บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยเฉพาะประเทศในภูมิภาคเอเชียที่นิยมรับประทานข้าวเป็นอาหารประจำวันมากกว่าในภูมิภาคอื่นๆ ของโลก จากสถิติของกระทรวงเกษตรสหรัฐระบุว่าในปี 2544 มีการผลิตข้าวสารทั่วโลกทั้งสิ้นประมาณ 397 ล้านตัน โดยการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในทวีปเอเชีย 360 ล้านตัน ซึ่งมากกว่าร้อยละ 90 ของการผลิตทั้งหมด รองลงมาคือ ทวีปอเมริกา แอฟริกา และยุโรป ประเทศที่ผลิตข้าวได้มากที่สุดในโลก คือ จีน ประมาณร้อยละ 30 ของผลผลิตข้าวทั้งหมด รองลงมา คือ อินเดีย อินโดนีเซีย บังคลาเทศ เวียดนาม และไทย คิดเป็นร้อยละ 22, 8, 6, 5 และ 4 ตามลำดับ ดังนั้นการผลิต การบริโภคและการค้าข้าวส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นครอบคลุมอยู่ภายในทวีปเอเชียเป็นหลัก แต่ข้าวที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการบริโภคภายในประเทศ ทำให้มีข้าวเพียงร้อยละ 6 เท่านั้นที่เข้าสู่ตลาดการค้าข้าวระหว่างประเทศ โดยประเทศที่มีบทบาทมากที่สุดในการส่งออกข้าว คือ ประเทศไทย รองลงมาคือ อินเดีย เวียดนาม จีน และพม่า ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะมีผู้ส่งออกข้าวหลายประเทศ แต่ประเทศผู้ส่งออกแต่ละประเทศมีสินค้าข้าวที่แตกต่างกัน คือ ไทยและสหรัฐแข่งขันกันในการส่งออกข้าวคุณภาพสูงไปยังสหภาพยุโรป ตะวันออกกลาง และแอฟริกาใต้ ส่วนเวียดนาม อินเดีย และปากีสถาน เป็นคู่แข่งที่สำคัญในการส่งออกข้าวคุณภาพกลางและคุณภาพต่ำ โดยไทยส่งออกข้าวปีละประมาณ 7 ล้านตัน เป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 30 ของการส่งออกข้าวทั้งหมดทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542)

พันธุ์ข้าว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542)

ข้าวที่นำมาปลูกเป็นอาหารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ข้าว *Oryza sativa* ปลูกในทวีปเอเชียและ *O. glaberrima* ปลูกในทวีปแอฟริกา แต่ข้าวที่ค้าขายกันในตลาดโลกเกือบทั้งหมดเป็นข้าวที่ปลูกจากแถบเอเชีย ซึ่งข้าวชนิดดังกล่าวยังสามารถแบ่งออกได้ตามแหล่งปลูก ได้แก่

1. ข้าวอินดิกา (Indica) มีลักษณะเมล็ดยาวรี ต้นสูง ใบมีสีเขียวอ่อน เป็นข้าวที่ปลูกในเอเชียเขตมรสุม ตั้งแต่จีน เวียดนาม ฟิลิปปินส์ ไทย อินโดนีเซีย อินเดีย และศรีลังกา ข้าวพันธุ์นี้ค้นพบครั้งแรกในอินเดียและต่อมาได้พัฒนาไปปลูกที่ทวีปอเมริกา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ข้าวจาปอนิกา (Japonica) เป็นข้าวที่ปลูกในเขตอบอุ่น เช่น จีน ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่นๆ ที่อยู่ในเขตอบอุ่น เมล็ดมีลักษณะป้อมกลมรี รวงแน่น ใบมีสีเขียวเข้ม ต้นเตี้ย

3. ข้าวจาวานิกา (Javanica) ปลูกในอินโดนีเซียและฟิลิปปินส์ ข้าวชนิดนี้จะมีเมล็ดป้อมใหญ่ รวงยาว ใบมีสีเขียวอ่อน ลำต้นแข็ง แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะให้ผลผลิตต่ำ

สำหรับข้าวที่ปลูกในไทยเป็นพันธุ์ข้าวเมล็ดยาว คือ ข้าวอินดิกา แต่ประกอบด้วยหลายพันธุ์ทั้งที่มีการพัฒนาขึ้นใหม่และข้าวพันธุ์พื้นเมืองซึ่งมีอยู่ประมาณ 3,500 พันธุ์ โดยมีข้าวป่า ข้าวพื้นเมือง และข้าวที่ผสมโดยมนุษย์ขึ้นมาใหม่ แต่ข้าวพันธุ์ที่สร้างชื่อเสียงให้กับไทยมากที่สุด คือ ข้าวหอมมะลิ

ลักษณะของข้าวหอมมะลิ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542)

ข้าวหอมมะลิหรือข้าวดอกมะลิ เป็นข้าวที่มีความไวต่อช่วงแสง กล่าวคือ พันธุ์ข้าวจะออกดอกในวันที่กลางคืนยาวกว่ากลางวันเท่านั้น ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวจึงทำให้สามารถปลูกได้เฉพาะนาปีเท่านั้น ส่วนชื่อเรียกว่าข้าวหอมมะลินั้นมีที่มาจากสีของข้าวที่ขาวเหมือนดอกมะลิ แต่มีกลิ่นหอมเหมือนใบเตย ลักษณะที่สำคัญของข้าวหอมมะลิ คือ เมื่อหุงหรือนึ่งสุกแล้วเมล็ดข้าวสุกจะอ่อนนิ่มมากกว่าข้าวเจ้าทั่วไป แต่ร่วนน้อยกว่าและมีกลิ่นหอม

ข้าวที่ปลูกเพื่อใช้เป็นข้าวหอมมะลิมี 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และกข. 15 ซึ่งข้าวกข. 15 ก็คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่นำไปอาบรังสีแกมม่าทำให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ประมาณ 4-6 เปอร์เซ็นต์ ข้าวทั้งสองพันธุ์นี้มีลักษณะเมล็ดข้าวจะฟักตัวในเวลาประมาณ 8 สัปดาห์ เมล็ดมีเปลือกสีน้ำตาล ยาว 7.4 มิลลิเมตร รูปร่างเรียว เมื่อข้าวสุกจะหอมนุ่ม มีอะมิโลส (amylose) 14-17 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถปลูกได้ในที่นาดอนทั่วไป ทนต่อสภาพแห้งแล้ง ดินเปรี้ยว และดินเค็มได้ดี ต้านทานต่อไส้เดือนฝอยรากปม แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่ต้านทานโรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบสีส้ม เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และหนอนกอ ต้นล้มง่ายถ้าหากปลูกในบริเวณดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง

โรคที่สำคัญของข้าวและเชื้อสาเหตุที่ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ข้าว

ประเทศไทยจัดได้ว่าเป็นประเทศที่มีสัดส่วนการส่งออกข้าวต่อปริมาณผลผลิตได้มากที่สุด แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยของประเทศยังอยู่ในระดับต่ำ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศผู้ส่งออกข้าวที่สำคัญของโลก โดยในปี 2543/44 ผลผลิตเฉลี่ยของประเทศในฤดูนาปีเท่ากับ 361 กิโลกรัมต่อไร่ จากพื้นที่ปลูกรวม 57.8 ล้านไร่ และฤดูนาปรังเท่ากับ 695 กิโลกรัมต่อไร่ จากพื้นที่ปลูกรวม 8.7 ล้านไร่ ส่งผลทำให้ผลผลิตเฉลี่ยรวมอยู่ที่ประมาณ 387 กิโลกรัมต่อไร่ ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยของประเทศเวียดนาม ประมาณ 633 กิโลกรัมต่อไร่ สหรัฐอเมริกาประมาณ 1,017 กิโลกรัมต่อไร่ และจีนประมาณ 969 กิโลกรัมต่อไร่ สาเหตุที่ผลผลิตเฉลี่ยของประเทศอยู่ในเกณฑ์ต่ำเนื่องจากพื้นที่การผลิตข้าวบางส่วนไม่เหมาะสมกับการปลูกข้าว แต่เกษตรกรจำเป็นต้องปลูกข้าวสำหรับการบริโภคเพื่อยังชีพ นอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งคือ ปัญหาด้านโรคและแมลงศัตรูหลายชนิดเข้าทำลายข้าว โรคถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญมากของการปลูกข้าว เนื่องจากข้าวมีโรคหลายโรคเข้าทำลาย ได้แก่ โรคที่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส ไฟโตพลาสมา และไส้เดือนฝอย (ชาตรี, 2539) โรคที่เกิดจากเชื้อราหลายโรคถือว่ามีความสำคัญ ทั้งนี้เนื่องจากสามารถเข้าทำลายข้าวได้ทุกระยะการเจริญเติบโต เริ่มตั้งแต่ปลูกในแปลง เก็บเกี่ยว ตลอดจนถึงการเก็บรักษา เชื้อราสาเหตุโรคหลายโรคสามารถติดมากับเมล็ดจากแปลงปลูก (field fungi) และมีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงของต้นกล้าลดลง โดยจะแสดงอาการผิดปกติให้เห็นในระยะต้นกล้า (สมบัติ, 2526) นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังมีการเข้าทำลายของเชื้อราในโรงเก็บ (storage fungi) ที่สำคัญ คือ *Aspergillus* และ *Penicillium* เข้าทำลายได้ (Neergaad, 1979; Agarwal and Sinclair, 1996)

ในประเทศไทยมีโรคของข้าวที่เกิดจากเชื้อราเป็นเชื้อสาเหตุที่สำคัญอยู่หลายโรค ได้แก่ โรคไหม้ (blast; *Pyricularia oryzae*) โรคกาบใบแห้ง (sheath blight; *Rhizoctonia solani*) โรคถอดฝักดาบ (bakanae; *Fusarium moniliforme*) โรคใบจุดสีน้ำตาล (brown leaf spot; *Bipolaris oryzae*) โรคใบขีดสีน้ำตาล (narrow brown leaf spot; *Cercospora oryzae*) โรคข้าวดอกกระถิน (false smut; *Ustilaginoidea virens*) และโรคเมล็ดด่าง (dirty panicle; *Curvularia lunata*, *Trichoconis padwickii*, *F. semitectum*, *F. moniliforme* และ *B. oryzae*) (ชาตรี, 2539) อนันต์ (2542) รายงานว่า โรคสำคัญที่เกิดกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้แก่ โรคไหม้ โรคขอบใบแห้ง โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคถอดฝักดาบ โดยพบว่ามีการระบาดในทุกพื้นที่ที่มีการเพาะปลูก แต่การระบาดมักจะเกิดขึ้นในพื้นที่บริเวณที่ไม่กว้างมากนัก

โรคถอดฝักดาบ (Elongation or Bakanae disease)

โรคนี้ระบาดรุนแรงโดยเฉพาะในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น ส่วนภาคอื่นมีระบาดเป็นจำนวนมาก สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* ซึ่งเป็นเชื้อราที่สามารถติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ รวมทั้งการมีชีวิตอยู่ในตอซัง ฟางข้าว และอยู่ในดินได้หลายเดือน ซึ่งเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ติดเชื้อจากโรคนี้ไปเพาะจะทำให้ต้นกล้าแสดงอาการของโรค โดยมีอาการทั้งต้นเตี้ยแคระแกรนและต้นข้าวแสดงอาการสูงชะลูดผิดปกติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการติดเชื้อว่ามีมากน้อยเพียงใด (สมคิด, 2532) โดยพบอาการของโรคในระยะกล้า ต้นกล้าจะแห้งตายหลังจากปลูกได้ไม่เกิน 7 วัน แต่มักพบกับข้าวอายุมากกว่า 15 วัน ต้นข้าวที่เป็นโรคจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผอมสูงเด่นกว่ากล้าข้าวโดยทั่วๆ ไป ต้นข้าวผอมมีสีเขียวอ่อนซีดมักย่างปล้อง บางกรณีข้าวจะไม่ย่างปล้อง แต่รากจะเน่าช้ำเวลาถอนมักจะขาดตรงบริเวณโคนต้น ถ้าเป็นรุนแรงกล้าข้าวจะตาย หากไม่รุนแรงอาการจะแสดงหลังจากย้ายไปปักดำได้ 15-45 วัน โดยต้นที่เป็นโรคจะสูงกว่าข้าวปกติ ใบมีสีเขียวซีด เกิดรากแขนงที่ข้อลำต้นตรงระดับน้ำ บางครั้งพบกลุ่มเส้นใยสีชมพูตรงบริเวณข้อที่ย่างปล้องขึ้นมา ต้นข้าวที่เป็นโรคมักจะตายและมีน้อยมากที่อยู่รอดจนถึงออกรวง สปอร์ของเชื้อราสามารถแพร่กระจายไปโดยลมและตกลงไปในดอกข้าว แล้วเชื้อราก็จะอยู่ที่เมล็ดข้าวจนถึงเวลาตกกล้าในฤดูต่อไป ทำให้โรคนี้สามารถแพร่กระจายทางเมล็ดพันธุ์ (seedborne) เพราะเมื่อเอาเมล็ดที่มีเชื้อโรคนี้ไปปลูก เชื้อโรคก็จะเข้าทำลายต้นข้าวตั้งแต่เมล็ดงอกเป็นต้นกล้า แล้วแสดงอาการของโรคออกมาให้เห็น ซึ่งเชื้อราสาเหตุสามารถเป็นได้ทั้ง seedborne และ soilborne สามารถเข้าทำลายต้นข้าวที่แข็งแรงได้มีผลทำให้ปริมาณของผลผลิตลดลง (Ou, 1985)

โรคใบจุดสีน้ำตาล (Brown leaf spot disease)

โรคนี้ระบาดรุนแรงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเลว โดยเฉพาะในบางท้องที่ในภาคกลางและภาคใต้ สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อรา *Bipolaris oryzae* สปอร์ของเชื้อรานี้ปลิวไปได้กับลม และเมื่อตกลงบนดอกข้าวหรือเมล็ดข้าวที่ยังไม่แก่ สปอร์จะงอกเข้าทำลายเมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดข้าวเป็นรอยด่างดำ นอกจากนี้เชื้อรายังสามารถเข้าทำลายแป้งของเมล็ดด้วย ทำให้เมล็ดที่ถูกเชื้อราเข้าทำลายมีคุณภาพไม่ดี น้ำหนักเบา และเมื่อนำไปสีจะหักมาก โดยอาการที่พบบนเมล็ดข้าวจะพบแผลเป็นจุดขนาดเล็กและใหญ่สีน้ำตาลไหม้ ทำให้เมล็ดข้าวดูสกปรก คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดลดลง (Datnoff *et al*., 2002) เชื้อราจะติดอยู่กับเมล็ดข้าวจนถึงเวลาตกกล้า เมื่อนำเมล็ดที่มีเชื้อราไปตกกล้า เชื้อราที่ติดมาก็จะเจริญเติบโต และขยายพันธุ์แล้วเข้าทำลายต้นกล้า ทำให้ใบของต้นกล้ามีจุดสีน้ำตาลคล้ายรูปไข่ นอกจากนี้เชื้อราที่ปลิวมากับลมยังสามารถทำให้ต้นข้าวในระยะแตกกอมีจุดดังกล่าวที่ใบด้วย ดังนั้นเชื้อราดังกล่าวจึงสามารถแพร่กระจายได้ทั้งโดยเมล็ดพันธุ์และโดยลม (กองโรคพืชและจุลชีววิทยา, 2543)

โรคไหม้ (Blast disease)

โรคนี้ระบาดทั่วไปในทุกภาคของประเทศไทย เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* ซึ่งเป็นเชื้อที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวและสามารถถ่ายทอดไปยังต้นกล้าได้ เมื่อสปอร์ของเชื้อรานี้แพร่กระจายไปได้โดยปลิวไปกับลม (airborne) เมื่อสปอร์ของเชื้อราตกลงบนส่วนต่างๆ ของต้นข้าวที่มีความชื้นสูงก็จะงอกเป็นเส้นใยเข้าทำลายต้นข้าว ปกติโรคนี้จะทำให้ใบของต้นกล้าเกิดเป็นแผลสีเทารูปกลมหรือคล้ายรูปตา และบางครั้งอาจมีขอบของแผลเป็นสีน้ำตาล เมื่อใบข้าวถูกเชื้อโรคเข้าทำลายอย่างรุนแรง แต่ละใบก็จะมีแผลโรคเป็นจำนวนมากแล้วทำให้ใบข้าวแห้งตาย ถ้าใบข้าวจำนวนมากแห้งตายไปเพราะโรค ในที่สุดก็จะทำให้ต้นข้าวแห้งตาย (ชาตรี, 2539) นอกจากนี้เชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

รายังสามารถทำให้คอรวงเน่าเป็นสีน้ำตาลแก่ ทำให้เมล็ดลีบ และโรคระบาดเข้าทำลายช่อรวง เชื้อสาเหตุจะอาศัยและติดอยู่ในเมล็ดข้าว สำหรับประเทศไทยโรคนี้รุนแรงมากในฤดูฝน ในระยะที่ต้นข้าวเป็นต้นกล้าและกำลังออกรวง ความรุนแรงจะมีมากยิ่งขึ้นถ้าชาวนาปลูกด้วยพันธุ์ที่ไม่มีความต้านทานโรค และดินใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูง (กองโรคพืชและจุลชีววิทยา, 2543)

โรคเมล็ดด่าง (Dirty panicle disease)

โรคเมล็ดด่างมีสาเหตุจากเชื้อราหลายชนิดได้แก่ *Curvularia lunata* (Wakk) Boed., *Cercospora oryzae* I.Miyake, *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan., *Fusarium semitectum* Berk & Rav., *Trichoconis padwickii* Ganguly และ *Sarocladium oryzae* โดยอาการจะพบแผลเป็นจุดสีน้ำตาลหรือดำที่เมล็ดบนรวงข้าว บางส่วนก็มีลายสีน้ำตาลดำ และบางพวกมีสีเทาปนชมพู ทั้งนี้เพราะมีเชื้อราหลายชนิดที่สามารถเข้าทำลายและทำให้เกิดอาการต่างกันไป (สมคิด, 2532) การเข้าทำลายของเชื้อรามักจะเกิดในช่วงดอกข้าวเริ่มโผล่จากกาบหุ้มรวง จนถึงระยะเมล็ดข้าวเริ่มเป็นน้ำนม และอาการด่างของเมล็ดจะปรากฏเด่นชัดในระยะใกล้เก็บเกี่ยว โดยเชื้อราสามารถแพร่กระจายไปกับลม ติดไปกับเมล็ด และอาจสามารถแพร่กระจายในยุ้งฉางได้ (กองโรคพืชและจุลชีววิทยา, 2543)

เชื้อราที่ติดมาจากแปลงปลูกและเชื้อราในโรงเก็บ

การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรามีผลทำให้ความแข็งแรงและคุณภาพของเมล็ดลดลง (Neergaad, 1979) โดยเชื้อราที่เข้าทำลายเมล็ดพันธุ์พืชแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เชื้อราที่ติดมาจากแปลงปลูกและเชื้อราในโรงเก็บ โดยอาศัยการต้องการความชื้นของเมล็ดสำหรับการเจริญและขั้นตอนของการเข้าทำลายเมล็ดพืชเป็นหลัก

เชื้อราที่ติดมาจากแปลงปลูก (field fungi)

เชื้อราที่ติดมาจากแปลงปลูก เป็นเชื้อราที่รุกรานเข้าสู่เมล็ดในขณะที่เมล็ดกำลังมีการพัฒนาอยู่บนต้นหรือหลังจากเมล็ดแก่แล้ว ก่อนการเก็บเกี่ยวเมล็ดหรือก่อนการกะเทาะเมล็ดนั้น เป็นช่วงที่ความชื้นของเมล็ดยังคงสูงอยู่ พวก field fungi จะเข้าสู่เมล็ดในลักษณะของ parasite ตามสภาพธรรมชาติของเชื้อ เชื้อราสำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ *Alternaria*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Helminthosporium* และ *Cladosporium* (สมบัติ, 2535) โดย field fungi เหล่านี้อาจทำให้เกิดผลเสียต่อเมล็ดพืชหลายอย่าง เช่น สีเมล็ดเปลี่ยนไป ทำให้เมล็ดเหี่ยวย่น คัพภะอ่อนแอหรือคัพภะตาย ซึ่งทำให้เมล็ดสูญเสียความงอก และการสร้างสารพิษของเชื้อราที่เจริญบนเมล็ด ซึ่งเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์ที่บริโภคเมล็ดพืชที่มีสารพิษเข้าไป อย่างไรก็ตามเชื้อรา *Helminthosporium*, *Cladosporium* และ *Alternaria* ที่พบในเมล็ดธัญพืชนั้น อาจไม่มีอันตรายมากเท่าเชื้อ *Fusarium*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

spp. ที่พบเจริญบนเมล็ด ทั้งนี้เนื่องมาจากมีเชื้อรา *Fusarium* หลายชนิดเมื่อเจริญบนเมล็ดแล้วมีการสร้างสารพิษ fumonisin ขึ้นมาด้วย (Velluti *et al*., 2003) นอกจากนี้ยังมีเชื้อราที่ติดมาจากแปลงปลูกบางชนิดที่สามารถเจริญพัฒนาในโรงเก็บได้เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น เชื้อรา *F. verticillioides* และ *F. proliferatum* เป็นเชื้อราที่สำคัญในการผลิต fumonisin B_1 (FB_1) ซึ่งโดยปกติจะปนเปื้อนในเมล็ดข้าวโพดในหลายพื้นที่ของโลก (Shephard *et al*., 2000) โดยเชื้อราดังกล่าวเป็น field fungi แต่ในบางโอกาสสามารถพัฒนาในการเก็บรักษาเมื่อ Water activity (A_w) มีค่าสูงและอุณหภูมิต่ำ (Lacey and Magan, 1991)

เชื้อราในโรงเก็บ (storage fungi)

เชื้อราในโรงเก็บกลุ่มหลักที่มักพบอยู่เสมอได้แก่ *Aspergillus* และ *Penicillium* ซึ่งสามารถเจริญอยู่บนหรือในเมล็ดพืชที่เก็บรักษาไว้ในสภาพความชื้นของเมล็ดต่ำและอุณหภูมิต่ำ เชื้อราในโรงเก็บมีการปรับตัวให้มีชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่ไม่มีน้ำ (without free water) และมีหลายชนิดที่เข้าทำลายเมล็ดที่เก็บไว้ซึ่งมีความชื้นของเมล็ด 13-18 เปอร์เซ็นต์ ที่สมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 58-70 เปอร์เซ็นต์ เชื้อราเหล่านี้พบได้ทุกหนทุกแห่งทั่วไป เนื่องจากเป็นเชื้อราที่สามารถเจริญและสร้างสปอร์ได้มากมายและล่องลอยไปในอากาศ โดยเฉพาะในโรงเก็บรักษาเมล็ดจะเป็นแหล่งที่พบเชื้อราในโรงเก็บมากที่สุด ดังนั้นเมล็ดพืชทุกชนิดจึงมีโอกาสติดเชื้อโรคได้ง่าย ไม่ว่าเมล็ดนั้นจะอยู่ในช่วงขณะเก็บเกี่ยว ขณะอยู่ในลานตากเมล็ด ขณะทำการสี นวด คัดแยก บรรจุ ขนส่ง หรือเก็บไว้ในยุ้งฉางก็ตาม เชื้อราเหล่านี้อาจติดอยู่ตามฝักเมล็ดหรือแทรกอยู่ตามรอยแตกแยกของเปลือกเมล็ด ซึ่งอาจฟักตัวอยู่ในรูปของเส้นใยหรือสปอร์ หรืออยู่ในรูปของโครงสร้างอื่นๆ ก็ได้ เมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ เหมาะกับเชื้อราดังกล่าวก็จะเจริญงอกเข้าทำลายเมล็ดให้เสียหายต่อไป (สมบัติ, 2535) เชื้อราในโรงเก็บส่วนมากจะเข้าทำลายคัพภะของเมล็ดจนทำให้เมล็ดเปลี่ยนสีจากเข้มเป็นจางหรือหมองลง หรือไปฆ่าคัพภะทำให้เมล็ดตาย ไม่งอก เมล็ดเกิดการเน่าเปื่อย หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นภายในเมล็ด ผลทางอ้อมอื่นๆ ก็อาจทำให้เกิดความร้อนขึ้นในกองเมล็ด เมล็ดเหม็นอับ รวมทั้งการเกิดสารพิษขึ้นจากขบวนการเจริญเติบโตและเมตาโลลิสม์ของเชื้อราในโรงเก็บบางชนิด (Agarwal and Sinclair, 1996) โดยเชื้อราในโรงเก็บไม่เพียงปนเปื้อนในเมล็ดเท่านั้น แต่ยังอยู่ในรูป dormant mycelium ภายในเนื้อเยื่อของ pericarp หรือ seed coat (Warnock and Preece, 1791) ซึ่งเชื้อราในโรงเก็บเป็นสาเหตุทำให้เมล็ดมีสีผิดปกติ ความงอกของเมล็ดลดลง ต้นกล้าแสดงอาการของโรค (Agarwal and Sinclair, 1996) โดยกัญจนา (2538) รายงานว่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวนับว่าสูงมาก เช่นในประเทศออสเตรเลียพบว่า ความสูญเสียที่เกิดจากเชื้อราหลังเก็บเกี่ยวมีมูลค่าสูงถึงปีละประมาณ 200 กว่าล้านบาททุกปีและจากรายงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) พบว่าความสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวนั้นมีมากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตที่ผลิตได้ในแต่ละปี

การป้องกันกำจัดโรคเมล็ดพันธุ์ข้าว

การใช้สารเคมีคลุกหรือแช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก นับว่าเป็นการป้องกันการเกิดโรคในเบื้องต้นลดระดับแหล่งระบาด (source of inoculum) ที่ลงทุนต่ำแต่ให้ผลคุ้มค่า ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการคลุกหรือแช่เมล็ดข้าวก่อนปลูกเป็นปฏิบัติการที่ให้หลักประกันในการป้องกันกำจัดการแพร่ระบาดของโรคข้าวสำคัญที่มีเชื้อติดเมล็ดและอยู่ในดิน ตลอดฤดูกาลปลูกในแต่ละครั้งอย่างได้ผลดี ในอดีตมีการแนะนำสารเคมีพวก organo-mercury compound เช่น mercury chloride เป็นต้น แต่เนื่องจากสารดังกล่าวนี้มีพิษตกค้างเป็นอันตรายต่อคนและสัตว์อย่างแรงจึงถูกห้ามใช้

ในปัจจุบันมีสารเคมีหลายชนิดที่ผ่านการทดสอบแล้ว และกลุ่มงานวิจัยโรคข้าว กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร ได้แนะนำ 2 ชนิด คือ benomyl + thiram และ mancozeb กรรมวิธีการคลุกหรือแช่เมล็ดด้วยสารเคมีทั้งสองชนิดนี้ กระทำได้โดยให้คลุกสารเคมีกับเมล็ดโดยตรง หรือจะแช่เมล็ดในสารเคมี ก็จะได้ผลในการป้องกันกำจัดโรคถอดฝักดาบได้อย่างดี และถ้าใช้สารเคมีกับข้าวงอก (รากงอกยาวประมาณ 1 มิลลิเมตร) จะยิ่งได้ผลดีมากขึ้น กองโรคพืชและจุลชีววิทยา (2543) แนะนำว่า การคลุกเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนปลูกด้วย Benlate-T อัตรา 3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถป้องกันกำจัดโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ หรือเมื่อคลุกเมล็ดด้วย Carbendazim หรือ Mancozeb อัตรา 3 กรัมต่อเมล็ด 1 กิโลกรัม สามารถควบคุมโรคเมล็ดด่างได้ผลดี นอกจากนี้ Ahmed *et al*. (2002) รายงานว่า Dithane M-45 มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งเชื้อรา *B. oryzae* ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm โดยสามารถยับยั้งได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Dharam *et al.* (1970) ว่าสามารถกำจัดเชื้อรา *B. oryzae* ได้อย่างสมบูรณ์ โดยการคลุกเมล็ดด้วย Dithane M-45 ที่ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ด

ผลกระทบจากการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด

โรคเมล็ดพันธุ์ของข้าวถือได้ว่าเป็นปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งของเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากมีผลทำให้ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดลดลง ตลอดจนทำให้ต้นกล้าแสดงอาการผิดปกติ (Neergaard, 1979) ส่งผลทำให้ผลผลิตลดลง ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการคลุกหรือรมเมล็ดก่อนปลูกหรือการเก็บรักษา เพื่อควบคุมโรคและแมลงที่จะเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ ประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศกสิกรรมอยู่ในเขตร้อนสามารถปลูกพืชได้ตลอดปี โดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สภาพดังกล่าวส่งเสริมให้ศัตรูพืชระบาดอย่างรุนแรง ทำให้เกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีสังเคราะห์กันมากขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำให้ได้สะดวกและเห็นผลอย่างรวดเร็ว โดยมีสถิติการนำเข้าทั้งปริมาณและมูลค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่การใช้สารเคมีกันอย่างแพร่หลายนั้นมีผลทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มสูงขึ้นและยังมีผลต่อการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น (ธวัช และคณะ, 2542) นอกจากนี้ยังมีพิษตกค้างในผลผลิตเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคและมีการปนเปื้อนลงสู่แม่น้ำลำคลองอีกด้วย (Basilico and Basilico, 1999; Satish *et al*., 1999; Fiori *et al*., 2000; Jobling, 2000; Paranagama *et al*., 2003) และที่สำคัญยิ่งกว่านั้นคือแมลงศัตรูหรือเชื้อราบางชนิดสามารถพัฒนาการให้มีความทนทานต่อสารเคมีหรือเกิดอาการดื้อยาขึ้น ทำให้เกษตรกรต้องใช้สารเคมีในปริมาณและความเข้มข้นที่สูงขึ้นกว่าเดิมส่งผลทำให้เกิดผลเสียทั้งทางด้านสุขภาพ สิ่งแวดล้อม การจัดการ และเศรษฐกิจ

แนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาดังกล่าวคือ การนำน้ำมันหอมระเหยหรือสารสกัดจากพืชบางชนิดมาใช้ในการควบคุมโรคและแมลงศัตรู โดยมีนักวิจัยหลายท่านให้ความสนใจเกี่ยวกับการนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวกันอย่างแพร่หลายทั้งในผักและผลไม้ เช่น กล้วย มะม่วง องุ่น และมะนาว เป็นต้น (ผ่องเพ็ญ และคณะ, 2542; Hilary *et al*., 1996; Fiori *et al*., 2000; Jobling, 2000; Ranasinghe *et al*., 2002) และเมล็ดพืช เช่น ข้าว ข้าวสาลี ถั่วพุ่ม และถั่วเลนทิล เป็นต้น (Paster *et al*., 1995; Basilico and Basilico, 1999; Kritzinger *et al*., 2002; Suhr and Nielsen, 2003) ทั้งนี้เพื่อหาน้ำมันหอมระเหยจากพืชที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคขึ้นมาทดแทนการใช้สารเคมีการเกษตร และไม่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตผลหรือทำให้ผลิตผลเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านต่างๆ ขึ้นทั้งทางด้านสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาและชีวเคมี

น้ำมันหอมระเหย (Essential oil)

น้ำมันหอมระเหยจากพืช ซึ่งเป็นกลุ่มของสารอินทรีย์ที่เกิดจากขบวนการ secondary metabolite ได้ชนิดสารและปริมาณที่แตกต่างกันในแต่ละส่วนของพืชต่างชนิดกัน เช่น ดอก ใบ ผล และกลีบเลี้ยง เป็นต้น ในกานพลูจะพบ eugenol ส่วนในอบเชยจะพบ cinnamic aldehyde และในพวกกระเทียมจะพบ allicin เป็นต้น (พูนฉวี, 2544) น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติเด่นชัดคือ มีกลิ่นระเหยได้ง่ายที่อุณหภูมิปกติ ส่วนใหญ่น้ำมันหอมระเหยจะไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีรสและกลิ่นเฉพาะตัว ซึ่งกลิ่นดังกล่าวไม่จำเป็นต้องหอมเสมอไป มีลักษณะเบากว่าน้ำ มีสภาวะเป็นทั้งของแข็ง กึ่งแข็งกึ่งเหลว และของเหลว แต่ส่วนใหญ่เป็นของเหลวมากกว่า ตามปกติน้ำมันหอมระเหยจะไม่มีสี แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ อาจจะถูกออกซิไดส์ทำให้สีเข้ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขึ้นตั้งแต่ไม่มีสีจนถึงสีเหลืองหรือสีน้ำตาล อีกทั้งมีค่าดรรชนีหักเหของแสง (Refractive index) สูงถึงประมาณ 1.5 มีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.842 – 1.172 และมีจุดเดือดอยู่ระหว่าง 150 – 300 °C

สารประกอบเหล่านี้บางชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช โดยมีผลไปยับยั้งการเจริญของเส้นใยหรือการสร้างสปอร์ทำให้เชื้อสาเหตุโรคไม่สามารถเจริญเติบโตและแพร่ขยายพันธุ์ต่อไปได้ (Basilico and Basilico, 1999; Dorman and Deans, 2000) และยังพบว่าสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา แบคทีเรีย ยีสต์ ไส้เดือนฝอย และแมลงได้อีกด้วย (Wan *et al*., 1998; Cosentino *et al*., 1999; Hammer *et al*., 1999; Mahnoud, 1999; Dorman and Deans, 2000; Fiori *et al*., 2000; Kritzinger *et al*., 2002; Burt and Reinders, 2003; Suhr and Nielsen, 2003) นอกจากนี้ในน้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษจากเชื้อราได้อีกด้วย (Bullerman *et al*., 1977; Sharma *et al*., 1979; Jayashree and Subramanyam, 1999; Mahnoud, 1999)

องค์ประกอบที่สำคัญของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีที่สลับซับซ้อน โดยองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยของพืชสมุนไพรและพืชเครื่องเทศแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ พันธุ์ วิธีการตากแห้ง และวิธีการสกัดของน้ำมันหอมระเหย (Jerkovic *et al*., 2001) น้ำมันหอมระเหยสามารถแบ่งตามชนิดขององค์ประกอบใหญ่ๆ ได้ดังนี้ (พูนฉวี, 2544)

1. Hydrocarbon volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มี hydrocarbon เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสารที่จัดเป็น hydrocarbon monocyclic terpene ได้แก่ limonene ซึ่งพบได้ในน้ำมันจากมิ้นต์ ส้ม กระวาน และน้ำมันสน และ *p*-cymene ซึ่งพบในน้ำมันลูกผักชี อบเชย นอกจากนี้พวก bicyclic monoterpene เช่น pinene ซึ่งพบได้ในน้ำมันยูคาลิปตัส น้ำมันดอกส้ม และน้ำมันลูกผักชี เป็นต้น

2. Alcohol volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มี alcohol เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมันมิ้นต์ น้ำมันจากผลผักชี ผลกระวาน ดอกส้ม ดอกกุหลาบ และน้ำมันสน ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยที่พบบ่อยๆ ได้แก่ geraniol, citronellol ซึ่งเป็น acyclic alcohol ส่วน menthol และ α-terpineol เป็น monocyclic alcohol เป็นต้น

3. Aldehyde volatile oils ได้แก่ น้ำมันหอมระเหยที่มีสารจำพวก aldehyde เป็นองค์ประกอบหลัก น้ำมันหอมระเหยที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ที่สำคัญ ได้แก่ น้ำมันอบเชย น้ำมันจากส้มมะนาว และตะไคร้หอม ตัวอย่างของ aldehyde ที่พบ ได้แก่ geranial, neral และ citronellal เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. Ketone volatile oils มีสารจำพวก ketone เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของ ketone ที่พบได้แก่ menthone, carvone, pipertione และ pulegone ซึ่งเป็น monocyclic terpene ketone นอกจากนี้ยังพบ camphor, fenchone และ thujone ซึ่งเป็น bicyclic ketone น้ำมันหอมระเหยที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่ การบูร และมิ้นต์

5. Phenol volatile oils มีสารจำพวก phenol เป็นองค์ประกอบหลัก phenol ที่พบได้แก่ eugenol, thymol และ carvacrol เป็นต้น น้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ได้แก่ น้ำมันกานพลู, thyme oil, creosote, pine tar และ juniper tar

6. Phenolic ether volatile oils มีสารจำพวก phenolic ether เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของน้ำมันหอมระเหยในกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำมันโป๊ยกั๊ก ซึ่งพบสาร anethole

7. Oxide volatile oils มีสารจำพวก oxide เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสาร oxide ที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ cineole (eucalyptol) ซึ่งพบในน้ำมันยูคาลิปตัส

8. Ester volatile oils มีสารจำพวก esters เป็นองค์ประกอบหลัก ตัวอย่างของสารจำพวก ester ที่พบ ได้แก่ allyl isothiocyanate พบในน้ำมันมัสตาร์ด (mustard oil) และ methyl salicylate พบได้ใน wintergreen oil

มีการนำน้ำมันหอมระเหยมาใช้ประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เช่น น้ำหอม และใช้แต่งกลิ่นในเครื่องสำอางและในตำรับยา นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยบางชนิดยังมีคุณสมบัติขับลม ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อโรค หรือแก้ปวดท้องได้อีกด้วย เช่น น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู น้ำมันจากผิวมะนาว และน้ำมันมิ้นต์ เป็นต้น

คุณภาพของน้ำมันหอมระเหย (พูนฉวี, 2544)

การควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยนั้น จะต้องมีการกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด ซึ่งข้อกำหนดมาตรฐานของน้ำมันหอมระเหยคือ

1. การตรวจสอบคุณสมบัติทั่วไป เช่น กลิ่น สี รส เป็นต้น

2. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น ค่าการละลาย (Solubility) ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ค่ามุมเบี่ยงเบนแสง (Angular rotation) ค่าดรรชนีหักเหของแสง (Refractive index) จุดหลอมเหลว (Melting point) และจุดเดือด (Boiling point) เป็นต้น

3. การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี เช่น การตรวจสอบด้วยปฏิกิริยาเคมี การตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหย เป็นต้น

การควบคุมคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย การตรวจสอบคุณสมบัติทั่วไป และคุณสมบัติทางกายภาพนี้ จะบ่งบอกถึงชนิดและความบริสุทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย ส่วนการตรวจสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมักจะเลือกกำหนดเป็นตัวที่สำคัญสำหรับน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด โดยคุณภาพของน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ คือ ชนิดของพืช พันธุ์ของพืช สภาพดิน สภาพอากาศ วิธีการเก็บเกี่ยว เครื่องกลั่น และเทคนิคการกลั่น

การกระจายของน้ำมันหอมระเหยในพืช (กฤษณา และวิริยา, 2546)

น้ำมันหอมระเหยพบได้ในพืชชั้นสูง และกระจายอยู่ในพืชประมาณ 17,500 ชนิด ซึ่งพบในพืชวงศ์ดังต่อไปนี้ คือ

- Apiaceae เช่น เทียนสัตตบุศย์ (aniseed; *Pimpinella anisum* L.) เทียนข้าวเปลือก (fennel; *Foeniculum* spp.) เทียนตาตั๊กแตน (dill; *Anethum graveolens*) เทียนตากบ (caraway; *Carum carvi* L.) ผักชี (*Coriandrum sativum* L.) parsley (*Petroselinum crispum* (Mill) A.W. Hill.) และคื่นฉ่าย (Wild celery; *Apium graveolense* L.)
- Asteraceae เช่น คาโมไมล์ (*Chamomilla* spp.) mugwort (*Artemisia vulgaris* L.) wormwood (*Artemisia absinthium* L.) และ tarragon (*Artemisia dracunculus* L.)
- Lamiaceae เช่น sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) กะเพรา (holy basil; *Ocimum sanctum* L.) calamint (*Calamintha sylvatica* Bromf.) ลาเวนเดอร์ (*Lavandula* spp.) มิ้นต์ (*Mentha* spp.) โรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis* L.) สวีทมาจอแรม (sweet majoram; *Origanum majorana* L.) บาล์ม (*Melissa officinalis* L.) เสจ (*Salvi*a spp.) และไทม์ (*Thymus* spp.)
- Lauraceae เช่น อบเชย (*Cinnamomum* spp.) sassafras (*Sassafras albidum* (Nutt.) Ness) และใบเบย์ (Laurel; *Laurus nobilis* L.)
- Myrtaceae เช่น กานพลู (clove; *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus globulus* Labill) tea tree (*Melaleuca alternifolia* Cheel) และ cajeput (*Melaleuca cajuputi* Powell)
- Rutaceae เช่น bitter orange tree (*Citrus aurantium* L. spp. *aurantium*) บูชู (Buchu; *Agathosma* spp.) และมะกรูด (*Citrus hystrix* DC)
- Myristicaceae เช่น จันทน์เทศ (*Myristica fragrans* Houtt.)
- Iiiciaceae เช่น โป๊ยกั๊ก (star anise; *Illicium verum* Hook.)
- Zingiberaceae เช่น ขิง (*Zingiber officinale* Roscoe) และขมิ้นชัน (*Curcuma longa* L.)
- Cupressaceae เช่น juniper (*Juniperus communis*)
- Poaceae เช่น ตะไคร้ (*Cymbopogon citratus (*DC.) Stapf.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของน้ำมันหอมระเหยในพืช (กฤษณา และวิริยา, 2546)

ความรู้เกี่ยวกับบทบาทของน้ำมันหอมระเหยในพืชยังไม่ชัดเจนนัก แต่มีบางสมมติฐานกล่าวไว้ดังนี้ คือ

- เป็น allelopathic agents (germination inhibitors) ทำหน้าที่ป้องกันพืชจากศัตรูพืช ซึ่งได้แก่ แมลง แบคทีเรีย เชื้อรา และพืชชนิดอื่น เช่น น้ำมันหอมระเหยจาก Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) เปปเปอร์มิ้นต์ (*M. piperita* L.) และสเปียร์มิ้นต์ (*M. spicata* L.) น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้เป็นพิษต่อตัวแก่ของ flour beetle (*Tribolium castaneum*) ซึ่งมักทำลายเมล็ดพันธุ์พืชที่เก็บไว้ น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จึงใช้เป็น anti-insect agent for grain protection ได้ น้ำมันหอมระเหยแคร่เสจ (*Salvia sclarea* L.) มีฤทธิ์ยับยั้งการงอกของเมล็ด *Brassica campestris* ส่วนน้ำมันหอมระเหย ajowan โหระพา เปปเปอร์มิ้นต์ และสเปียร์มิ้นต์ มีคุณสมบัติเป็นสารยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง
- มีส่วนช่วยดึงดูดพวกผึ้งหรือแมลงในการผสมเกสรดอกไม้ (cross-fertilization)
- เกี่ยวข้องกับกระบวนการสื่อสาร ทำหน้าที่เป็น biological messager
- ช่วยสมานแผลในเนื้อเยื่อพืช และเป็นแหล่งพลังงานสำรอง
- ป้องกันพืชจากการสูญเสียน้ำ (dehydration) เนื่องจากสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง

ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อจุลินทรีย์โรคพืช

ในปัจจุบันได้มีการตระหนักถึงอันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้สารเคมีกันมากและพยายามหาสารสกัดหรือน้ำมันหอมระเหยจากพืชเพื่อนำมาใช้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์โรคพืช ทั้งนี้เพราะในน้ำมันหอมระเหยมีองค์ประกอบที่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ (antimicrobial activity) เช่น thymol, carvacrol, eugenol, cinnamic aldehyde และ allyl isothiocyanate เป็นต้น (Buchanan and Shepherd, 1981; Farag *et al*., 1989; Basilico and Basilico, 1999; Shur and Nielsen, 2003) นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยจะแสดงบทบาทกลไกการป้องกันตัวของพืชในการต่อต้าน phytopathogenic microorganism (Mihaliak *et al*., 1991) โดยน้ำมันหอมระเหยที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเป็นสารผสมของ terpene ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น insecticidal action ในการต่อต้านศัตรูพืชที่จำเพาะ และยังมีคุณสมบัติเป็น fungicidal action ในการต่อต้านเชื้อสาเหตุโรคที่สำคัญได้อีกด้วย (Isman, 2000) ซึ่งลักษณะที่สำคัญสองประการของน้ำมันหอมระเหยในการเป็น antimicrobial activity คือ ประการแรก น้ำมันหอมระเหยเป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ซึ่งมีความปลอดภัยมากต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม และประการที่สองคือ มีความเสี่ยงต่ำต่อการพัฒนาความต้านทานของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรค (Daferera *et al*., 2003) โดยประสิทธิภาพของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การยับยั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับชนิด โครงสร้างทางเคมี กลุ่มฟังก์ชัน และปฏิกิริยาส่งเสริมกันของสารที่เป็นองค์ประกอบ (Dorman and Deans, 2000) โดยน้ำมันหอมระเหยเป็นสารสกัดจากพืชซึ่งมีคุณสมบัติเป็นได้ทั้ง antibacterial, antifungal, antioxidant และ anti-carcinogenic (Teissedre and Waterhouse, 2000) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ antimicrobial activity ได้แก่ อุณหภูมิ ขนาดและชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทดสอบ (Lambert, 2000) นอกจากนี้การตอบสนองของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราที่ทดสอบ ช่วงระยะระหว่างการขาดความสามารถในการยับยั้งหรือความทนทานต่อระดับความอ่อนแอที่แตกต่างกัน (Pattnaik *et al*., 1996)

ดังนั้นจึงมีนักวิจัยเป็นจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความสนใจในการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคกันอย่างแพร่หลาย โดย Hammer *et al*. (1999) and Dorman and Deans (2000) ศึกษาและพบว่า กานพลู อบเชย สะระแหน่ ออริกาโน กระเทียม ไทม์ และตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ซึ่งมีรายงานงานที่สอดคล้องมากมายดังนี้คือ น้ำมันหอมระเหยจากไทม์สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *F. equiseti*, *Penicillium chrysogenum*, *P. roqueforti* และ *P. corylophilum* ที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 100 – 1,000 ppm (Conner and Beuchat, 1984; Jobling, 2000; Kritzinger *et al*., 2002; Burt and Reinders, 2003; Suhr and Nielsen, 2003) เกษม และจำรัส (2530) และธารหทัย (2542) รายงานว่าสารสกัดจากกานพลูที่ระดับความเข้มข้น 1,000 – 10,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus auricomus*, *A. fischeri*, *A. flavus, A. fumigatus*, *A. nidulans*, *A. niger*, *A. oryzae*, *A. terricola*, *A. versicolor*, *A. ustus* และ *A. terreus* ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราในข้าวสาลีและถั่ว คือ *Aspergillus parasiticus*, *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp., *F. oxysporum*, *F. equiseti*, *Fusarium* spp., *Penicillium aurantiogriseum*, *P. brevicompactum*, *P. citrinum*, *P. griseofulvum* และ *P. chrysogenum* (Bullerman *et al*., 1997; Kritzinger *et al*., 2002) ในองุ่นและกล้วยคือ *B. cinerea*, *Colletotrichum musae*, *F. proliferatum* และ *Lasiodiplodia theobromae* (Jobling, 2000; Ranasinghe *et al*., 2002)

ส่วนประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยของอบเชยและออริกาโนสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. parasiticus*, *A. ochraceus*, *P. roqueforti*, *P. corylophilum*, *A. flavus*, *B. cineria*, *C. musae*, *L. theobromae*, *Fusarium proliferatum* และ *A. niger* (Paster *et al*., 1995; Bullerman *et al*., 1997; Jobling, 2000; Ranasinghe *et al*., 2002; Suhr and Nielsen, 2003) และในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอม ไทม์ โหระพา และขิงต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อรา *F. moniliforme*, *A. flavus* และ *A. fumigatus* โดยใช้ agar dilution technique ในการกำหนดผลของการยับยั้งต่อรัศมีการเจริญเติบโตของเชื้อราและปริมาณที่ใช้ในการตอบสนอง โดยพบว่าน้ำมันหอมระเหยของโหระพา ไทม์ และตะไคร้หอมจะมีประสิทธิภาพมากในการยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญของเชื้อราทั้ง 3 ชนิดในอาหาร corn meal agar ที่ระดับความเข้มข้น 800, 1,000 และ 1,200 ppm ตามลำดับ ในขณะที่น้ำมันหอมระเหยของขิงที่ความเข้มข้นระหว่าง 800 และ 2,500 ppm มีการยับยั้งได้ผลปานกลาง (Nguefack *et al*., 2004) และ Soliman and Badeaa (2002) ศึกษาพบว่าน้ำมันหอมระเหยของไทม์ โป๊ยกั๊ก และอบเชย (≤500 ppm) ดาวเรือง (≤2,000 ppm) สเปียร์มิ้นต์ โหระพา และ quyssum (3,000 ppm) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. ochraceus* และ *F. moniliforme* ได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยของ caraway สามารถยับยั้งที่ระดับความเข้มข้น 2,000 ppm โดยยับยั้งเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* ในขณะที่ระดับ 3,000 ppm จะยับยั้งเชื้อรา *A. ochraceus* และ *F. moniliforme* นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยของ *Eucalyptus citriodora* และ citronellal เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลัก โดยสามารถต่อต้านเชื้อราสาเหตุโรคข้าว คือ *Rhizoctonia solani* และ *Helminthosporium oryzae* ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้อย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ppm ตามลำดับ และ Velluti *et al*. (2004) รายงานว่าเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยอบเชย ตะไคร้หอม และกานพลูเพิ่มขึ้นจาก 0-1000 μg/ml จะทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *F. verticillioides*, *F. proliferatum* และ *F. graminearum* ได้ดียิ่งขึ้น โดยน้ำมันหอมระเหยของอบเชยมีประสิทธิภาพมากในการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Fusariumm* spp. ภายใต้ระดับของ A_w (Water activity) โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีจะลดลงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเปอร์เซ็นต์การยับยั้งของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีที่ 45-60 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ 0.995 A_w และ 75-95 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ 0.950 A_w สำหรับน้ำมันหอมระเหยของกานพลูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีลดลงมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ 0.995 A_w และมากกว่า 92 เปอร์เซ็นต์ที่ระดับ 0.950 A_w

องค์ประกอบของโครงสร้างและ functional groups ของน้ำมันหอมระเหยจะแสดงบทบาทสำคัญในการกำหนด antimicrobial activity โดยปกติแล้วสารที่เป็นองค์ประกอบของ phenolic groups จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด (Dean *et al*., 1995; Dorman and Deans, 2000) โดยน้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วย aliphatic alcohol และ phenolic จะแสดงบทบาทที่สำคัญในการยับยั้งเชื้อรา *A. aegyptiaceus*, *P. cyclopium* และ *Trichoderma viride* (Megalla *et al*., 1980) ตัวอย่างเช่น geraniol, neral และ citronellol สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus* ได้อย่างสมบูรณ์และสามารถป้องกันการสร้าง aflatoxin ได้ (Mahmound, 1994) นอกจากนี้ยังมีน้ำมันหอมระเหยบาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิดที่ไม่มี phenolic เป็นองค์ประกอบแต่มีประสิทธิภาพสูงมากในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ คือ allyl isothiocyanate (AIT) ซึ่งพบได้ในน้ำมันหอมระเหยจากมัสตาร์ด (Mustard oil) ซึ่งมีกลิ่นฉุนรุนแรงและมีคุณสมบัติป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ จากการศึกษาของ Mari *et al.* (1993) รายงานว่า สาร AIT มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอก และ/หรือชะลอการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ นอกจากนี้ Goi *et al.* (1985) รายงานว่า การใช้สาร AIT เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะต้องอยู่ภายในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม หากมีการใช้ในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ปรับตัวและต้านทานทำให้เกิดปฏิกิริยาการต้านทานรวมทั้งมีผลต่อการเก็บรักษาโดยจะเกิดสารพิษที่มีฤทธิ์ไปยับยั้งการหายใจของเนื้อเยื่อพืชทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อพืชได้ จากการทดลองของเอกชัย (2542) พบว่า กล้วยไข่ที่เคลือบผิวด้วยสาร Sta-Fresh 7055 2 % ผสมกับสาร AIT 500 และ 1,000 ppm เกิดโรคเพียงเล็กน้อยเมื่อเก็บรักษาไว้ได้ 4 วันและ 6 วัน ตามลำดับ ในขณะที่ผลกล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิวเริ่มปรากฏโรคเมื่อเก็บรักษาไว้ได้ 2 วัน ส่วน Isshiki *et al.* (1992) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบเพื่อหาระดับความเข้มข้นที่ต่ำสุดของสาร AIT ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ยีสต์ และราในวุ้น พบว่าแบคทีเรียมีความสามารถต้านทานต่อสาร AIT มากกว่ายีสต์และรา โดยการใช้สาร AIT ที่ความเข้มข้นต่ำเพียงระดับที่สามารถได้กลิ่นนั้น สามารถนำไปใช้ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในการเก็บรักษาแบบ MAP (Modified Asmospher Packaging) ได้ นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยมัสตาร์ดยังสามารถยับยั้งเชื้อราคือ *Aphanomyces euteiches*, *Fusarium sambucinum*, *F. oxysporum* f.sp. *conglutinase*, *Verticillium dahliae* และ *Thielaviopsis basicola* (Papavizas, 1968; Adams, 1971; Hilary *et a*l., 1996)

นอกจากประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยและการสร้างสปอร์ของเชื้อราแล้วยังสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษจากเชื้อราบางชนิดได้ก็คือ น้ำมันหอมระเหยของกานพลู กระเทียม อบเชย หอมหัวใหญ่ ตะไคร้ ไทม์ *Ammi visnaga Lupinus albus* และ *Xanthium pungens* ยับยั้งการสร้าง aflatoxin ที่สร้างขึ้นโดยเชื้อรา *A. flavus* และ *A. parasiticus* (Sharma *et al*., 1979; El-Maraghy, 1995; Bullerman *et al*., 1997; Mahmoud, 1999; Jayashree and Subramanyam, 1999) และ Basicilco and Basilico (1999) พบว่าน้ำมันหอมระเหยของมิ้นต์และออริกาโนสามารถยับยั้งการสร้าง ochratoxin A ของเชื้อรา *Aspergillus ochraceus* โดยน้ำมันหอมระเหยของตะไคร้หอมมีประสิทธิภาพทาง fungitoxicant หลังการเก็บเกี่ยวของพืชชั้นสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้ป้องกันอาหารได้ในการต่อต้าน storage fungi (Mishra and Dubey, 1994) โดยมีการรายงานผลของการยับยั้งของน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูและอบเชยต่อการเจริญเติบโตและการผลิต aflatoxin ที่ผลิตขึ้นโดยเชื้อรา *A. flavus* เป็นจำนวนมาก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Bullerman *et al*., 1977; Montes-Belmont and Carvajal, 1998; Sinha *et al*., 1993) ในเมล็ดข้าวโพดนั้นน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพในการต่อต้านการสร้าง aflatoxin โดยเชื้อรา *A. flavus* ภายหลัง 10 วันในสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสมต่อการผลิต mycotoxin (Sinha *et al*., 1993) นอกจากนี้น้ำมันหอมระเหยของอบเชย กานพลู ออริกาโน และ palmorosa ยังมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการสะสมของ zearalenone (ZEA) และ deoxynivalenol (DON) ซึ่งเป็นสารพิษที่เกิดจากการสร้างของเชื้อรา *F. graminearum* ได้อีกด้วย (Marin *et al*., 2004) และที่สำคัญน้ำมันหอมระเหยสามารถนำมาใช้เป็น seed protectant เพื่อยับยั้งการถ่ายทอดของเชื้อจุลินทรีย์ผ่านทางเมล็ด และในขณะเดียวกันก็ไม่มีผลต่อความงอก ความแข็งแรง ความมีชีวิต และการดูดซับน้ำของเมล็ด (Hall and Harman, 1991; Satish *et al*., 1999; Kritzinger *et al*., 2002) โดยมีรายงานที่สอดคล้องดังนี้ คือ Adegoke and Odesola (1996) and Kritzinger *et al*. (2002) ได้ศึกษาว่าการคลุกเมล็ดถั่วพุ่มด้วยน้ำมันหอมระเหยของกานพลู เปปเปอร์มิ้นต์ ไทม์ และตะไคร้ที่ระดับความเข้มข้น 500 – 2,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *A. flavus*, *A. niger*, *F. oxysporum*, *F. equiseti* และ *P. chrysogenum* และยังมีผลทำให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นอีกด้วย และเมล็ดเลนทิลที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยของกานพลูและไทม์ยังสามารถยับยั้งการสร้าง aflatoxin ได้เป็นเวลา 8 สัปดาห์ในระหว่างการเก็บรักษา (EL-Maraghy, 1995) ส่วนในเมล็ดข้าวสาลีที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยของออริกาโน ไทม์ และ *Chenopodium ambrosiodes* ที่ความเข้มข้น 2.0 – 4.0 µl/litre สามารถยับยั้งการเจริญและสร้างสปอร์ของเชื้อรา *A. flavus*, *A. niger* และ *A. ochraceus* และไม่มีผลของ phytotoxin ต่อเมล็ด (Kishore *et al*., 1995; Paster *et al*., 1995) นอกจากนี้แล้วน้ำมันหอมระเหยของอบเชย เปปเปอร์มิ้นต์ โหระพา และไทม์ยังสามารถช่วยในการต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อรา *A. flavus* ได้ และไม่มีผลกระทบต่อความงอกและการเจริญของข้าวด้วย (Montes-Belmont and Carvajall, 1998)

นอกจากนี้การคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยสารสกัดจากสะเดาที่สกัดด้วย methanol และ chloroform ความเข้มข้น 0.25% สามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราและยังทำให้น้ำหนักแห้งของต้นกล้าเพิ่มขึ้นหลังจากการเก็บรักษาไว้แล้วเป็นเวลา 30 วัน (Nakka *et al*., 1998) และ Jaspal *et al*. (1999) พบว่าเมล็ดถั่วเขียวผิวดำที่คลุกด้วยน้ำมันหอมระเหยของ *Trachyspernum ammi* และ *Cedrus deodara* ที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm ตามลำดับ สามารถยับยั้งเชื้อรา *A. niger* และ *Curvularia ovoidea* และความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยดังกล่าวจะคงอยู่เมื่อเก็บไว้ประมาณ 90 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กลไกปฏิกิริยาของน้ำมันหอมระเหยต่อเชื้อจุลินทรีย์โรคพืช

ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคกันอย่างกว้างขวาง แต่ในการศึกษาด้านกลไกของการยับยั้งยังมีน้อยและไม่เป็นที่เข้าใจมากนัก ซึ่งอาจกล่าวถึงปฏิกิริยาของสารที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่สำคัญบางชนิด คือ กลไกของความเป็นพิษของสารประกอบ phenolic ต่อเชื้อราอาศัยพื้นฐานของการยับยั้งเอนไซม์ของเชื้อรา ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของ –SH (-SH group) ในตำแหน่งของ active site (Cowan, 1999; Celimene *et al*., 1999) ตัวอย่างเช่น laccase เป็น extracellular enzyme ที่สร้างขึ้นจาก wood-decaying fungi (*Trametes versicolor* และ *Coniophora puteana*) ประกอบด้วย –SH group ซึ่งมีความสัมพันธ์กันระหว่าง cystein residue ใน mononuclear-copper active site โดยโมเลกุลของสารประกอบที่สามารถยับยั้งได้จะแสดงบทบาทสำคัญในการจับกันของ substrate เข้าสู่ตำแหน่ง active site ของเอนไซม์ ซึ่งทำให้มี antifungal activity นอกจากนี้ Knobloch *et al.* (1989) รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงใน fungicidal action ขององค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยยังขึ้นอยู่กับ water-solubility และ lipophilic property โดยมีผลทำให้มีความสามารถในการแทรกซึมเข้าสู่ chitin-based cell wall ของ fungal hypha เพิ่มขึ้น และ Matern and Kneusel (1988) แสดงให้เห็นถึง antimicrobial activity ของบทบาทของสารประกอบ phenolic ใน plant disease resistance โดยสารประกอบ phenolic จะไปรบกวนความสมบูรณ์หรือความมั่นคงของ cell membrane หรือการยับยั้งการงอกของสปอร์ (Russel and Chopra, 1990) และ lipophilicity ของสารประกอบ phenolic ทำให้เกิด antimicrobial action ของน้ำมันหอมระเหยของไทม์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย ทั้งนี้เพราะความสามารถในการแบ่งแยกของ water phase เข้าสู่ lipid membrane ในเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการลดกิจกรรมของแบคทีเรียพวก Gram-negative ลดลง ซึ่งส่งผลต่อ lipophilic phenolic compounds ทำให้การแพร่กระจายเข้าสู่ membrane เกิดได้ยากขึ้น (Nychas and Tassou, 2000) นอกจากนี้สารประกอบ phenolic ยังสามารถจัดได้ว่าเป็นสาร GRAS (Generally Recognized as Safe) สามารถใช้ในการป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยว และแบคทีเรียที่ปนเปื้อนในผลผลิต โดยสารประกอบ phenolic ในน้ำมันหอมระเหยจะช่วยกระตุ้นทำให้ phospholipid bilayer ของผนังเซลล์เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลทำให้เกิด permeability เพิ่มขึ้น และเกิดการรั่วไหลของสารที่เป็นองค์ประกอบภายในเซลล์หรือทำให้เกิดความเสียหายของระบบเอนไซม์ของแบคทีเรีย (Singh *et al*., 2002)

น้ำมันหอมระเหยจะมีความสัมพันธ์กับการทำปฏิกิริยากับสารซึ่งทำให้ cell membrane ของเชื้อราเกิดความสามารถในการยอมให้ผ่าน (permeability) ส่งผลทำให้สารที่เป็นองค์ประกอบเกิดการรั่วไหลออกสู่ภายนอกเซลล์ได้ โดยสารประกอบที่แยกได้จากน้ำมันหอมระเหยจากพืชต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อราพบว่ามีคุณสมบัติเป็น natural fungicides และจำนวนขององค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่สามารถยับยั้งเชื้อราได้ (Chao and Young, 2000) ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางเคมีของสารที่เป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณมากในน้ำมันหอมระเหย โดย antimicrobial activity ของน้ำมันหอมระเหยจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแสดงออกโดยการปรากฏของ aroramatic nucleus และ phenolic OH group สามารถทำปฏิกิริยากันได้ และเกิดการสร้าง hydrogen bond กับตำแหน่ง active site ของ target enzyme ตัวอย่างเช่นการรวมตัวกันของ hydrogen bond และขนาดของปัจจัยกำหนดจะมีอิทธิพลต่อ antimicrobial activity ของสารประกอบ monoterpene (Griffin *et al*., 1999)

ส่วน Schmourlo *et al.* (2005) ได้รายงานว่า วิธีการ ethanol precipitation ของสารสกัดจากพืชจะเกิดการแบ่งแยกของสารพวก macromolecule เช่น protein และ polysaccharide จาก micromolecule โดยวิธีการดังกล่าวนี้ macromolecule ส่วนมากจะพบเมื่อเกิดการตกตะกอน และ Balls *et al.* (1942) พบว่า protein มีคุณสมบัติเป็น antimcirobial activity ซึ่งจะทำให้มีประจุบวกและประกอบด้วย disulfide bond (Zang and Lewis, 1997) การจับกันเป็นกลุ่มก้อนของ hydrophobic และ cationic residue พบว่ามีคุณสมบัติเป็น antimcirobial activity อย่างรุนแรง (Felizmenio-Quimio *et al*., 2001) นอกจากนี้กลไกของปฏิกิริยาอาจเกิดจากการสร้างของ ion channels ใน microbial membrane (Zang and Lewis, 1997) หรือ competitive inhibitory ของการเกาะติดกันของ microbial protein เข้าสู่ host polysaccharide receptor (Sharon and Ofek, 1986) และ Billerbeck *et al.* (2001) ได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างพิเศษของเส้นใยเชื้อรา *A. niger* ภายหลังจาก treat ด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก *Cymbopogon nardus* (L.) ทำให้สามารถลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ทำให้ผนังเซลล์ของเชื้อราบางลง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นโดยองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจะไปรบกวนปฏิกิริยาของเอนไซม์ในการสร้างผนังเซลล์ของเชื้อรา (wall synthesis) เป็นผลทำให้เกิด fungal morphogenesis และการเจริญเติบโตที่ผิดปกติ นอกจากนี้การยับยั้งการเจริญเติบโตจะมีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสภาพของเส้นใยของเชื้อราภายหลังจาก treat ด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก *T. vulgaris* (L.) (Zambonelli *et al*., 1996) โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นใน cytological structure ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการรบกวนของน้ำมันหอมระเหยกับการตอบสนองของเอนไซม์ในการสร้างผนังเซลล์

หลักการของ antimicrobial compounds ของพืชสกุล *Allium* และ *Brassica* จะมีความสัมพันธ์กันกับกลุ่มของ thiosulfinate โดย antimicrobial activity ของ thiosulfinate สามารถอธิบายได้จากปฏิกิริยาระหว่าง thiosulfinate และ –SH group ของ essential cellular protein (Barone *et al*., 1977; Cavallito *et al*., 1944; Small *et al*., 1949) และ Small *et al*. (1947) ได้ราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

งานว่า –S(0)S- สามารถตอบสนองโดยแสดงคุณสมบัติเป็น antimicrobial activity ซึ่งทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับ cysteine และเปลี่ยนไปเป็น disulfides ส่วนการศึกษาของ Ghannoum *et al*. (1988) พบว่า สารประกอบ allicin จะยับยั้ง lipid biosynthesis และ RNA synthesis ตามลำดับ โดยปราศจากตำแหน่งของ target enzyme นอกจากนี้ Wills (1956) ยังพบว่า allicin สามารถยับยั้งกิจกรรมของ –SH enzyme ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเอนไซม์ที่สามารถยับยั้งได้ คือ xanthine oxidase, succinic dehydrogenase และ triose phosphate dehydrogenase โดย –S(O)S- groups จะมีความจำเป็นต่อการยับยั้ง –SH enzymes ในขณะที่ –S-S-, -S- และ –SO- groups จะไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งได้เลย และ Focke *et al*. (1990) ได้ทำการศึกษาและพบว่า allicin จะยับยั้งการรวมตัวกันของ acetate แต่ไม่สามารถยับยั้งการรวมตัวกันของ acetyl CoA หรือ malonate เข้าสู่ fatty acids ได้ ซึ่งอาจสรุปได้ว่ามีเพียงเอนไซม์ acetyl CoA synthetase เท่านั้น สำหรับ fatty acid synthesis ซึ่งถูกยับยั้งโดย allicin ทำให้มีผลอย่างจำเพาะเจาะจงต่อกิจกรรมของเอนไซม์ acetyl CoA synthetase

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า สารประกอบ ajoene มีคุณสมบัติเป็น antimicirobial compounds โดย Yoshida *et al*. (1987) พบว่า ajoene เป็น antifungal agent ที่มีประสิทธิภาพสูงมาก จากสมมติฐานที่ว่า allicin อาจจะทำให้เกิดความเสียหายของผนังเซลล์ของเชื้อรา และ Naganawa *et al*. (1996) ยังได้แสดงให้เห็นว่าผลการทดลองที่แตกต่างกันจะมีผลต่อคุณสมบัติของ antimicrobial activity ของ ajoene โดย ajoene สามารถยับยั้งแบคทีเรียพวก Gram-positive และยีสต์ได้อย่างรุนแรง และมีระดับความแตกต่างกันของการยับยั้งของแบคทีเรียพวก Gram-negative bacteria เช่น *E. coli* และ *P. aeruginosa* มีผลทำให้เกิด disulfide group ใน ajoene ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อ antibacterial activity โดยการลดลงของ cysteine ซึ่งถูกทำลายโดย ajoene (Naganawa *et al.,* 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved