บทที่ 4

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. ศึกษาผลของการใช้โอโซนในการกำจัดมอดยาสูบในแต่ละวัย

1.1 ทดสอบการใช้โอโซนโดยตรงกับมอดยาสูบในแต่ละวัย

จากการหาระยะการเจริญเติบโตของมอดยาสูบที่มีเปอร์เซ็นต์การตายต่อก๊าซโอโซนมากที่สุด โดยใช้มอดยาสูบแต่ละระยะมาผ่านการรมโอโซน ที่ 60 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่ามอดยาสูบ ในระยะดักแด้มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุดคือ 20.73 ± 2.98 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นระยะหนอนคือ 36.54 ± 1.46 เปอร์เซ็นต์ ตัวเต็มวัยมีเปอร์เซ็นต์การตายคือ 58.80 ± 2.34 เปอร์เซ็นต์ และ ไข่มีเปอร์เซ็นต์การตายคือ 84.97 ± 2.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.1) ซึ่งการตายของมอดยาสูบอาจเนื่องมาจากก๊าซโอโซนมีผลทำให้โปรตีนถูกทำลายได้โดยปฏิกิริยา oxidation ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบการหายใจของแมลงซึ่งจะมีอัตราการเกิดเมทตาบอลิซึม และการขยายของหลอดลมสูงขึ้น มีผลโดยตรงต่อการหายใจ ทำให้การหายใจล้มเหลว การใช้โอโซนที่ความเข้มข้น 4 ppm มีผลทำให้แมลงวันตาย (Cross *et al*., 1998) แมลงต้องการออกซิเจนในการหายใจของเซลล์ต่าง ๆ ภายในร่างกาย และในขณะเดียวกันจำเป็นต้องกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการสันดาปอาหารให้ออกนอกร่างกาย ภายในลำตัวแมลงมีระบบท่ออากาศ (tracheal system) กระจายอยู่ทั่วร่างกายเพื่อช่วยนำออกซิเจนจากบรรยากาศโดยผ่านเข้ารูอากาศ (spiracle) แมลงทั่วไปจะใช้ถุงลมเป็นอวัยวะสำหรับแลกเปลี่ยนแก๊ส ถุงลมจะติดต่อกับภายนอกทางรูหายใจ ท่อลมจะแทรกอยู่ในร่างกายและแตกแขนงเป็นท่อเล็กๆ มากมาย เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ ระบบการหายใจของแมลงส่วนใหญ่เป็นระบบท่ออากาศ ประกอบด้วยรูอากาศ (spiracle) อยู่ทางด้านข้างของลำตัว จากรูหายใจจะมีท่ออากาศ (trachea) ส่งไปเลี้ยงเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ (ศานิต, 2546) และจากการทดลองพบว่าระยะดักแด้เป็นระยะที่มีเปอร์เซ็นต์การตายต่ำสุดเมื่อได้รับโอโซน เนื่องจากระยะดักแด้เป็นระยะที่แมลงพักตัวมันจะหยุดนิ่งจนเกือบไม่เคลื่อนไหวใดๆ และไม่มีการกินอาหาร มีเพียงกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ยังคงดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเป็นระยะที่มีความทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่แปรปรวน เช่น สภาวะที่มีอากาศร้อนจัดหรือหนาวจัดได้เป็นอย่าดี (ศานิต, 2546) ซึ่งระยะนี้ดักแด้จะมีการหายใจต่ำจึงซึมซับอากาศจากภายนอกได้น้อยกว่าแมลงที่หายใจเอาอากาศเข้าไปปกติ ดังนั้นดักแด้จึงได้รับโอโซนน้อยกว่าแมลงในตัวเต็มวัยและตัวหนอนที่มีการหายใจปกติซึ่งจะได้รับโอโซนที่ความเข้มข้นมากกว่า ทำให้ดักแด้มีอัตราการตายต่ำ ส่วนในระยะไข่เมื่อผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การตายสูงที่สุด อาจมีสาเหตุมาจาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โครงสร้างของผนังเปลือกไข่ซึ่งมีหน้าที่คล้ายผนังลำตัวช่วยปกป้องภัยต่าง ๆ และยังช่วยในการระบายอากาศ และป้องกันการสูญเสียน้ำของไข่ สารเคลือบผิวไข่ซึ่งสร้างจากต่อมเกื้อกูลเพศช่วยในการอนุรักษ์น้ำของไข่ และสารเหนียวจากต่อมนี้ยังช่วยให้ไข่เกาะติดกันเป็นกลุ่มหรือใช้ช่วยผนึกไข่ให้ติดกับพื้นผิวของผนังแข็งในที่ต่าง ๆ ไข่ที่มีเปลือกบางอาจจะมีการระบายอากาศเกิดขึ้นทั่วไปบนพื้นผิวทั้งหมดของเปลือกไข่ ซึ่งเปลือกไข่จะมีชั้นผนังที่มีลักษณะเป็นรูพรุนเล็ก ๆ (porous) ซึ่งภายในรูเหล่านี้มีอากาศบรรจุอยู่ การระบายอากาศเกิดขึ้นผ่านรูเล็ก ๆ เหล่านี้ จึงเรียกรูเหล่านี้ว่ารูระบายอากาศ (aeropyles) (ศานิต, 2546) ซึ่งโอโซนอาจซึมผ่านรูระบายอากาศบริเวณรอบ ๆ เปลือกไข่ของมอดยาสูบซึ่งมีเปลือกบาง ทำให้ไข่ของมอดยาสูบมีเปอร์เซ็นต์การตายสูง จากรายงานของ Gunasekaran และ Rajendran (2004) กล่าวว่า ระยะดักแด้ของมอดยาสูบมีความทนทานต่อคาร์บอนไดออกไซด์มากที่สุดรองลงมาคือระยะหนอน ไข่ และตัวเต็มวัย ซึ่งสอดคล้องกับ Childs และ Overby (1983) กล่าวว่าระยะดักแด้เป็นระยะมีความทนทานต่อคาร์บอนไดออกไซด์ มากที่สุด ดักแด้บางตัวสามารถทนทานได้ถึง 7 วัน และพบว่าระยะไข่เป็นระยะที่อ่อนแอที่สุดโดยเมื่อทำการรมคาร์บอนไดออกไซด์ ระยะไข่จะเริ่มตายภายใน 1 ชั่วโมงและจะตาย 99.9% ภายใน 3 วัน

ตาราง 4.1 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่ ผ่านการรมโอโซนโดยตรง ที่ 60 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

ระยะการเจริญเติบโต	เปอร์เซ็นต์การตาย ± SE[1/]
ไข่	84.97 ± 2.33 a
หนอน	36.54 ± 1.46 c
ดักแด้	20.73 ± 2.98 d
ตัวเต็มวัย	58.80 ± 2.34 b

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD (LSD=5.87)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ทดสอบการใช้โอโซนกับมอดยาสูบแต่ละวัยในใบยาสูบในแต่ละวัย

จากการหาระยะการเจริญเติบโตของมอดยาสูบที่มีเปอร์เซ็นต์การตายต่อโอโซนมากที่สุด โดยใช้มอดยาสูบแต่ละระยะพร้อมใบยาสูบปริมาณ 10 กรัม มาผ่านการรมโอโซน ที่ 60 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง พบว่า การตายของมอดยาสูบระยะต่าง ๆ ที่อยู่ในใบยาสูบเมื่อได้รับโอโซนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) (ตารางที่ 4.2) มอดยาสูบในระยะดักแด้มีเปอร์เซ็นต์การตายเมื่อได้รับโอโซน มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายน้อยที่สุดคือ 29.30 ± 2.31 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย ของระยะหนอน (55.55 ± 3.17) ไข่ (66.71 ± 6.12) และตัวเต็มวัย (57.88 ± 4.22) เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มอดยาสูบที่หลบซ่อนอยู่ในใบยาสูบหลังจากผ่านโอโซน พบว่ามีการตายลดลง อาจเป็นเพราะมีใบยาสูบอยู่ใน ozone chamber มีผลทำให้ความเข้มข้นของโอโซนไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามระยะดักแด้ของมอดยาสูบยังคงเป็นระยะที่มีการตายน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับระยะอื่น ๆ จากรายงานของ Işikber *et al.* (2009) กล่าวว่าโอโซนมีประสิทธิภาพแทรกซึมผ่านวัตถุได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลิตผล และการใช้โอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผล พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลง หรือน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การตายในกรรมวิธีที่รมโอโซนกับแมลงโดยตรง

ตาราง 4.2 เปอร์เซ็นต์การตายเฉลี่ยของมอดยาสูบในใบยาสูบแห้งระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ ที่ ผ่านการรมโอโซน ที่ 60 ppm ระยะเวลา 2 ชั่วโมง

ระยะการเจริญเติบโต	เปอร์เซ็นต์การตาย ± SE[1/]
ไข่	66.71 ± 6.12 a
หนอน	55.55 ± 3.17 a
ดักแด้	29.30 ± 2.31 b
ตัวเต็มวัย	57.88 ± 4.22 a

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี LSD (LSD=12.59)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. การหาระยะเวลาการใช้โอโซนที่เหมาะสมในการกำจัดมอดยาสูบที่มีอัตราการตายต่ำสุดจากการทดลองแรก (ระยะที่ทนทานที่สุด)

จากผลการทดลองที่ 1 พบว่าระยะดักแด้ของมอดยาสูบเป็นระยะที่ทนทานที่สุด ในการทดลองที่ 2 จึงได้มีการนำมอดยาสูบในระยะดักแด้มาผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 4, 8, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมอดยาสูบในระยะดักแด้ที่ผ่านโอโซน แยกใส่ขวดโหลแก้วมีฝาปิดเป็นตาข่ายมีอาหาร (แป้ง) อยู่ภายใน นำมาทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้อง 1 สัปดาห์ พบว่าการตายของมอดยาสูบในชุดควบคุม และการตายของแมลงที่ผ่านโอโซนมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ก๊าซโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตายแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ กับที่ระยะเวลา 8, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง ซึ่งที่ระยะเวลา 12 ชั่วโมงขึ้นไป ทำให้มอดยาสูบตาย 100 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.3) ซึ่งถือเป็นการตายของมอดยาสูบที่สมบูรณ์ที่สุด

การทดลองที่ 2 เนื่องจากระยะดักแด้เป็นระยะที่ทนทานที่สุดเมื่อได้รับโอโซนโดยตรงที่ระดับความเข้มข้น 60 ppm มีการตายที่สมบูรณ์ (100%) ตั้งแต่ระยะเวลา 12 ชั่วโมงเป็นต้นไป และมีค่า Median Lethal Time (LT_{50}) (95% confidence interval) ได้เท่ากับ 4.65 (0.61, 7.25 ชั่วโมง) หรือ 4 ชั่วโมง 39 นาที จากรายงานของ Kells *et al.* (2001) พบว่าโอโซนสามารถใช้ควบคุมแมลงในผลผลิตทางการเกษตรได้ถึง 92-100 เปอร์เซ็นต์ โดยรมกับเมล็ดข้าวโพดที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน มีประสิทธิภาพการควบคุมแมลง เช่น มอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด (*Sitophilus zeamais* (Motsch)) ตัวอ่อนของผีเสื้ออินเดีย (*Plodia interpunctella*) และลดอัตราการปนเปื้อนของเชื้อรา *Aspergillus parasiticus* Speare ได้ถึง 63 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่ามอดยาสูบได้รับโอโซนโดยตรงที่ระดับความเข้มข้น 60 ppm มีการตายที่สมบูรณ์ (100%) ตั้งแต่ระยะเวลา 12 ชั่วโมงเป็นต้นไป ซึ่งใช้เวลาในการรมโอโซนน้อยกว่ารายงานของ Kells *et al.* (2001) ใช้เวลารมโอโซนที่ความเข้ม 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน แมลงจึงมีอัตราการตายที่สมบูรณ์ นั้นอาจเนื่องมาจากการทดลองของ Kells *et al.* (2001) เป็นการรมโอโซนรวมกับข้าว การแทรกซึมผ่านของโอโซนเพื่อเข้าไปกำจัดแมลงจึงน้อยลงหรือใช้เวลามากขึ้นกว่าการรมแมลงโดยตรง ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการใช้โอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm สัมผัสกับแมลงโดยตรง จากปัจจัยด้านความเข้มข้นของโอโซนที่มากกว่า และการรมโอโซนกับมอดยาสูบโดยตรงทำให้มอดยาสูบมีระยะเวลาที่ตายอย่างสมบูรณ์ที่ 12 ชั่วโมง ซึ่งส่งผลให้ใช้เวลาน้อยลงในการรมโอโซน Işikber *et al.* (2009) กล่าวว่าโอโซนมีประสิทธิภาพแทรกซึมผ่านวัตถุได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลิตผล และการใช้โอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผลพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลงหรือน้อยกว่าเปอร์เซ็นต์การตายในกรรมวิธีที่รมโอโซนกับแมลงโดยตรง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ประสิทธิภาพของโอโซนในการกำจัดมอดยาสูบในใบยาสูบแห้งชนิดต่าง ๆ

โอโซนที่สัมผัสกับมอดยาสูบโดยตรงมีค่า LT_{50} คือ 4.65 (96%CI0.61, 7.25 ชั่วโมง) ซึ่งพบว่ามีค่า LT_{50} ต่ำสุด หรือใช้เวลาน้อยที่สุดในการทำให้แมลงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้โอโซนรมมอดยาสูบระยะดักแด้ในใบยาสูบแห้ง, ยาเส้น และยาสูบอัดภายในกระสอบที่มีค่า LT_{50} เป็น 72.97 (96%CI65.59, 84.12 ชั่วโมง), 78.87 (96%CI69.18, 94.73 ชั่วโมง) และ 78.08 (n/a) ตามลำดับ (ตาราง 4.3) ผลของการใช้โอโซนรมมอดยาสูบที่ปะปนอยู่กับยาสูบแห้งชนิดต่าง ๆ มีประสิทธิภาพลดลง หรือใช้เวลามากขึ้นในการที่ทำให้แมลงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ โดยในวัสดุยาสูบรูปแบบต่าง ๆ มีผลทำให้ค่า LT_{50} ไม่แตกต่างกัน หรือมีค่า LT_{50} ซ้อนทับกัน และ จากรายงานของ Kells *et al.* (2001) พบว่าโอโซนสามารถใช้ควบคุมแมลงในผลผลิตทางการเกษตรได้ถึง 92-100 เปอร์เซ็นต์ โดยรมกับเมล็ดข้าวโพดที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน มีประสิทธิภาพการควบคุมแมลง เช่น มอดแป้ง ด้วงงวงข้าวโพด ผีเสื้ออินเดีย เป็นต้น และจากการทดลองพบว่าเวลาที่ดีที่สุดที่ทำให้แมลงตาย 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 12 ชั่วโมง และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพของโอโซนในการซึมผ่านใบยาสูบทั้ง 3 ชนิด คือ ใบยาสูบแห้ง ยาเส้น และยาสูบอัดมัดภายในกระสอบ พบว่าโอโซนสามารถซึมผ่านใบยาสูบแห้งเข้าไปกำจัดมอดยาสูบได้ดีกว่าในยาเส้น และใบยาสูบอัดภายในกระสอบ จากรายงานของ Işikber *et al.* (2009) กล่าวว่าโอโซนมีประสิทธิภาพในการแทรกซึมได้ไม่ดีเท่ากับการใช้สารเคมีรมผลิตผล บริเวณด้านบนของผลิตผลโอโซนสามารถซึมผ่านได้ดีกว่าบริเวณด้านล่างของผลิตผลใน Ozone Chamber การใช้โอโซนรมเพื่อกำจัดแมลงในผลิตผลพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายลดลง และการใช้โอโซนรมรมแมลงโดยตรงพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การตายมากกว่าการใช้โอโซนรมร่วมกับผลิตผลอื่น ๆ จากผลการทดลองพบว่าการรมโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เพื่อกำจัดมอดยาสูบในใบยาสูบประเภทต่าง ๆ ซึ่งใช้เวลาในการกำจัดมอดยาสูบ 72 ชั่วโมง หรือ 3 วัน เนื่องจากโอโซนมีประสิทธิภาพในการแทรกซึมผ่านผิววัตถุได้ช้า และความเข้มข้นของโอโซนจึงไม่สม่ำเสมอ จึงต้องใช้เวลานานเพื่อรอให้ความเข้มข้นของโอโซนเพียงพอใน Ozone Chamber และซึมผ่านเข้าไปในใบยาสูบเพื่อกำจัดมอดยาสูบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.3 ค่าช่วงเวลาที่ทำให้มอดยาสูบตาย 50 % (LT_{50}) (95% confidence interval) ของมอดยาสูบ (*L. serricorne* (F.)) ระยะดักแด้ที่รมโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ในใบยาสูบแต่ละประเภท

โอโซน (ความเข้มข้น 60 ppm)	LT_{50}	95% CI (ชั่วโมง)
มอดยาสูบ	4.65	0.61 - 7.25
มอดยาสูบและใบยาสูบแห้ง	72.97	65.59 - 84.12
มอดยาสูบและยาเส้น	78.87	69.18 - 94.73
มอดยาสูบและยาสูบอัดมัด	78.08	(n/a)*

*n/a (Not Available) หมายถึง ไม่ปรากฏ หรือไม่มีข้อมูล

4. การวัดคุณภาพใบยาสูบทางกายภาพและทางเคมีบางประการ

จากการนำใบยาสูบเวอร์ยิเนีย มาผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm ที่ระยะเวลา 12, 24 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาที่สามารถกำจัดมอดยาสูบได้สมบูรณ์ที่สุด แล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพของใบยาสูบที่เปลี่ยนไปโดยเปรียบเทียบกับคุณภาพของใบยาสูบที่ไม่ได้ผ่านโอโซน ได้ผลการทดลองดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 การวิเคราะห์คุณภาพใบยาสูบเวอร์ยิเนีย ที่ผ่านโอโซน 60 ppm ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง และใบยาสูบที่ไม่ผ่านโอโซน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธี	นิโคติน (%)[1/]	คลอไรด์ (%)[1/]	น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง (%)[1/]
ชุดควบคุม	1.68a	1.52a	15.37ab
โอโซน 12 ชั่วโมง	1.67a	1.67b	16.99a
โอโซน 24 ชั่วโมง	1.76b	1.66b	14.82b
LSD	0.07	0.05	1.72

[1/] ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ ความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี LSD

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1 การวัดคุณสมบัติทางเคมีบางประการ

1. ปริมาณนิโคติน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณนิโคตินของเวอร์ยิเนียหลังจากได้รับโอโซนอัตรา 60 ppm ในกรรมวิธีต่าง ๆ พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ปริมาณนิโคตินในกรรมวิธีที่ได้ผ่านโอโซนเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง มี 1.74 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น แตกต่างจากในกรรมวิธีที่ใช้โอโซน 12 ชั่วโมง (1.67 เปอร์เซ็นต์) และชุดควบคุม (1.68 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งพบว่าโอโซนมีผลทำให้ปริมาณนิโคตินในใบยาสูบเพิ่มขึ้นถือว่ายังอยู่ในช่วงปกติไม่เกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด คือ นิโคตินประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากยาสูบที่ใช้ผลิตบุหรี่ทั่วไป ปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินในใบยามีความสำคัญกับคุณภาพควันบุหรี่ในทางกลิ่นรส และความชวนสูบ ถ้าปริมาณนิโคตินมากแสดงถึงว่าใบยาสูบนั้นมีกลิ่นฉุน แต่ถ้ามากเกินไปจะมีรสชาติแสบคอเนื่องจากควันด่างของนิโคตินและแอมโมเนีย ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินน้อย ใบยาจะขาดรสชาติ ไม่ชวนสูบ ใบยาบ่มไอร้อนชั้นดีควรมีปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินทั้งหมดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ และนิโคตินประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนิโคตินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นที่รากของต้นยาสูบ แล้วส่งไปสะสมที่ใบและก้าน (ฝ่ายวิจัยยาสูบ โรงงานยาสูบ, 2523)

2. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง

น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งเป็นพวกน็อนรีดิวซ์ซิ่ง (non reducing sugar) ใบยาชั้นดีควรมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด 18.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณน้ำตาลในใบยามีความสัมพันธ์กับกลิ่นรสของควันบุหรี่กล่าวคือ ในการเผาไหม้ของบุหรี่สารประกอบน้ำตาลจะให้ควันเป็นกรดระเหย ไปลดความด่างของบุหรี่ที่เกิดการเผาไหม้ของนิโคตินและแอมโมเนีย ควันบุหรี่ที่ดีควรมีสภาพเป็นกรดอ่อนจึงจะมีกลิ่นรสนุ่มนวล ไม่ระคายคอ ใบยาที่มีน้ำตาลน้อยควันจะเป็นด่างมาก ทำให้บุหรี่มีรสชาติฉุน ระคายคอ ฉะนั้นความสมดุลย์ระหว่างปริมาณน้ำตาลกับปริมาณนิโคตินจึงมีความสำคัญต่อคุณภาพใบยาสูบ นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลในใบยายังบ่งบอกลักษณะของใบยาสูบแห้งนั้นได้อีกด้วย ตามปกติใบยาควรมีน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมด 12.0- 25.0 เปอร์เซ็นต์ ใบยาที่มีน้ำตาลมาก ๆ มักมีโครงสร้างของใบเรียบ ทึบ การเผาไหม้ไม่ดีและมีกลิ่นอ่อน (ฝ่ายวิจัยยาสูบ กระทรวงการคลัง, 2523) ซึ่งในการทดลองวิเคราะห์น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง ซึ่งจากผลการทดลองใบยาสูบที่ไม่ผ่านโอโซน (ชุดควบคุม) มีค่าเท่ากับ 15.37 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีใบยาสูบที่ผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่า มีค่าเท่ากับ 16.99 และมีค่าเท่ากับ 14.82 เปอร์เซ็นต์ แต่พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งในกรรมวิธีที่ใบยาสูบผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใบยาสูบที่ผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm 24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง ในทุกกรรมวิธี อยู่ในช่วงมาตรฐานของใบยาบ่มไอร้อนคืออยู่ในช่วง 12.0- 25.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปผลิตบุหรี่ได้

3. ความสมดุลย์ระหว่างน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดต่อนิโคติน

หลักในการประเมินคุณภาพใบยาบ่มไอร้อนอัตราส่วนน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดต่อนิโคติน แสดงถึงความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์โบไฮเดรทและแอลคาลอยด์ในใบยาโดยสารประกอบไนโตรเจนหรือแอลคาลอยด์เมื่อเผาไหม้จะทำให้ควันบุหรี่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งจะช่วยลดความเป็นด่างในควันบุหรี่ทำให้ควันบุหรี่มีรสนุ่มนวล ลดความระคายคอ ชวนสูบ ฉะนั้นความสมดุลย์ของสารทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่ง และนิโคติน จึงมีความสำคัญต่อคุณภาพของควันบุหรี่ ซึ่งปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งอยู่ในช่วง มาตรฐานของใบยาบ่มไอร้อนคืออยู่ในช่วง 7.5-18.75 เปอร์เซ็นต์ ใบยาสูบที่ให้คุณภาพในการสูบดี ควรมีอัตราส่วนของ น้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดต่อนิโคติน อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ ประมาณ 10 (ฝ่ายวิจัย โรงงานยาสูบ, 2523) ซึ่งจากการ ทดลองเมื่อ คำนวณสัดส่วนของน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดต่อนิโคติน ในกรรมวิธีที่รมโอโซนที่ 12 ชั่วโมง พบว่าเป็น 10.17 ทำให้คุณภาพบุหรี่ที่ทำจากใบยาสูบมีรสชาติดีชวนสูบ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม มีค่าสัดส่วนเป็น 10.11 ต่างกับกรรมวิธีที่ผ่านโอโซน 24 ชั่วโมง จะมีค่าสัดส่วนของน้ำตาลรีดิวซ์ซิ่งทั้งหมดต่อนิโคติน เป็น 8.60 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด มีผลทำให้ควันบุหรี่ฉุนเพิ่มขึ้น จะสังเกตุเห็นได้ว่าการใช้โอโซนในระดับไม่เกิน 12 ชั่วโมง ยาสูบยังคงมีคุณภาพรสชาติดี ชวนสูบไม่แตกต่างจากยาสูบปกติ

4. ปริมาณคลอไรด์

สารคลอไรด์ในใบยาสูบเป็นสารที่มีผลต่อการจุดไฟ และปริมาณเถ้า เป็นธาตุที่ถ่วงอัตราการเผาไหม้ของใบยาสูบให้ช้าลง เถ้าของธาตุเหล่านี้จะให้คุณสมบัติเป็นกรด ถ้ามีปริมาณมากยิ่งเป็นผลเสีย หลังจากใบยาสูบผ่านโอโซนที่ 12 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ และ 24 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง มีปริมาณสารคลอไรด์เพิ่มขึ้นแตกต่างจากชุดควบคุม มีค่าเท่ากับ 1.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่า โอโซน 12 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ปริมาณคลอไรด์ในใบยาสูบเพิ่มขึ้น ซึ่งมีผล โดยตรงต่อการจุดติดไฟ ถ่วงอัตราการเผาไหม้ให้ช้าลง และการเป็นเถ้าบุหรี่หรือเกาะติดเป็นก้อนไม่ร่วงง่าย และจากผลการทดลองพบว่าปริมาณคลอไรด์ในยาสูบมีปริมาณมากเกินมาตรฐานในทุกกรรมวิธี คือ ในใบยาแห้ง ไม่ควรมีคลอไรด์เกินกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (กองดินและปุ๋ย สถานีทดลองยาสูบแม่โจ้, ไม่ระบุปีที่พิมพ์ ; Cadersa and Atawoo, 2001) ซึ่งอาจเนื่องมาจากกระบวนการเพาะปลูก เกษตรกรอาจใช้น้ำที่มีปริมาณคลอรีนสูงทำให้ปริมาณคลอไรด์ในใบยาสูบมีปริมาณสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การวัดคุณภาพทางกายภาพ

1. ความชื้น

ความชื้นของใบยาสูบ ที่วัดโดยวิธีการอบด้วยความร้อน ในชุดควบคุมเท่ากับ 10.88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างกันกับความชื้นของใบยาสูบที่ผ่านโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ซึ่งมีความชื้นลดลงเป็น 9.14 และ 8.97 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 4.5) สาเหตุที่ความชื้นในใบยาสูบลดลงอาจเนื่องมาจากในกรรมวิธีการทดลองได้นำซิลิกาเจลใส่ลงใน ozone chamber เพื่อดูดความชื้นเพื่อลดการเกิดไอน้ำภายใน ozone chamber และใส่ซิลิกาเจลในกล่องเพื่อดูดความชื้นของอากาศออก ก่อนที่เครื่องผลิตโอโซนจะนำอากาศไปผลิตเป็นโอโซน เครื่องโอโซนจะสามารถผลิตโอโซนได้ดีเมื่ออากาศมีความชื้นต่ำ และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ใบยาสูบที่ผ่านโอโซนมีความชื้นลดลง ซิลิกาเจลจะเป็นตัวที่ดูดความชื้นออกจากใบยาสูบทำให้ความชื้นของใบยาสูบลดลง ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของปริมาณความชื้นของใบยาสูบที่ลดลง

ตาราง 4.5 การวิเคราะห์ความชื้นของใบยาสูบชุดควบคุม (ไม่ผ่านโอโซน) และ ใบยาสูบที่ผ่านการรมโอโซนที่ความเข้มข้น 60 ppm เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง

กรรมวิธี	ความชื้น (%)
ชุดควบคุม(ไม่ผ่านโอโซน)	10.88 a
โอโซนที่ 12 ชั่วโมง	9.14 b
โอโซนที่ 24 ชั่วโมง	8.97 b

2. สี

การวัดสีของใบยาสูบกรรมวิธีที่ใช้โอโซน 12 และ 24 ชั่วโมง (ตาราง 4.6) พบว่ามีค่า L* และ a* ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม แต่ค่า b* ของทั้งสองกรรมวิธีมีค่าลดลงซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุม โดยค่า b* เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน ค่า b* เป็นบวก แสดงถึงวัตถุมี สีเหลือง หากมีค่าเป็นลบ หมายถึงวัตถุมีสีน้ำเงิน จากการทดลองพบว่าค่า b* ที่ลดลงของใบยาสูบที่ผ่านโอโซนที่ 12 และ 24 ชั่วโมง มีผลทำให้ยาสูบมีสีที่เปลี่ยนแปลงไปจากสีเดิม โดยสีใบยาสูบที่ผ่านโอโซนจะไม่สม่ำเสมอทั้งใบ จะมีบางจุดที่เป็นสีด่างไม่สม่ำเสมอ (ภาพ4.1.) และจากการนำใบยาสูบชุดควบคุมและทุกกรรมวิธีที่ผ่านโอโซนไปตีเกรดของใบยาสูบโดยผู้ชำนาญการตีเกรดใบยาสูบจำนวน 3 คน เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีใบยาสูบก่อนและหลังรมใบยาสูบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โอโซนพบว่าใบยาสูบในชุดควบคุม (ใบยาสูบที่ไม่ผ่านการรมโอโซน) และ ใบยาสูบกรรมวิธีที่ใช้โอโซน 12 และ24 ชั่วโมง อยู่ในเกรด B3F คือ ใบยาชั้นดี สีส้ม เป็นใบยาสูบที่สุก มีโครงสร้างแน่นเนื้อหนา มีน้ำมันปานกลาง สีแก่ ความกว้างปกติ ยาวเกิน 16 นิ้ว ความสม่ำเสมอร้อยละ 80 ตำหนิที่ยอมให้ร้อยละ 15 ในจำนวนนี้อาจมีส่วนเสีย และตำหนิมาก ๆ รวมอยู่ด้วยไม่เกินร้อยละ 5 (ตาราง 4.7) จากการนำใบยาสูบไปตีเกรดพบว่าทุกกรรมวิธีอยู่ในเกรดเดียวกันไม่มีความแตกต่างกัน จากผลการวิเคราะห์สีและการตีเกรดใบยาสูบพบว่าโอโซนความเข้มข้นที่ 60 ppm รมใบยาสูบที่ 12 และ 24ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้สีของใบยาสูบเปลี่ยนแปลง เมื่อตรวจสอบด้วยตาเปล่าโดยการนำไปตีเกรด แต่การวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดสี Colorimeter (Color Quest XE, USA) พบว่าค่ามีค่าสีมีค่า L* และ a* ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี และค่า b* ที่ลดลงของใบยาสูบที่ผ่านโอโซนที่ 12 และ 24 ชั่วโมง แตกต่างจากชุดควบคุม

ตาราง 4.6 การวิเคราะห์สีใบยาสูบเวอร์ยิเนีย ที่ผ่านโอโซน 60 ppm ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง และใบยาสูบที่ไม่ผ่านโอโซน (ชุดควบคุม)

กรรมวิธี	สี[1/]		
	L*	a*	b*
ชุดควบคุม	32.77a	6.44a	16.27a
โอโซน 12 ชั่วโมง	30.45a	6.31a	12.60b
โอโซน 24 ชั่วโมง	30.86a	5.66a	12.47b
LSD	2.88	1.48	2.05

L*= ค่าที่แสดงความสว่าง, a*= ค่าที่แสดงความเป็นสีแดง, b*= ค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง

ชุดควบคุม รมโอโซนที่ 12 ชั่วโมง รมโอโซนที่ 24 ชั่วโมง

ภาพ 4.1 สีใบยาสูบเวอร์ยิเนีย ที่ผ่านโอโซน 60 ppm ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง และใบยาสูบที่ไม่ผ่านโอโซน (ชุดควบคุม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4.7 การจัดชั้นใบยาสูบเวอร์ยิเนีย ที่ผ่านโอโซน 60 ppm ระยะเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง และใบยาสูบที่ไม่ผ่านโอโซน (ชุดควบคุม)

Ozone	**กรรมการคนที่ 1***	**กรรมการคนที่ 2***	**กรรมการคนที่ 3***
control	B3F	B3F	B3F
12 hr	B3F	B3F	B3F
24 hr	B3F	B3F	B3F

*ผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินคุณภาพใบยาสูบ จากสถานีทดลองใบยาแม่โจ้

B3F คือ ใบยาชั้นดี สีส้ม เป็นใบยาสูบที่สุก มีโครงสร้างแน่น เนื้อหนา มีน้ำมันปานกลาง สีแก่ความกว้างปกติ ยาวเกิน 16 นิ้ว ความสม่ำเสมอร้อยละ 80 ตำหนิที่ยอมให้ร้อยละ 15 ในจำนวนนี้อาจมีส่วนเสีย และตำหนิมาก ๆ รวมอยู่ด้วยไม่เกินร้อยละ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved