บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

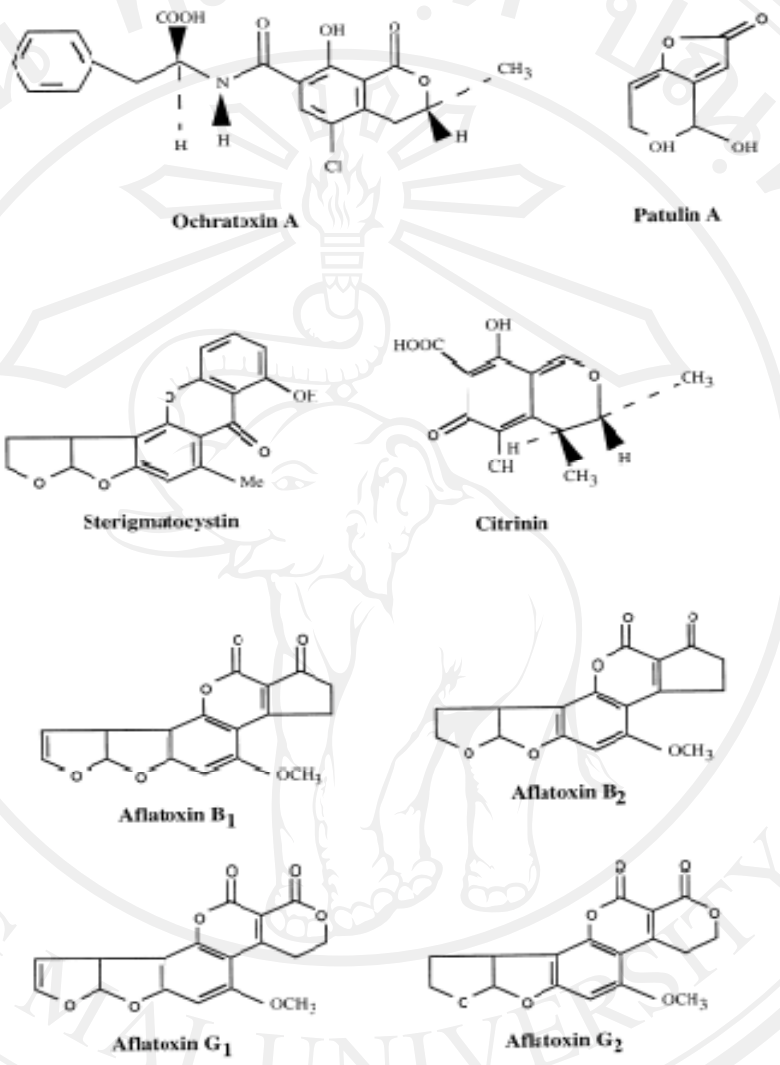
โรคข้าวโพดที่สำคัญและผลของเชื้อราต่อเมล็ดพันธุ์

การผลิตข้าวโพด (*Zea Mays* L.) เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดีนั้น จำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์ที่ดี มีศักยภาพในการงอกสูง มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน สามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์แข็งแรงได้ และที่สำคัญเมล็ดพันธุ์ต้องปราศจากเชื้อโรค (seed-borne pathogen) เพราะเชื้อโรคจะทำลายความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ และสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ (Cardwell *et al*., 1997) การศึกษาโรคสำคัญของข้าวโพด Mabadeje (1969) พบว่าเชื้อรา *Curvularia lunata* และ *Curvularia pallescens* เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคใบจุด (leaf spot) ซึ่งเชื้อสามารถเข้าทำลายได้ทุกส่วนของข้าวโพดและทุกระยะการเจริญเติบโต ส่วนใหญ่จะแสดงอาการให้เห็นบนใบแต่บางครั้งอาจพบบนกาบใบและฝักด้วย อาการที่ใบจะเป็นจุดสีเหลืองหรือสีน้ำตาล ขอบแผลสีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลไหม้ มีวงแหวนสีเหลืองล้อมรอบอีกชั้นหนึ่ง เมื่อมีหลาย ๆ แผลติดกันทำให้ใบไหม้ได้ทั้งใบ โรคนี้เป็นโรคที่มีความสำคัญโรคหนึ่งที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อการผลิตข้าวโพด โดย Huang *et al*. (2009) ทำการศึกษาหาการต้านทานต่อเชื้อ *C. lunata* โดยศึกษาจากโปรตีนที่สกัดจากใบข้าวโพด เนื่องจากโปรตีนเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ และความอดทนต่อความเครียดหรือภัยแล้ง เช่นเดียวกับการรับส่งสัญญาณในข้าวโพด โปรตีนบางชนิดควบคุมการกำเนิดความต้านทานและการตอบสนองที่เกี่ยวข้องในการป้องกันพืชต่อเชื้อ *C. lunata* ส่วนรายงานของ Adipala *et al*. (1995) พบว่าความหนาแน่นของข้าวโพดในแปลงปลูกเป็นสิ่งสำคัญในการเกิดระบาดของโรคใบไหม้แผลใหญ่ (Northern leaf blight) ระยะปลูกที่ถี่เกินไปจะทำให้เกิดโรคระบาดได้เร็ว เพราะเชื้อ *Bipolaris turcica* (*Exserohilum turcicum*) สาเหตุของโรคสามารถแพร่กระจายจากต้นข้าวโพดเดิมไปสู่ต้นใหม่ได้ง่าย และยังส่งผลต่อปริมาณผลผลิตด้วย การเกิดโรคจะเกิดได้ทุกส่วนของลำต้นข้าวโพดโดยเฉพาะบนใบ นอกจากนั้นจะพบที่กาบใบ ลำต้น และฝัก โดยเกิดเป็นแผลมีขนาดใหญ่ สีเทาหรือสีน้ำตาลแผลมีลักษณะยาวตามใบ แผลที่เกิดบนใบอาจเกิดเดี่ยว ๆ หรือหลายแผลซ้อนร่วมกันขยายเป็นขนาดใหญ่ ถ้าแผลขยายรวมกันมากๆจะทำให้ใบแห้งตายได้ สำหรับโรคใบไหม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แผลเล็ก (Southern leaf blight) สาเหตุโรคเกิดจากเชื้อรา *Bipolaris maydis* (*Helminthosporium maydis*) ซึ่งจะเข้าทำลายในเซลล์พืชและทำให้นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลง และการทดสอบทาง cytochemical พบว่าโครงสร้างของเชื้อราที่เข้ามาอยู่ภายในเซลล์เป็นส่วนของเส้นใย ทำให้แผลเป็นรูปตามความยาวของใบ (Brotzman *et al*., 1975) ส่วนเชื้อราที่สำคัญที่พบในการเข้าทำลายฝักและเมล็ดข้าวโพดทำให้เกิดโรคฝักและเมล็ดเน่า (Ear and Kernal Rot) ได้แก่ *Diplodia maydis* (*Stenocarpella maydis*), *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp., *Botrydiplodia* spp., *Cladosporium* spp. และ *Rhizopus* sp. (Mukanga *et al*., 2010) โดย Berger *et al*. (2000) พบว่าเชื้อจะเข้าทำลายในส่วนของลำต้น ใบ และก้าน โดยเข้าทำลายทาง epidermal cell หลังจากนั้นเชื้อก็เคลื่อนย้ายเข้าไปทำลายในส่วนของฝักและจะผลิตเอนไซม์ polygalacturonase เพื่อย่อยสลาย pectin ที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์พืช เชื้อที่มีการระบาดรุนแรงจะทำให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น ผลผลิตข้าวโพดลดลง ฝักมีน้ำหนักเบา ฝักเน่า ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น คุณภาพเมล็ดไม่ดี เมล็ดมีสีซีดจางและเมล็ดเน่าเสีย รวมทั้งทำให้เมล็ดเกิดกลิ่นเหม็นอับ (Wicklow *et al*., 2011) และเชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. เป็นเชื้อรากลุ่มใหญ่ที่เข้าทำลายเมล็ดในโรงเก็บ (seed disease in storage) สร้างความเสียหายให้แก่เมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวทั้งด้านปริมาณ คุณภาพ และยังสร้างสารพิษหลายชนิด (ภาพที่ 1) ที่เป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ด้วย (Sweeney and Dobson, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 สารพิษที่ผลิตโดยเชื้อรา *Aspergillus* และ *Penicillium* (Sweeney and Dobson, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเข้าทำลายของเชื้อราในเมล็ดพันธุ์

Choudhary and Sinha (1993) พบว่าอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความชื้นของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับการเกิดเชื้อรา *A. flavus* และการสร้างสารพิษ Aflatoxin B_1 ของเชื้อบนเมล็ดข้าวโพด เมื่ออุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นของเมล็ดระหว่างการเก็บรักษามีค่าเพิ่มสูงขึ้นเชื้อรา *A. flavus* จะเพิ่มปริมาณและสร้างสร้างพิษ Aflatoxin B_1 ได้มากขึ้นด้วย และนอกจากนี้ค่า water activity อุณหภูมิในโรงเก็บ ระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็มีความสำคัญต่อคุณภาพเมล็ดและการเจริญของเชื้อรา ซึ่งเชื้อรา *A. niger* และ *A. carbonarius* เจริญได้ดีและสามารถสร้างสารพิษ ochratoxin ได้ที่อุณหภูมิ 25-40 องศาเซลเซียส ค่า water activity 0.92-0.98 (a_w) (Alborch *et al*., 2011) แต่จากรายงานของ Giorni *et al.* (2008) พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน โดยมีค่า water activity 0.95 (a_w) ทำให้เชื้อรามีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ water activity 0.92 (a_w) และการเก็บรักษาที่มีปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศ 75 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *A. flavus* ได้ และสามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อมีปริมาณ CO_2 ในบรรยากาศเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ การเก็บรักษาเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ความชื้นเมล็ด 14 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่าจะทำให้คุณภาพเมล็ด ความงอก ความแข็งแรง และความมีชีวิตของเมล็ดลดลงเนื่องจากการเข้าทำลายของเชื้อราในโรงเก็บและแมลง (Govender *et al.*, 2008) และจากรายงานของ Burris (1993) พบว่าข้าวโพดส่วนมากจะเก็บเกี่ยวฝักขณะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และจากนั้นฝักจะถูกทำให้แห้งก่อนการนำไปกะเทาะเมล็ด กระบวนการลดความชื้นเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เมล็ดได้รับความเสียหายและสูญเสียคุณค่าทางเศรษฐกิจ ความเสียหายที่พบในเมล็ดนั้นเกิดจากอุณหภูมิที่ใช้ในการลดความชื้นสูงเกินไปและทำการลดความชื้นของเมล็ดช้า มีผลให้เกิดการเข้าทำลายของราเชื้อได้ง่าย การลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยเป็นการช่วยรักษาคุณภาพของเมล็ดในระหว่างการเก็บรักษาได้ดีที่สุด นอกจากนี้แมลงยังเป็นต้นเหตุความเสียหายที่เกิดขึ้นในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์และเป็นตัวการในการแพร่กระจายเชื้อ *A. flavus* (Sinha and Sinha, 1992) และเมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีที่อุณหภูมิห้อง นาน 10 เดือน เมล็ดพันธุ์มีความชื้นเพิ่มมากขึ้น เชื้อรามีการเข้าทำลายได้ง่ายและเมล็ดพันธุ์มีปริมาณการติดเชื้อราเพิ่มขึ้น ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง (Malaker *et al*.,2008)

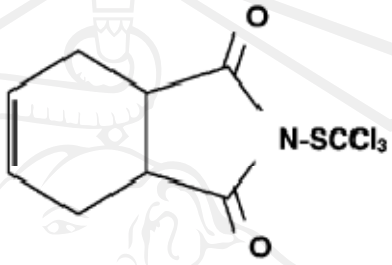
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใช้ป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคโดยสารเคมี

สารเคมีถูกนำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดเชื้อก่อโรคในพืชอย่างแพร่หลาย การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง เห็นผลเร็ว สะดวกต่อการใช้ และหาซื้อได้ง่ายตามร้านเคมีการเกษตรทั่วไป มีการนำสารเคมีมาใช้ในหลาย ๆ ด้าน ทั้งการฉีดพ่นเพื่อควบคุมโรคในแปลง การนำมาคลุกเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก เป็นต้น มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารเคมีในการป้องกันกำจัดเชื้อราหลายชนิด สารเคมี triazole, benzimidazole, benomyl, thiabendazole และ dicarboxymides ถูกนำมาทดสอบกับเชื้อรา *Brotrytis cinerea* จากมะเขือเทศ ซึ่งสารเคมีทุกชนิดสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อได้ที่ระดับความเข้มข้นต่ำสุดต่างกัน (Stehmann and Waard, 1996) สาร thiabendazole ยังสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f.sp. สาเหตุโรคโคนเน่าของต้นดอกนาซีซัสได้ (Hanks, 1996) การใช้สารเคมีกลุ่ม triazole และ benzimidazole รวมกันให้ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Cercospora zeae-maydis* สาเหตุโรคใบจุดสีเทาข้าวโพดได้ดีกว่าการใช้สารเคมีกลุ่ม triazole เพียงชนิดเดียว และช่วยให้เชื้อมีการชะลอการสร้างความต้านทานต่อสารเคมี (Ward *et al*., 1997) นอกจากนี้ Berg *et al*. (2002) ได้ทำการทดสอบสารเคมี benomyl, bitertanol, captan, mancozeb, propiconazeb และ triforine กับเชื้อรา *Alternaria cassiae* ที่แยกได้จากเมล็ดถั่วพุ่ม พบว่า captan 30 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร สามารถลดจำนวนของเชื้อราและการเกิดโรคในเมล็ดได้ดีที่สุด และสารเคมี prochloraz และ prochloraz-manganese สามารถควบคุมเชื้อ *Vertricillium dahliae* และลดการเกิดโรคในแปลงฝ้ายได้ (Kurt *et al*., 2003) การใช้สารเคมียังคงมีอย่างต่อเนื่อง และใช้กับพืชหลายชนิดมากขึ้น ใน sugar beet มีการใช้สารเคมี tetraconazole และ pyraclostrobin ป้องกันเชื้อ *Cercospora beticola* สาเหตุโรคใบจุด เพราะโรคนี้ระบาดได้รวดเร็วทำให้ผลผลิตและความหวานลดลง (Khan and Smith, 2005) งานทดลองของ Sholberg *et al*. (2005) พบว่าสาร pyrimethanil เป็นสารเคมีชนิดใหม่ที่มีความสำคัญต่อการควบคุมเชื้อรา *Botrytis cinerea* และ *Penicillium* spp. เชื้อก่อโรคในแอปเปิล สาร pyrimethanil นี้สามารถนำมาใช้กับแอปเปิลได้ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว สารเคมี benomyl, thiophanate methyl, azoxystrobin, fludioxonil และ pyraclostrobin สามารถลดการเกิดโรค anthracnose ในส้มแทนเจอรีนได้เมื่อใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 2 วัน ส่วน benomyl และ thiophanate methyl ลดการเกิดโรค stem-end rot ของต้นส้มแทนเจอรีนได้ดีกว่าสารเคมีชนิดอื่น และลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *P. digitatum* ได้ด้วย (Zhang and Timmer, 2007) และนอกจากนี้สารเคมี benomyl, carbendazim, thiophanate methyl และ fluazinam ถูกนำมาทดสอบกับเชื้อ *Rosellinia necatrix* สาเหตุโรครากเน่าของอโวกาโด ที่ความเข้มข้น 0.5 μg/ml สารเคมีทั้งสี่ชนิดสามารถควบคุมการเจริญเส้นใยของเชื้อราบนอาหาร PDA ได้ ส่วนที่ความเข้มข้น 0.1 μg/ml สาร carbendazim และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

thiophanate methyl สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อได้ 97 และ 84 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสาร fluazinam ความเข้มข้น 0.1 และ 1 (w/v) ให้ผลการควบคุมการเกิดโรครากเน่าในแปลงทดลองได้ดีที่สุด (Lopez-Herrera and Zea-Bonilla, 2007) และนอกจากนี้ Frederickson and Odvody (2003) ได้ใช้แคปแทน (ภาพที่ 2) คลุกเมล็ดข้าวฟ่างเพื่อควบคุมการเจริญของเชื้อรา *Claviceps africana* ซึ่งแคปแทนสามารถยับยั้งการงอก และยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อราได้ แต่ฤทธิ์ของสารจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาที่คลุกเมล็ดทิ้งไว้ (Cengiz *et al*., 2007)



CAPTAN

ภาพที่ 2 โครงสร้างของแคปแทน (Osaba *et al*., 2002)

ข้อจำกัดของการใช้สารเคมี

1. ปัจจุบันการใช้สารเคมีได้กลายเป็นปัญหาใหญ่ต่อการอารักขาพืช เชื้อรามีการปรับตัวทำให้ลดความไวต่อการตอบสนองต่อสารเคมี หรือเป็นการสร้างความต้านทานต่อสารเคมี ความต้านทานของเชื้อราอาจเป็นผลมาจากการกลายพันธุ์ของเชื้อราเป็นสายพันธุ์ใหม่ มีการเปลี่ยนแปลงในระดับยีน การเปลี่ยนแปลงการทำงานของกรดอะมิโน ปริมาณสารเคมีที่เชื้อราได้รับ อัตราสารเคมีที่ใช้ไม่สามารถยังยั้งการเจริญของเชื้อราได้อย่างสมบูรณ์ (Sanchez-Torres and Tuset, 2011) การใช้สารเคมีในระยะเวลาที่ไม่ถูกต้องเหมาะสม Thomas *et al*. (2008) ศึกษาระยะของการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรค anthracnose (*Colletotrichum lupini*) ของถั่วลูพีน พบว่าการใช้สารเคมี azoxystrobin, chlorothalonil, mancozeb, และ copper oxychloride 1 วันก่อนการปลูกเชื้อนั้น สารเหล่านี้มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อ ส่วนสารเคมีประเภทดูดซึมเช่น tebuconazole, benomyl และ carbendazim มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อต่ำ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาการใช้สารเคมีเป็นสิ่งสำคัญการใช้สาร chlorothalonil และ mancozeb 5 วันก่อนที่จะปลูกเชื้อมีประสิทธิภาพการควบคุมเชื้อต่ำเมื่อเทียบการใช้สาร 1 วันก่อนการปลูกเชื้อเชื้อ การประยุกต์ใช้สารเคมีเหล่านี้หลังการติดเชื้อไม่มีประสิทธิผลสำหรับการฆ่าเชื้อรา ส่วนการใช้สาร azoxystrobin, mancozeb หรือ chlorothalonil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในระหว่างการออกดอกและการสร้างฝักจะช่วยลดการเกิดโรค anthracnose ในแปลงได้ การต้านทานของเชื้อได้มีการศึกษากันมากขึ้น เช่น เชื้อรา *P. expansum* ได้พัฒนาการสร้างความต้านทานต่อสาร benzimidazole และ benomyl (Sholberg *et al*., 2005) และเชื้อรา *Botrytis cinerae* ที่แยกได้จากผลแอปเปิล 83 isolates มีเพียง 3 isolates ที่มีความต้านทานสูงต่อสาร thiabendazole ในขณะที่เหลือยังคงมีความไวต่อการตอบสนองต่อสารนี้ (Zhao *et al*., 2010)

2. การใช้สารเคมีนั้นยังก่อให้เกิดผลเสียในดิน ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนแปลงไป มีผลต่อการหายใจและการตรึงไนโตรเจนในดิน อีกทั้งยังทำให้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินลดลง (Cernohlavkova *et al*., 2009) ทำให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงต่อระบบนิเวศ การใช้สารเคมีกำจัดเชื้อราได้ถูกจำกัดชนิดและปริมาณที่ใช้ เนื่องจาก carcinogenicity และ teratogenicity ของสารเคมีเหล่านี้มีความเป็นพิษเฉียบพลันสูง

3. สารเคมีตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อมและใช้เวลาในการสลายตัวนาน (Gonzalez-Rodriguez *et al*., 2008) มีผลโดยตรงและผลค้างเคียงอื่น ๆ ต่อมนุษย์และสัตว์ (Giavini and Menegola, 2010)

4. การใช้สารเคมีในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ยังมีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ด ทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลง เนื่องจากสารเคมีทำให้เกิดการรั่วไหลของน้ำตาล องค์ประกอบภายในเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์ และการทำงานของ membrane เปลี่ยนแปลงไป (Chen and Burris, 1993)

5. ถึงแม้ว่าในปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดเชื้อรายังมีการใช้อย่างแพร่หลายในประเทศ แต่หน่วยงานของรัฐได้มีการจำกัดชนิดและปริมาณการใช้อย่างเคร่งครัด เพราะต้องการให้ผลผลิตมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค การควบคุมโรคโดยชีววิธีหรือการใช้สารสกัดจากพืชยังไม่เป็นที่รู้จักหรือเป็นที่นิยมมากนักแต่ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้สารเคมีได้อย่างยั่งยืน

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil)

น้ำมันหอมระเหยจากพืช สามารถสกัดได้จากทุกส่วนของพืช เช่น ดอก ใบ ผล ก้าน เป็นต้น ซึ่งชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ที่สกัดได้จะแตกต่างกันในแต่ละส่วนของพืช น้ำมันหอมระเหยเป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการ secondary metabolite ในพืชแต่ละชนิดจะพบสารที่แตกต่างกัน เช่น กานพลูจะพบ eugenol เป็นสารประกอบหลัก ส่วนอบเชยจะพบ cinnamic aldehyde เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติ คือ มีกลิ่นและระเหยได้ง่าย ไม่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จะไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีรสและกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งกลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป น้ำมันหอมระเหยมีลักษณะเบากว่าน้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีสภาวะเป็นทั้งของแข็ง ของแข็งกึ่งเหลว และของเหลว แต่ส่วนใหญ่เป็นของเหลว น้ำมันหอมระเหยจะไม่มีสี แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะถูกออกซิไดส์ทำให้สีเข้มขึ้นจากไม่มีสีกลายเป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล วิธีแบบดั้งเดิมในการผลิตสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชคือการกลั่นผ่านทางไอน้ำหรือสกัดด้วยตัวทำละลาย (Dai *et al*., 2010) ในธรรมชาตินำ้มันหอมระเหยมีบทบาทสำคัญดังนี้

-ป้องกันพืช จากเชื้อไวรัส เชื้อรา แบคทีเรีย และเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ

-เป็นยาฆ่าแมลง และมีผลต่อสัตว์กินพืชโดยเป็นแหล่งพลังงานสำรอง และลดความอยากอาหารของพวกเขา

-ดึงดูดแมลงบางชนิดเพื่อการแพร่กระจายของละอองเรณูและเมล็ด ผสมเกสรดอกไม้

-ป้องกันพืชจากการสูญเสียน้ำ (dehydration) เนื่องจากสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง

จากคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหย มีผลอย่างยิ่งในเชิงพาณิชย์ ที่สำคัญคือเป็นประโยชน์สำหรับการผลิตยา ทำผลิตภัณฑ์ทางทันตกรรม อุตสาหกรรมการเกษตรและอาหาร เป็นสารปรุงแต่ง สารเติมแต่งกลิ่นและรสอาหาร และช่อยถนอมอาหารตามธรรมชาติ เช่น สารสกัดจากใบสะระแหน่ (Dai *et al*., 2010) สำหรับเครื่องสำอางและน้ำหอม น้ำมันหอมระเหยหรือบางส่วนของน้ำมันหอมระเหยจะใช้ในการทำกลิ่นหอม เช่น d - limonene, geranyl อะซิเตท หรือ D-carvone เป็นส่วนประสมในน้ำหอม ครีม สบู่ เป็นเครื่องหอมสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดของใช้ในครัวเรือน น้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะเป็นยา สามารถรักษาความผิดปกติของอวัยวะ หรือการทำงานที่ผิดปกติของระบบอวัยวะได้ (Silva *et al*., 2003; Hajhashemi *et al*., 2003; Perry *et al*., 2003) น้ำมันหอมระเหยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นสารสังเคราะห์ในอุตสาหกรรมเคมี เนื่องจากไม่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม (Carson และ Riley, 2003)

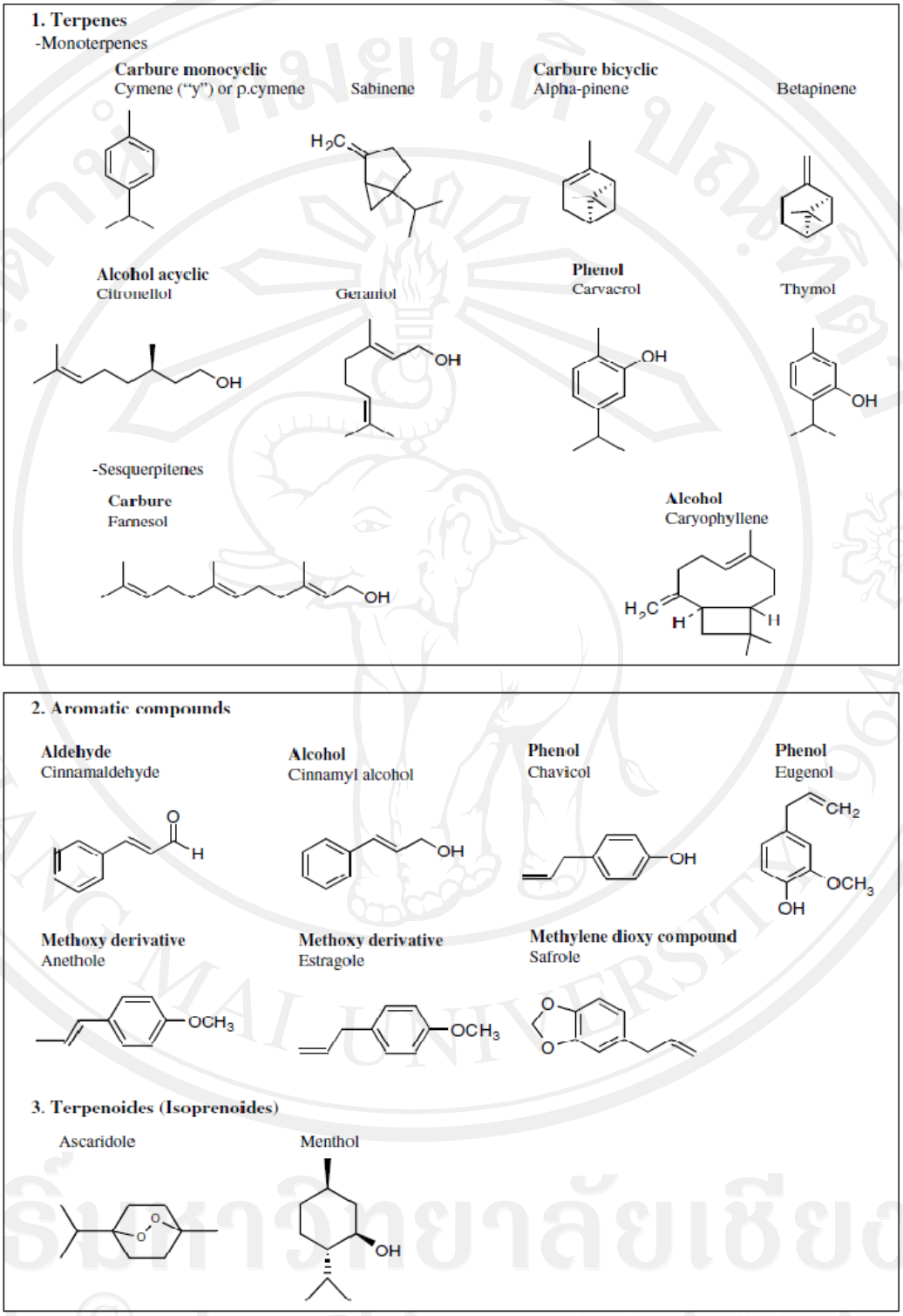
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นสารธรรมชาติประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน โดยองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของพืชจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สภาพภูมิประเทศ และวิธีการสกัดน้ำมันหอมระเหย (Jerkovic *et al*.,2001) ซึ่งในพืชแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบหลักที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น carvacrol (30%) และ thymol (27%) เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยออริกาโน่ (*Origanum compactum*), linalol (68%) เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยผักชี (*Coriandrum sativum*) และ thuyone - B (57%) และ camphor (24%) เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยเปลือกรากหม่อนอิงเฉิน (*Artemisia herba-alba*) ส่วน 1,8-cineole (50%) เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยอบเชย (*Cinnamomum camphora*) และ α-phellandrene (36%) และ limonene (31%) จากใบ และ carvone (58%) และ limonene (37%) จากเมล็ด เป็นส่วนประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยผักชีลาว (*Anethum graveolens*) เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วองค์ประกอบหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหยจะเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางชีวภาพที่จำเป็นของน้ำมันหอมระเหย ซึ่งแหล่งกำเนิดของส่วนประกอบจะรวมด้วย biosynthetical สองกลุ่มที่แตกต่าง (Betts, 2001; Pichersky *et al*., 2006) กลุ่มหลักประกอบด้วยโครงสร้างของ terpenes terpenoids และ aromatic กลุ่มรองมาคือ องค์ประกอบ aliphatic ซึ่งทั้งหมดมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ และน้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งตามชนิดขององค์ประกอบใหญ่ ๆได้ดังนี้ (ภาพที่ 3)

1.Terpenes มีโครงสร้างและรูปแบบที่แตกต่างกัน เกิดจากการรวมของ คาร์บอน 5 อะตอม (C5) ซึ่งเป็นฐานของโครงสร้างเรียกว่า isoprene การสังเคราะห์ของ terpenes ประกอบด้วยการสังเคราะห์สารตั้งต้น diphosphate isopentenyl (IPP) และสังเคราะห์สารตั้งต้น prenyldiphosphate การปรับเปลี่ยนของของ prenyldiphosphate allylic โดย synthetases terpene ในโครงสร้างหลักของ terpene จนถึงขั้นตอนสุดท้าย (ปฏิกิริยารีดอกซ์) ทำให้เกิด terpenes ที่มีโครงสร้างแตกต่างกัน และมีคุณลักษณะคุณสมบัติการทำงานแตกต่างกันด้วย terpenes หลักประกอบไปด้วย monoterpenes (C10) และ sesquiterpenes (C15) นอกจากนี้ยังมี hemiterpenes (C5), diterpenes (C20), triterpenes (C30) และ tetraterpenes (C40) terpene ที่มีออกซิเจนในโครงสร้างจะเรียกว่า terpenoid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางเคมีขององค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย (Pichersky *et al*., 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

-monoterpenes เกิดขึ้นจากการรวมตัวกันของ isoprene (C10) 2 หน่วย เป็นโมเลกุลที่พบในน้ำมันหอมระเหยมากที่สุด 90 เปอร์เซ็นต์ และมีความหลากหลายของโครงสร้าง ดังนี้

Carbures: น้ำมันหอมระเหยที่มี carbure เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญได้แก่

กลุ่ม acyclic เช่น myrcene, ocimene เป็นต้น

กลุ่ม monocyclic: terpinenes, p-cimene, phellandrenes เป็นต้น

กลุ่มbicyclic: pinenes, -3-carene, camphene, sabinene เป็นต้น

Alcohols: น้ำมันหอมระเหยที่มี alcohol เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญได้แก่

กลุ่ม acyclic เช่น geraniol, linalol, citronellol, lavandulol, nerol เป็นต้น

กลุ่ม monocyclic เช่น menthol, a-terpineol, carveol เป็นต้น

กลุ่ม bicyclic: borneol, fenchol, chrysanthenol, thuyan-3-ol เป็นต้น

Aldehydes: มีสารจำพวก aldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมันหอมระเหยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่

กลุ่ม acyclic เช่น geranial, neral, citronellal เป็นต้น

Ketone: มีสารจำพวก ketone เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของ ketone ที่พบได้แก่

กลุ่ม acyclic เช่น tegetone เป็นต้น

กลุ่ม monocyclic เช่น menthones, carvone, pulegone, piperitone เป้นต้น

กลุ่ม bicyclic เช่น camphor, fenchone, thuyone, ombellulone, pinocamphone เป็นต้น

Esters: มีสารจำพวก esters เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่าง ของสารจำพวก ester ที่พบ ได้แก่

กลุ่ม acyclic เช่น linalyl acetate or propionate, citronellyl acetate เป็นต้น

กลุ่ม monocyclic เช่น menthyl or a-terpinyl acetate เป็นต้น

กลุ่ม bicyclic เช่น isobornyl acetate เป็นต้น

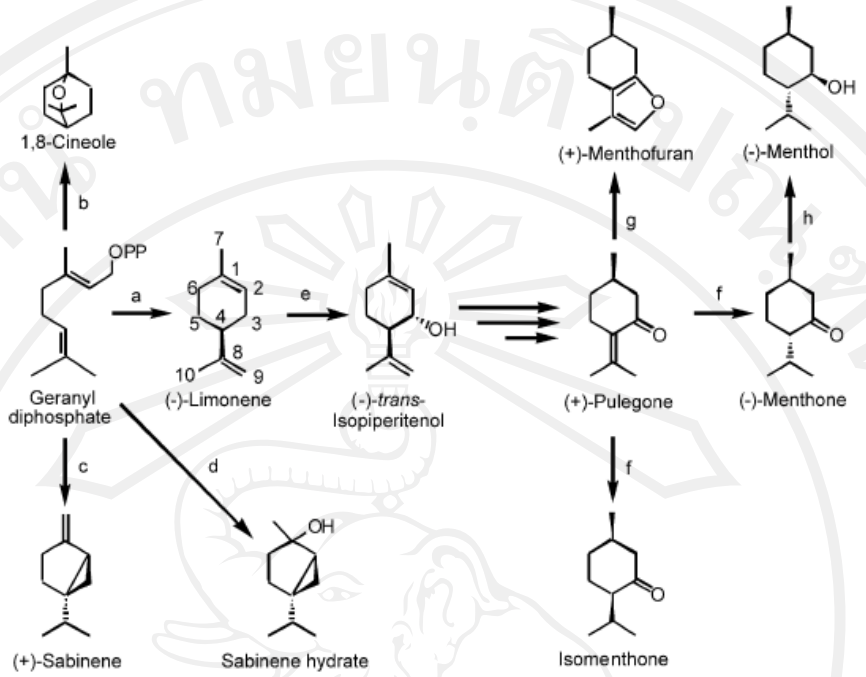
Ethers: มีสารจำพวก esters เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1,8-cineole, menthofurane เป็นต้น

Peroxydes ตัวอย่างของสารในกลุ่มนี้ เช่น ascaridole เป็นต้น

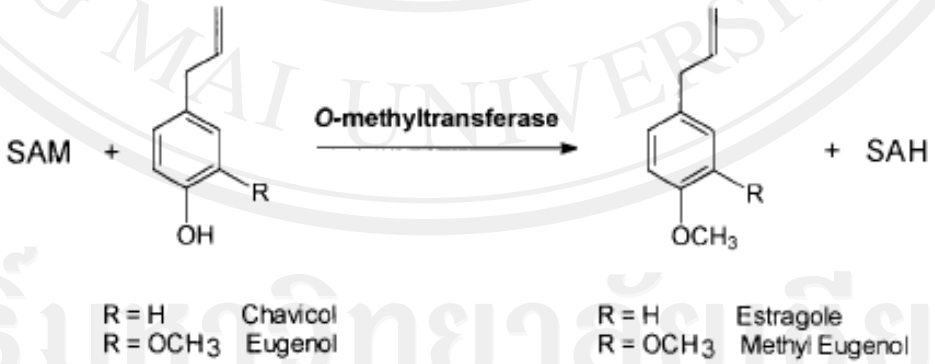
Phenols: มีสารจำพวก phenol เป็นองค์ประกอบหลัก phenol ที่พบได้แก่ eugenol, thymol, carvacrol เป็นต้น

ตัวอย่างของพืชที่มีสารเหล่านี้ เช่น มะกรูด ยี่หร่า คื่นฉ่าย ตะไคร้หอม ผักชี ต้นยูคา มะนาว ตะไคร้ มิ้น ส้ม สะระแหน่ (ภาพที่ 4) สน โรสแมรี่ และ โหระพา (ภาพที่ 5) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสังเคราะห์ monoterpenes ของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ เอนไซม์ที่พบ คือ (a) การสังเคราะห์ limonene, (b) การสังเคราะห์ 1,8-cinoeole synthesis, (c) การสังเคราะห์ sabinene, (d) การสังเคราะห์ sabinene hydrate, (e) limonene-3-hydroxylase, (f) pulegone reductase, (g) การสังเคราะห์ menthofuran และ (h) menthone reductase ลูกศรแสดงขั้นตอนต่าง ๆ (Mahmoud *et al*., 2004)



ภาพที่ 5 การสร้าง methyl chavicol (estragole) หรือ methyl eugenol และ S – adenosyl homocysteine (SAH) จาก SAM: allylphenol *O*-methyltransferase กิจกรรมในโหระพา และกลุ่มของ methyl จาก SAM ถูกโอนไปยังกลุ่ม P – hydroxyl ของ chavicol หรือ eugenol (Lewinsohn *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. สารอะโรเมติก เกิดมาจาก phenylpropane เกิดขึ้นน้อยกว่า terpenes สำหรับ terpenes และ phenylpropanic โดยทั่วไปจะแยกได้ในพืช แต่อาจอยู่ร่วมกันได้ในพืชบางชนิด สารอะโรเมติกประกอบด้วย

Aldehyde เช่น cinnamaldehyde

Alcohol เช่น cinnamic alcohol

Phenols เช่น chavicol, eugenol

Methoxy derivatives เช่น anethole, elemicine, estragole, methyleugenols

Methylene dioxy compounds เช่น apiole, myristicine, safrole

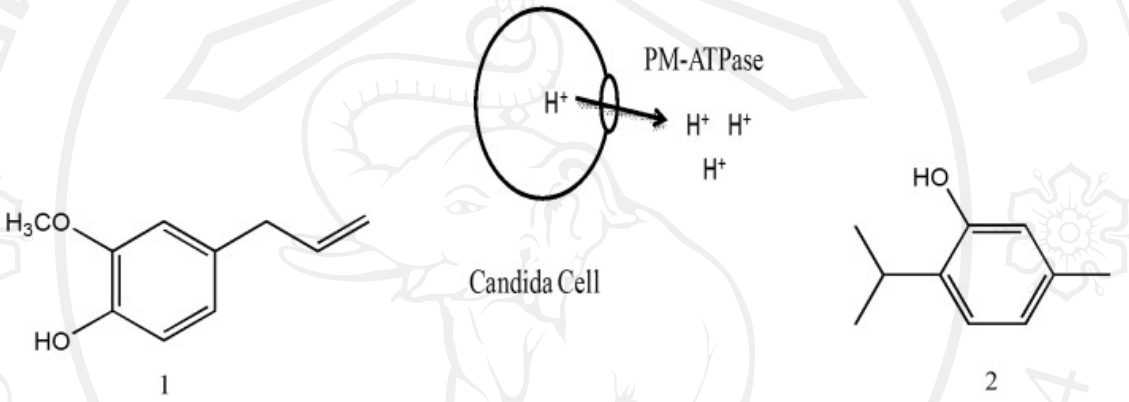
พืชหลักที่มีสารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ เช่น โป๊ยกั๊ก อบเชย กานพลู ยี่หร่า ลูกจันทน์เทศน์ ผักชีฝรั่ง เป็นต้น

ความเป็นพิษ และกลไกลการทำปฏิกิริยาของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบที่จำเป็นที่มีในน้ำมันหอมระเหยมีเป้าหมายที่ไม่เฉพาะเพียงแค่ cellular ของเชื้อจุลินทรีย์เท่านั้น (Carson *et al*., 2002) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารที่สามารถผ่านเข้าสู่ผนังเซลล์ และ cytoplasmic membrane อีกทั้งยังทำลายชั้นโครงสร้างของ polysaccharides กรดไขมัน phospholipids และ cell membrane เกิดปฏิกิริยาการยอมให้ผ่าน (permeabilize) ของสาร ทำให้เกิดความเป็นพิษสร้างความเสียหายแก่ผนังเซลล์ ในแบคทีเรียการเกิดการยอมให้ผ่านของเนื้อเยื่อ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียไอออน ทำให้ศักยภาพการทำงานของผนังเซลล์ลดลง เกิดการล่มสลายของปั๊มโปรตอน และเกิดการสูญเสียพลังงาน ATP (Sikkema *et al.*, 1994; Helander *et al.*, 1998; Ultee *et al.*, 2000, Di Pasqua *et al*., 2006; Turina *et al*., 2006) น้ำมันหอมระเหยสามารถจับกับ cytoplasm (Gustafson *et al*., 1998) และทำให้ไขมันและโปรตีนเกิดความเสียหาย (Ultee *et al*., 2002; Burt, 2004) อีกทั้งยังสร้างความเสียหายแก่ผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์สามารถนำไปสู่การรั่วซึมของโมเลกุล และโมเลกุลแตกสลาย (Lambert *et al*., 2001; Oussalah *et al*., 2006) สารยูจีนอลมีกลไกการออกฤทธิ์ต่อเชื้อราโดยการขัดขวางการละลายของชั้นไขมันใน cytoplasmic membrane และกลุ่ม hydroxyl (OH grop) จะยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ ทำให้โปรตีนภายในเซลล์รวมตัวกัน ทำให้การดำรงชีวิตของเชื้อราผิดปกติไป การเจริญและการงอกของสปอร์ช้าลงและส่งผลทำให้เชื้อราตาย (Trotel *et al*., 2006) น้ำมันหอมระเหยสามารถทำให้เกิด depolarization ของ mitochondrial ใน cell membrane โดยการลดกิจกรรมที่เกิดขึ้นบริเวณผนังเซลล์ ซึ่งมีผลต่อการแลกเปลี่ยนไอออน Ca + + (Richter and Schlegel, 1993; Novgorodov and Gudz, 1996; Vercesi *et al*., 1997) และทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกิดช่องว่างแลกเปลี่ยนกับไอออนอื่นๆ (ภาพที่ 6) และการลดลงของความเป็นกรดด่างมีผลกระทบต่อปั๊มโปรตอนและกลุ่มพลังงาน ATP (เช่นในแบคทีเรีย) การเปลี่ยนแปลงการไหลของเนื้อเยื่อเป็นผลให้เกิดการดูดซึมผิดปกติ และเกิดการรั่วไหลของเซลล์, cytochrome C, แคลเซียมไอออนและโปรตีน ในกรณีนี้เกิดจากความเครียดและความล้มเหลวของปฏิกิริยาออกซิเดชั่น การเกิด permeabilization ของเนื้อเยื่อ mitochondrial ภายนอกและภายในทำให้เซลล์ตาย (Yoon *et al*., 2002; Armstrong, 2006)

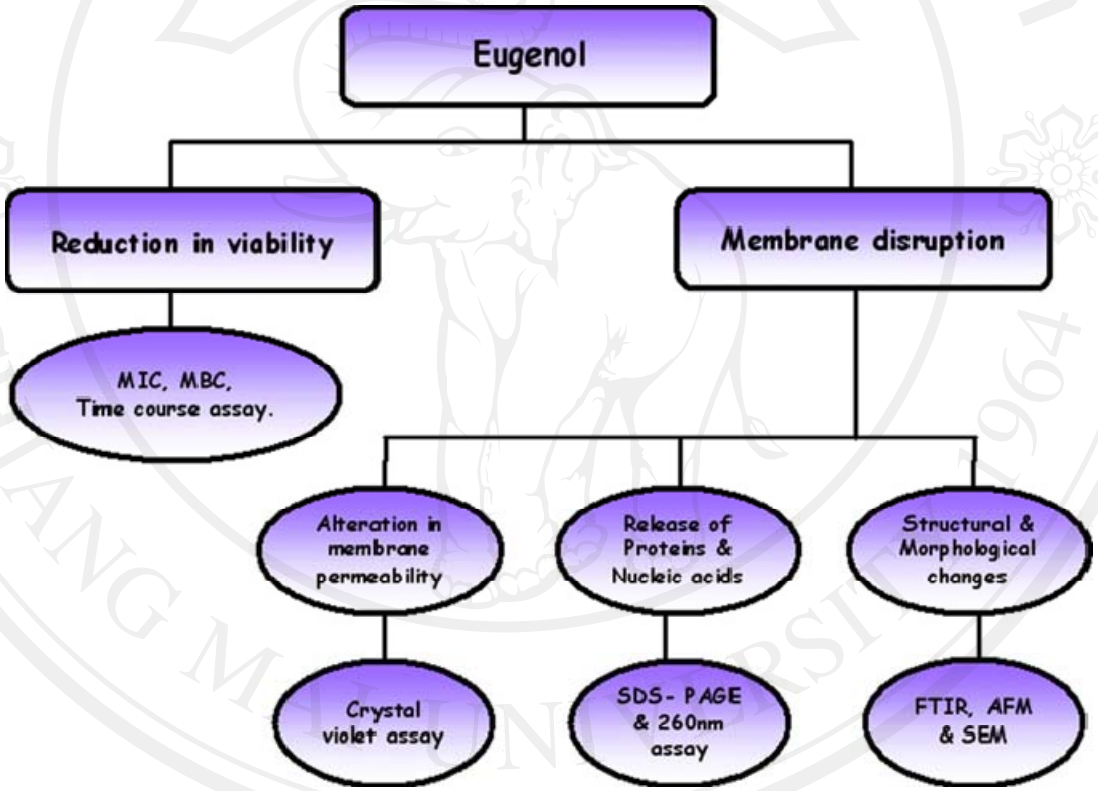


ภาพที่ 6 ผลของ eugenol (1) และ thymol (2) ในการแลกเปลี่ยน H^+ และการกระตุ้นการสร้าง H^+ กับเอนไซม์ ATPase ในพลาสมาเมมเบรนของ *Candida* (Ahmad *et al*., 2010)

Pandima-Devi (2010) ทำการทดสอบสารยูจีนอล ซึ่งพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Salmonella typhi* โดยยูจีนอลจะซึมผ่านทาง membrane และจะรบกวนการทำงานของ membrane และ cytoplasmic ทำให้โมเลกุลเกิดการเปลี่ยนรูปเชื้อไม่สามารถเจริญต่อไปได้ (ภาพที่ 7) สอดคล้องกับงานของ Machado *et al*. (2011) ที่ได้ทำการวิจัยการประเมินผลของกิจกรรมการต่อต้าน *Giardia* ของกานพลูและยูจีนอล พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลู (134 µg/ml) และยูจีนอล (101 µg/ml) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Giardia lamblia* ได้ โดยน้ำมันหอมระเหยกานพลูสามารถยับยั้งการเจริญและการเกาะกลุ่มกันของเชื้อได้ตั้งแต่ชั่วโมงแรกของการบ่มเพาะเชื้อและสามารถฆ่าเชื้อได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของประชากรทั้งหมด ส่วนยูจีนอลจะเกิดขึ้นในชั่วโมงที่สาม และไม่เหนี่ยวนำให้เกิด cell lyses และการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาที่เกิดขึ้นสารเหล่านี้ทำให้เกิดการปรับเปลี่ยนรูปทรงของเซลล์ เกิดการรวมตัวกันใน cytoplasm และเกิดการรัดตัวของเซลล์เมมเบรน งานทดลองอื่นที่มีการการตรวจสอบผ่านกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน สังเกตพบการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ใน ultrastructural เช่น plasma membrane, cytoplasm (บวมและรั่ว) และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นิวเคลียส (Soylu *et al*., 2006; Santoro *et al*., 2007) การวิเคราะห์ของระดับไขมันโดยวิธี gas chromatography และโครงสร้างเซลล์ที่พัฒนาโดยตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนของแบคทีเรียที่ถูกทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยบางชนิด พบว่าปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลง และมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว รวมทั้งโครงสร้างเซลล์ที่พัฒนามีการเปลี่ยนแปลงไป (Di Pasqua *et al*., 2007) น้ำมันหอมระเหยทำให้เกิดการหยุดชะงักการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัส HSV โดยสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเซลล์มีการป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อ (Schnitzler *et al*., 2007)



ภาพที่ 7 ฤทธิ์การต้านเชื้อ *Salmonella typhi* และกลไกการออกฤทธิ์ของ eugenol (Pandima-Devi *et al*., 2010)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจะแสดงออกมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างโคโลนีของเชื้อ และความแตกต่างกันขององค์ประกอบทางเคมีของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้น (Bakkali *et al*., 2005) นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับสถานะของเซลล์ การเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ ซึ่งการแบ่งเซลล์มีความอ่อนไหวต่อน้ำมันหอมระเหยมาก เพราะน้ำมันหอมระเหยสามารถซึมเข้าสู่เซลล์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปการก่อความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยเนื่องมาจากสารประกอบ phenols, aldehydes และ alcohols (Bruni *et al*., 2003; Sacchetti *et al*., 2005) โดยสารประกอบ phenolic ในน้ำมันหอมระเหยช่วยกระตุ้นทำให้ phospholipid bilayer ของผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เกิด permeability เพิ่มขึ้น และเกิดการรั่วไหลของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์หรือทำให้เกิดความเสียหายของระบบเอนไซม์ของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา (Singh *et al*., 2002) สารประกอบเหล่านี้บางชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชโดยมีผลไปยับยั้งการเจริญของเส้นใยหรือการสร้างสปอร์ ทำให้เชื้อสาเหตุโรคไม่สามารถเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ต่อไปได้ (Basilico and Basilico,1999) โดย eugenol, carvacrol และ cinnamaldehyde องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืชทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับ ATP และมีผลต่อความมีชีวิตของเซลล์เชื้อ *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* และ *Lactobacillus sakei* โดย cinnamaldehyde มีผลน้อยต่อการเพิ่มขึ้นของการเกิด membrane permeabilization แต่ eugenol และ carvacrol ทำให้เกิด permeabilization ที่ไม่เฉพาะเจาะจงแค่ cytoplasmic membrane และมีผลในการยับยั้งการเกิดกิจกรรมของ ATPase ทำให้ membrane เสียหาย cinnamaldehyde มีผลน้อยต่อการเพิ่มขึ้นของการเกิด membrane permeabilization (Grill and Holley, 2006) และนอกจากนี้ Park *et al.* (2009) ทดสอบองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากพืชกลุ่ม terpenes (citral, eugenol, nerolidol และ α – terpineol) กับเชื้อ *Trichophyton mentagrophytes* โดย citral 0.1 มก./มล. ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อได้ดีที่สุด ส่วนการตรวจสอบเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ eugenol, nerolidol และ α – terpineol ปริมาตร 0.2, 0.4 และ 1 มก./มล. ทำให้เส้นใยเชื้อราบิดเบี้ยวและยุบลง แต่ไม่พบความเสียหายของเส้นใยที่เกิดจาก citral 0.2 มก./มล. เช่นเดียวกับ Billerbeck *et al*. (2001) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างพิเศษของเส้นใยเชื้อรา *A. niger* ภายหลังจากถูกทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon nardus* (L.) ซึ่งมีผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดลดลง ผนังเซลล์ของเชื้อราบางลง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เกิดจากองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจะไปรบกวนปฏิกิริยาของเอนไซม์ในการสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา (wall synthesis) เป็นผลทำให้เกิด fungal morphogenesis และการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ นอกจากนี้การยับยั้งการเจริญเติบโตจะมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพของเส้นใยเชื้อราภายหลังจากการถูกทดสอบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

น้ำมันหอมระเหยจาก *Tylenchorhynchus vulgaris* (L.) (Zambonelli *et al*., 1996) โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นใน cytological structure ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการรบกวนของน้ำมันหอมระเหยกับการตอบสนองของเอนไซม์ในการสร้างผนังเซลล์ จะเห็นได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา (Velluti *et al*., 2004; Serrano *et al*., 2005; Cavaleiro *et al*., 2006; Pawar and Thaker, 2006; Soylu *et al*., 2006; Plooy *et al*., 2009; Zabka *et al*., 2009) แบคทีเรีย (Holley and Dhaval, 2005; Basile *et al*., 2006; Husnu Can Baser *et al*., 2006) ไวรัส (Duschatzky *et al*., 2005) ไส้เดือนฝอย (Gupta *et al*., 2011) โปรโตซัว (Monzote *et al*., 2006) เชื้อพยาธิ (Moon *et al*., 2006; Priestley *et al*., 2006) แมลง (Liu *et al*., 2006; Sim *et al*., 2006) และหอย (Lahlou และ Berrada, 2001) นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษจากเชื้อราได้ (Kumer *et al*., 2010; Prakash *et al*., 2011; Velluti *et al*., 2003)

จากคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยที่เป็น inhibitor agent, allelopathic และ phytotoxic agent มีผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เนื่องมาจาก α-pinene ซึ่งเป็นหนึ่งในองค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหยจากพืชหลายชนิดรบกวนการทำงานของ mitochondrial membrane ใน coleoptiles และรากของข้าวโพด โดยการยับยั้งการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในขบวนการ oxidative phosphorylation และยับยั้งการผลิต mitochondrial ATP ทำให้การเผาผลาญพลังงานใน mitochondrial ลดลง แต่ α-pinene ไม่มีผลต่อ succinate dehydrogenase และ L-malate dehydrogenase (L-malate:NAD^+ oxidoreductase) (Abrahim *et al*., 2003) นอกจากนี้องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยกลุ่ม monoterpenes เช่น camphor, eucaliptol, limonene และ α-pinene มีผลต่อปฏิกิริยา oxidative metabolism ใน mitochondria ของรากข้าวโพด โดย limonene และ α-pinene จะไปยับยั้งการหายใจของ mitochondria ทำให้รากข้าวโพดไม่เจริญเติบโต แต่ camphor และ eucaliptol ไม่มีผลในการยับยั้งการงอกของราก ถึงแม้กิจกรรมการยับยั้งที่เกิดขึ้นมีความรุนแรงแต่ความเข้มข้นของสารที่ใช้ลดลงทำให้ปฏิกิริยาการการยับยั้งลดลงตามไปด้วย (Abrahim *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อจุลินทรีย์โรคพืช

จากคุณสมบัติของน้ำมันหอมระเหยที่เป็นได้ทั้ง antibacterial, antifungal, antioxidant และ anti-carcinogenic จึงมีนักวิจัยจำนวนมากให้ความสนใจในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการควบคุมเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค โดย Soliman and Badeaa (2002) ได้ทำการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากพืช 12 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยไทม์ โป๊ยกั๊ก และอบเชย ($\leq$ 500 ppm) ดาวเรือง ($\leq$2,000 ppm) สเปียร์มิ้นต์ โหรพา และ quyssum (3,000 ppm) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus* และ *F. Moniforme* จากข้าวสาลีได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยของ caraway สามารถยับยั้งได้ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm โดยยับยั้งเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* ในขณะที่ความเข้มข้นระดับ 3,000 ppm จะยับยั้งเชื้อรา *A. ochraceus* และ *F. moniliforme* ได้ Yahyazadeh *et al*. (2008) พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูและโหระพา สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. digitatum* Sacc. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความเข้มข้น 600 ppm และจากการวิเคราะห์หาสารประกอบในน้ำมันหอมระเหยโดยวิธี Gas chromatography พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูมียูจีนอลเป็นสารประกอบ 78.53 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Marin *et al*. (2004) จากการวิเคราะห์หาสารประกอบในน้ำมันหอมระเหย 5 ชนิด พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยมียูจีนอล 88.2 และ 82.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยตะไคร้มีเจอราเนียล 52.0 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยพามาโรซ่ามีเจอรานิออล 87.6 เปอร์เซ็นต์และน้ำมันหอมระเหยออริกาโนมีคาร์วาคอล 70.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ได้ทดสอบผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการยับยั้งการสร้างสาร zearalenone และ deoxynivalenol ของเชื้อรา *F. graminearum* จากเมล็ดข้าวโพดซึ่งมันหอมระเหยจากกานพลู ตะไคร้ และพามาโรซ่าสามารถยับยั้งการสร้างสารทั้งสองชนิดได้ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และออริกาโนไม่สามารถยับยั้งการสร้างสาร zearalenone ได้ นอกจากนี้ Amiri *et al.* (2008) ได้ใช้ยูจีนอลความเข้มข้น 2 มก./มล. ผสมในอาหารเลี้ยงเชื้อ malt extract agar ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. expansum, Phlyctema vagabunda*, *Botrytis cinerea* และ *Monilinia fructigena* สาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวของแอปเปิลได้อย่างสมบูรณ์ Reddy (2009) ใช้น้ำมันหอมระเหยกานพลู 5 กรัมต่อเมล็ดข้าว 1 กิโลกรัม ทำการทดสอบกับเชื้อ *A. flavus* และสารพิษ aflatoxin B_1 ซึ่งน้ำมันหอมระเหยกานพลูในปริมาณนี้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสารพิษของเชื้อได้อย่างสมบูรณ์ งานทดลองของ Velluti *et al.* (2004) ได้ทดสอบน้ำมันหอมระเหยทั้งหมด 37 ชนิด ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *F. verticillioides*, *F. proliferatum* และ *F. graminearum* มีเพียงน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู ตะไคร้ ออริกาโน่ และพามาโรซ่าที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของเชื้อรากลุ่มนี้ได้ และน้ำมันหอมระเหยอบเชย กานพลู และกระวาน (bay)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ความเข้มข้น 200-300 ppm สามารถยังยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *P. verrucosum* และ *A. westerdijkia* (*A. ochraceus*) และยับยั้งการสร้างสารพิษ ochratoxin A ของเชื้อราทั้งสองชนิดจากเมล็ดข้าวสาลีได้ (Aldred *et al*., 2008) เช่นเดียวกับมยุรี (2549) ทำการทดสอบค่าความเข้มข้นต่ำสุดของน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราจากเมล็ดข้าวได้ พบว่า น้ำมันหอมระเหยกานพลู ตะไคร้หอม และอบเชย มีประสิทธิภาพในการยังยั้งเชื้อรา *F. moniliforme* และ *Bipolaris oryzae* ดีที่สุดที่ค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้ง (Minimal inhibitory concentrations; MICs) เท่ากับ 16 และน้ำมันหอมระเหยกานพลู และอบเชยในความเข้มข้นทุกระดับสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสองชนิดนี้โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งคือ 98-100 เปอร์เซ็นต์

เชื้อราสามารถติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้โดยการฝังอยู่ภายในเนื้อเยื่อของเมล็ด หรือติดมากับส่วนนอกของเมล็ด น้ำมันหอมระเหยสามารถนำมาเป็น seed protectant เพื่อยับยั้งการถ่ายทอดเชื้อจุลินทรีย์ผ่านทางเมล็ดได้ และในขณะเดียวกันน้ำมันหอมระเหยจากพืชไม่มีผลต่อความงอก ความแข็งแรง ความมีชีวิต และการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับ Kritzinger *et al.* (2002) ได้ศึกษาการคลุกเมล็ดถั่วลันเตาด้วยน้ำมันหอมระเหยของกานพลู สะระแหน่ ไทม์ และตะไคร้ พบว่าน้ำมันหอมระเหยไทม์และกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus*, *A. niger*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* และ *P. chrysogenum* ได้ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยสะระแหน่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 5 ชนิดได้ที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm โดยน้ำมันหอมระเหยทั้งหมดไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วลันเตา สอดคล้องกับรายงานของสุภามาศ (2551) จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยกานพลู ข่า และโป๊ยกั๊กในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยนำน้ำมันหอมระเหยมาเคลือบเมล็ดพันธุ์ พบว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 1.0-2.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* และ *A. niger* ได้ดีที่สุด และน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูทุกระดับความเข้มข้นและน้ำมันหอมระเหยจากข่าที่ระดับความเข้มข้น 1.5-2.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Fusarium* sp.ได้ดีที่สุด โดยน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดนี้ไม่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากโป๊ยกั๊กที่ระดับความเข้มข้น 0.5-1.0 มิลลิลิตรต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ได้ดีที่สุด แต่มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลง และน้ำมันหอมระเหยทั้งสามชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Penicillium* sp. ใกล้เคียงกัน แต่พบว่าหลังจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลู ข่า และโป๊ยกั๊ก เป็นเวลา 90 วัน ทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราลดลง เช่นเดียวกับงานทดลองของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ธีระพงษ์ (2550) พบว่ากรรมวิธีการพอกเมล็ดข้าวด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูร่วมกับน้ำมันหอมระเหยข่าและน้ำมันหอมระเหยโป๊ยกั๊ก มีประสิทธิภาพในการควบคุมการติดเชื้อรา *A. flavus*, *A. njger*, *Alternaria* sp., *Fusarium* sp. และ *Penicillium* sp. ได้ดี แต่ประสิทธิภาพของการควบคุมการติดเชื้อ รวมทั้งคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

Matan *et al.* (2009) ได้นำน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่และน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสทดสอบการยังยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger*, *Penicillium* sp. และ *P. chysogenum* ที่แยกได้จากต้นยางพารา ซึ่งน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่ที่ความเข้มข้น 300 ppm และสารเมนทอลความเข้มข้น 350 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสามชนิดได้ ส่วนน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสและสารยูคาลิปทอลต้องใช้ความเข้มข้นที่สูงกว่า คือ 600 และ 500 ppm ตามลำดับถึงจะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราทั้งสามชนิดได้ Ziedan and Farrag (2008) ได้ทดลองทำการรมลูกท้อด้วยน้ำมันหอมระเหยโหระพาและสะระแหน่ที่ความเข้มข้น 30 µl/400cm^3 พบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Rhizopus* sp., *Monilinia fructicola* และ *A. niger* ได้อย่างสมบูรณ์ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่พบว่ามี Menthone เป็นสารประกอบหลัก 47.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ Menthol 18.2 เปอร์เซ็นต์ (Mahmoud *et al*., 2004) สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ ส่วนน้ำมันหอมระเหยโหระพามี estragol (methyl chavicol) และ linalool เป็นสารประกอบหลักโดยมี 20.5 และ 16.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนยูจีนอลมีเพียง 3.9 เปอร์เซ็นต์ และมี methyl eugenol 8.0 เปอร์เซ็นต์ (Bagamboula *et al*., 2004) สอดคล้องกับงานทดลองของ Dambolena *et al*. (2010) ที่ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากดอกและใบของโหระพา เมื่อนำมาวิเคราะห์หาสารประกอบหลัก พบว่ามี linalool ในดอกและใบ 28.2 และ 29.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. verticillioides* และยับยั้งการสร้างสารพิษ Fumonisin ของเชื้อได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยโหระพายังสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. monilifrome*, *F. dimerum*, *F.equiseti* และ *F. lateritium* สาเหตุโรครากเน่าในยี่หร่าได้ด้วย (Hashem *et al*., 2010)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเสริมฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย

การศึกษาการเสริมฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยโดยนำน้ำมันหอมระเหยสองชนิดมารวมกันก่อนนำไปทดสอบกับเชื้อจุลินทรีย์นั้นเริ่มมีการศึกษาเพิ่มมากขึ้น โดยการใช้สารประกอบของน้ำมันหอมระเหยสองชนิดมารวมกันมีผลการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราดีกว่าการใช้เพียงชนิดเดียว ซึ่งผลของการใช้ cinnamaldehyde รวมกับสารประกอบ catechin, quercetin หรือยูจีนอล ต่อเชื้อรา *Laetiporus sulphureus* ในไม้ กรรมวิธี cinnamaldehyde รวมกับ eugenol มีการต่อต้านเชื้อ *Laetiporus sulphureus* ดีที่สุด สารประกอบทั้งสองออกฤทธิ์เสริมกันทำให้มีผลรบกวนการสังเคราะห์ผนังเซลล์ของเชื้อราและผนังเซลล์ถูกทำลาย (Yen and Chang, 2008) การทดสอบความเป็นพิษของยูจีนอล องค์ประกอบหลักของกานพลูและ thymol องค์ประกอบหลักของโหระพาต่อเชื้อ *Candida albicans* โดยทำการทดสอบสารแต่ละชนิด และการรวมกันของสารทั้งสองชนิด พบว่าการทดสอบทั้งสองแบบมีผลทำให้โมเลกุลและสัณฐานวิทยาของเชื้อเปลี่ยนแปลงไป ซึ่ง thymol ให้ผลที่ชัดเจนกว่ายูจีนอล และการนำสารทั้งสองชนิดมารวมกันเป็นการเสริมการออกฤทธิ์ให้ผลการยับยั้งกาเจริญเติบโตของเชื้อสูงขึ้น (Braga *et al*., 2007) สอดคล้องกับการทดลองของ Bevilacqua *et al*. (2010) นำน้ำมันหอมระเหยอบเชยมารวมกับน้ำมันหอมระเหยโหรพาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมความงอกของสปอร์เชื้อ *Alicyclobacillus acidoterrestris* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Broth โดยใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยที่ระดับความเข้มข้น 0-80 ppm และน้ำมันหอมระเหยกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 0-160 ppm จากการทดสอบพบว่าน้ำมันหอมระเหยอบเชย 40 ppm รวมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลู 80 ppm หรือน้ำมันหอมระเหยอบเชย 20 ppm รวมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลู 40 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ เนื่องจากน้ำมันหอมระเหยอบเชยมีความเข้มข้นที่ใช้น้อยกว่าน้ำมันหอมระเหยกานพลู ดังนั้นการทดลองนี้น้ำมันหอมระเหยกานพลูทำหน้าที่เสริมประสิทธิภาพการอกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยอบเชย อุดมลักษณ์และคณะ (2551) ศึกษาการเสริมฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยกานพลูและอบเชยต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. niger*, *Alternaria alternate*, *Collectotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis viticola* และ *Rhizopus stolonifer* พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 6 ชนิด ของน้ำมันหอมระเหยกานพลูต่อน้ำมันหอมระเหยอบเชย คือ 3:7, 2:8 และ 1:9 และค่าความเข้มข้นต่ำสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราของสูตรผสมทั้ง 3 อัตราส่วนนี้ คือ 400 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นเดียวกับ Atanda *et al*. (2007) ได้นำน้ำมันหอมระเหยจากโหระพา อบเชย ผักชี และใบกระวานทดสอบกับเชื้อรา *A. parasiticus* CFR 223 และสารพิษ aflatoxin จากเมล็ดข้าวสาลี พบว่าน้ำมันหอมระเหยโหระพาความเข้มข้น 5% (v/v) เป็นปริมาตรที่เหมาะสมต่อการยับยั้งการเจริญและการสร้างสารพิษของเชื้อรา *A. parasiticus*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

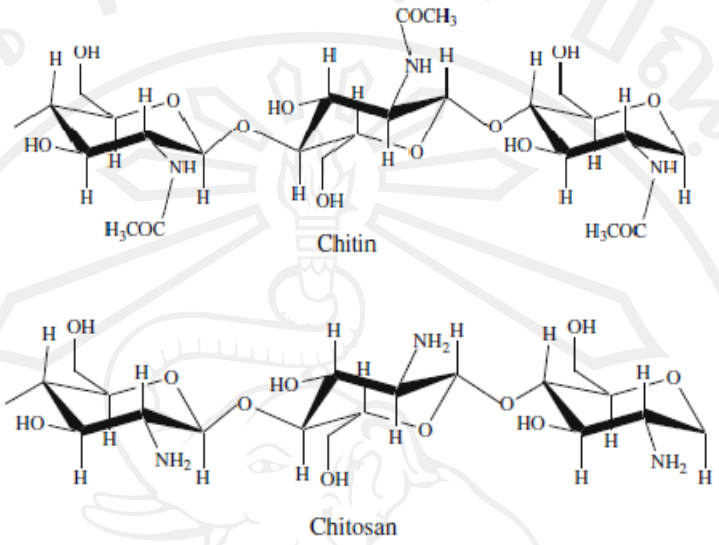
CFR 223 ในสภาพห้องปฏิบัติการ และหยุดการพัฒนาของเชื้อบนเมล็ดข้าวสาลี ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยจากอบเชย และใบกระวานกระตุ้นการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา แต่ลดความเข้มข้นของสาร aflatoxin (B_1+G_1) จาก 97.92 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 55.21 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากผักชีไม่มีผลใด ๆ กับการเจริญเติบโตและการสร้างสาร aflatoxin ของเชื้อรา ในขณะที่การรวมกันของน้ำมันหอมระเหยโหระพาและอบเชยความเข้มข้นชนิดละ 2.5% (v/v) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. parasiticus* CFR 223 ได้อย่างสมบูรณ์ และวรากร (2550) ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมเชื้อรา โดยพบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยพลูและโหระพา อัตราส่วน 2:3 และ 3:2 ในปริมาตรรวม 2 มิลลิลิตร ร่วมกับไคโตซานทุกความเข้มข้น และเมล็ดพันธุ์ที่ด้วยที่เคลือบด้วยน้ำมันหอมระเหยกานพลูปริมาตร 2 มิลลิลิตร ร่วมกับไคโตซาน 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *A. flavus* และ *Penicillium* sp. ได้ โดยไม่มีผลต่อความอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อจะลดลงเมื่อระยะการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น

คุณสมบัติของไคโตซานและการใช้ประโยชน์

ไคตินและไคโตซานเป็นสารประกอบที่สามารถพบได้ในธรรมชาติ สกัดได้จากพืชและสัตว์ ไคตินมีอยู่อย่างแพร่หลายในผนังเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น เชื้อรา ยีสต์ และในเปลือกแข็งของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น ครัสเตเชีย หอย ปู กุ้ง แกนหมึก และแมลง ส่วนไคโตซานที่มีอยู่ในธรรมชาติเฉพาะเชื้อราไม่กี่ชนิด (Knaul *et al*., 1999) ไคโตซานเป็นอนุพันธ์ของไคตินที่ได้จากปฏิกิริยา deacetylation ของไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น (ภาพที่ 8) ไคโตซานไม่ละลายในน้ำ ในด่างและตัวทำละลายอินทรีย์ แต่สามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรดอินทรีย์เกือบทุกชนิดที่มี pH น้อยกว่า 6 โดยกรดอะซีติกและกรดฟอร์มิกเป็นกรดที่นิยมในการใช้ละลายไคโตซาน สารละลายไคโตซานมีความเหนียวใส และมีตะกอนสีขาวคล้ายเจลเกิดขึ้น ความหนืดของสารละลายไคโตซานขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิ โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้และการเปลี่ยนแปลง pH ไคโตซานเป็นสารที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์โดดเด่นเฉพาะตัว คือเป็นสารธรรมชาติ เป็นวัสดุทางชีวภาพ (biomaterials) ที่มีความเข้ากันได้ทางชีวภาพ (biocompatibility) อีกทั้งยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (biodegradable) ดังนั้นจึงปลอดภัยในการนำมาใช้กับมนุษย์ และไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถขึ้นรูปได้หลายแบบ เช่น เจล เม็ด เส้นใย และคอลลอยด์ ไคโตซานมีหมู่อะมิโน ($-NH_2$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีเพื่อเปลี่ยนให้เป็นสารอนุพันธุ์ (derivatives) ได้มากมาย (ภาวดีและคณะ, 2543)



ภาพที่ 8 โครงสร้างของไคตินและไคโตซาน (Jayakumar *et al*., 2010)

ไคโตซานมีบทบาทในการเป็นตัวเชื่อมในสารเคลือบเมล็ดพันธุ์หรือเรียกว่า binder ซึ่ง Hydroxypropylchitosan อนุพันธ์ของไคโตซานทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมในสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ ไคโตซานยังถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เนื่องจากประจุบวกของหมู่อะมิโนตรงคาร์บอนตำแหน่งที่สองของ glucosamine ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุดของไคโตซาน เกิดปฏิกิริยาร่วมกับเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราที่มีประจุลบ ทำให้เกิดการรั่วไหลของโปรตีน และสารอื่นภายในเซลล์ของเชื้อรา ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ละลายและเชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต หรือการที่ไคโตซานเป็น chelating agent ซึ่งสามารถเลือกจับกับโลหะแม้มีในปริมาณน้อยได้ ทำให้เกิดการยับยั้งการผลิตสารพิษและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา (ภาวดีและคณะ, 2543) และไคโตซานมีคุณสมบัติในการลดการสร้างสารเอทธิลีน ช่วยเพิ่มปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และลดปริมาณแก๊สออกซิเจนในผลไม้ (Du *et al*., 1997 และ Lazaridou *et al*., 2002) เป็นการช่วยรักษาคุณภาพของผัก ผลไม้ได้ ธนาภรณ์และคณะ (2550) ศึกษาผลของไคโตซานต่อคุณภาพทางกายภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลพริกหวานพันธุ์ Torcal และพันธุ์ Gold Frame โดยการเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้ม 0.5, 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับผลที่ไม่ได้เคลือบแล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 82 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 วัน พบว่าผลพริกหวานทั้งสองพันธุ์ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ ไคโตซานมีประสิทธิภาพในการลดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สูญเสียน้ำหนัก และการเหี่ยวของผลพริกหวานเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนี้ไม่พบการเข้าทำลายของเชื้อโรคและสีของเปลือกไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากคุณสมบัตินี้เมื่อนำไคโตซานเคลือบเมล็ดพันธุ์จะช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้

การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นเทคนิคที่ช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีขึ้น การเลือกใช้สารเคลือบเมล็ดพันธุ์โดยส่วนมากมีการใช้สารออกฤทธิ์ ซึ่งได้แก่ สารป้องกันกำจัดเชื้อรา สารป้องกันกำจัดแมลง ธาตุอาหาร ฮอร์โมน และสารเร่งการเจริญเติบโต (Neg *et al*., 2006) ซึ่งมักใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเหนียวเพื่อใช้เป็นสารยึดเกาะหรือตัวประสานให้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ติดกับเมล็ดพันธุ์ได้ดีขึ้น Bangyekan *et al*. (2006) ได้ทำการศึกษาส่วนผสมและคุณสมบัติของไคโตซานที่จะนำไปใช้เป็นสารเคลือบร่วมกับแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งไคโตซานนอกจากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ ยังมีคุณสมบัติช่วยในการป้องกันกำจัดเชื้อรา สอดคล้องกับงานทดลองของ Borges *et al*. (2000) ที่ใช้ไคโตซานร่วมกับสาร menadione bisulfite de sodio (MBS) เพื่อควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* สาเหตุโรคในมะเขือเทศ โดยทำการทดสอบกับเชื้อด้วยวิธีการ agar method และทำการทดสอบกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศโดยการนำไคโตซานและ MBS เคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ พบว่าการใช้ไคโตซานเพียงชนิดเดียวสามารถควบคุมเชื้อ *F. oxysporum* ได้ดีที่สุด และทำให้การเกิดโรคของมะเขือเทศในแปลงลดลง เช่นเดียวกับ Khan and Doohan (2008) รายงานว่าไคโตซานที่สกัดจากกระดองปูสามารถควบคุมเชื้อ *F. culmorum* สาเหตุโรค Fusarium head blight ในข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ และลดความรุนแรงของโรคในแปลงได้ 74 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ไคโตซานถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับน้ำมันหอมระเหยกานพลูเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเชื้อรา เนื่องจากไคโตซานมีคุณสมบัติในการช่วยป้องกันกำจัดเชื้อราและยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วย (Burrows *et al*., 2007) และ Dzung *et al*. (2011) ได้ศึกษาผลของไคโตซานและไตโตซานโอลิโกเมอร์เกี่ยวกับลักษณะทางชีวกายภาพ การเจริญเติบโต การพัฒนา และการทนต่อความแห้งแล้งของกาแฟ พบว่าไคโตซานโอลิโกเมอร์สามารถเพิ่มปริมาณของ chlorophylls และ carotenoid ในใบของกาแฟได้ 46.38 ถึง 73.51 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ไคโตซานโอลิโกเมอร์ยังทำให้ใบกาแฟมีการดูดซึมแร่ธาตุมากขึ้นและกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ การฉีดพ่นไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่ความเข้มข้น 60 ppm ทำให้ความสูงของต้นกาแฟ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น 33.51, 30.77 และ 60.53 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และลดการคายน้ำของใบลงได้ 9.5 ถึง 25.1 เปอร์เซ็นต์ที่ 60 และ 120 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved