rice seed (*Oryza sativa* L.). Paper presented at the Conference on International Agricultural Research for Development, October 11-13, 2005. Stuttgart-Hohenheim, Germany.
- Khamrunissa B., P. Vanitha Reddy, B.C. Leelaja, Y. Rajashekar and S. Rajendran. 2007. Studies on insect infestation in chocolates. *Journal of Stored Products Research* 43(2): 118-122.
- Nelson, S.O. 1996. Review and assessment of radio-frequency and microwave energy for stored-grain insect control. *Transactions of the ASAE* 39(4): 1475-1484.
- Nijhuis, H.H., H.M. Torringa, S. Muresan, D. Yuksel, C. Leguijt and W. Kloeck. 1998. Approaches to improving the quality of dried fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 9(1): 13-20.
- Ryynänen, S. 1995. The electromagnetic properties of food materials: A review of the basic principles. *Journal of Food Engineering* 26(4): 409-429.
- Wang, S., J. Tang, J.A. Johnson, E. Mitcham, J.D. Hansen, G. Hallman, S.R. Drake and Y. Wang. 2003. Dielectric properties of fruits and insect pests as related to radio frequency and microwave treatments. *Biosystems Engineering* 85(2): 201-212.
-