บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 ความสำคัญ

มะม่วงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Mangifera indica* L. อยู่ในวงศ์ Anacadiaceae เป็นไม้ผลเขตร้อนที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศพม่าและอินเดีย (วิจิตร, 2529) และแพร่กระจายไปยังแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มะม่วงเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสำหรับหลายๆ ประเทศในโลกรวมทั้งประเทศไทย ในปี 2548 ไทยส่งออกมะม่วงสดและผลิตภัณฑ์ ในปริมาณ 12,206 ตัน มูลค่า 547.73 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) โดยตลาดส่งออกมะม่วงที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ มาเลเซีย ญี่ปุ่น อินโดนีเซีย สิงคโปร์ ฮ่องกง ไต้หวัน และจีน ชนิดของมะม่วงที่ส่งออกมากได้แก่ เขียวเสวย หนังกลางวัน น้ำดอกไม้ แรด และอกร่อง อย่างไรก็ดีในปัจจุบันมีมะม่วงอีกพันธุ์หนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจและได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นคือ พันธุ์โชคอนันต์ เนื่องจากสามารถผลิตนอกฤดูกาลได้ดี และเป็นที่ยอมรับของตลาดต่างประเทศ

2.2 พันธุ์มะม่วง

พันธุ์มะม่วงในประเทศไทยมีจำนวนมากกว่า 170 พันธุ์ เนื่องจากในอดีตการขยายพันธุ์มะม่วงนิยมขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดทำให้เกิดการกลายพันธุ์ส่งผลให้มีจำนวนพันธุ์เพิ่มมากขึ้น จากการที่มะม่วงมีหลายพันธุ์นี้เองจึงทำให้มีการแบ่งมะม่วงออกเป็นประเภทตามประโยชน์ใช้สอย (วิจิตร, 2529; เปรมปรี, 2537; สุนี, 2537) ดังนี้

2.2.1 มะม่วงรับประทานผลดิบ มะม่วงกลุ่มนี้เป็นที่นิยมของตลาดในประเทศและมีราคาสูง ส่วนในต่างประเทศยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก พันธุ์มะม่วงในกลุ่มนี้ที่เป็นที่นิยมในปัจจุบันได้แก่ พันธุ์เขียวเสวย ฟ้าลั่น มันเดือนเก้า และแรด เป็นต้น

2.2.2 มะม่วงรับประทานผลสุก มะม่วงในกลุ่มนี้ขณะดิบจะมีรสเปรี้ยวมากแต่เมื่อสุกจะมีรสหวาน เป็นที่นิยมของตลาดต่างประเทศมาก ซึ่งพันธุ์ที่นิยมมากที่สุดคือ พันธุ์น้ำดอกไม้และทองดำ แต่มะม่วงทั้ง 2 พันธุ์นี้มีข้อจำกัดคือ ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลอยู่ระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งไม่กระจายทำให้ผลผลิตในช่วงดังกล่าวมีมากเกินความต้องการของตลาด แต่ขาดแคลนในช่วงนอกฤดูกาล ดังนั้นมะม่วงอีกพันธุ์หนึ่งที่ได้รับความสนใจมากคือ มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่สามารถผลิตนอกฤดูกาลได้ดี และสามารถบริโภคได้ทั้งสุกและดิบ

2.2.3 มะม่วงแปรรูปและประกอบอาหาร ผลมะม่วงสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น มะม่วงดอง น้ำมะม่วง ซอสมะม่วง มะม่วงกวน มะม่วงแช่อิ่ม และมะม่วงอบแห้ง โดยพันธุ์ที่เหมาะสมในการแปรรูปได้แก่ พันธุ์แก้ว สามปี และสามฤดู เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์

มะม่วงพันธุ์โชคอนันต์เกิดจากการกลายพันธุ์ของการเพาะเมล็ดมะม่วงพันธุ์สามปี ต้นมะม่วงพันธุ์โชคอนันต์มีทรงพุ่มขนาดปานกลาง การเจริญเติบโตดี ลักษณะใบเป็นแบบ ovate lanceolate สีเขียวเข้ม ดอกมี 5 กลีบ เกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้อยู่ในดอกเดียวกัน เรียกว่า hermaphrodite มีดอกเล็กๆ อยู่ในช่อเดียวกัน ผลมีลักษณะหัวใหญ่หนา ปลายเรียวเล็กเป็นแบบ ovate oblong มีน้ำหนักผลประมาณ 300 - 400 กรัม ความหนาของเปลือกประมาณ 0.25 เซนติเมตร สีของผลดิบเป็นสีเขียวอ่อนและเมื่อสุกจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทอง ลักษณะเมล็ดลีบ มีเนื้อมาก ปริมาณเนื้อผลประมาณ 62 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพผลเมื่อดิบมีรสเปรี้ยว เนื้อแข็งแน่น เมื่อสุกมีรสหวานเนื้อแข็งแน่น สีเหลืองเข้ม ไม่มีเสี้ยน อายุการเก็บเกี่ยวผลอยู่ระหว่าง 110 – 120 วันนับจากวันดอกบานเต็มที่ สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ ลักษณะเด่นของมะม่วงพันธุ์นี้คือ ออกดอกติดผลได้ตลอดปี

2.4 การเก็บเกี่ยวผลมะม่วง

โดยทั่วไปมะม่วงพันธุ์รับประทานผลสุกจะเก็บเกี่ยวในขณะผลดิบและถึงระยะแก่จัดทางสรีรวิทยา (physiological maturity) ซึ่งคุณภาพผลมะม่วงที่เก็บเกี่ยวมานั้นมีผลโดยตรงต่อการจำหน่าย ปัญหาที่พบส่วนใหญ่เป็นปัญหาเกี่ยวกับผลมะม่วงสุกมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ ทั้งนี้อาจเกิดจากระยะการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงที่มีอายุเหมาะสมและการปฏิบัติ ต่อผลมะม่วงหลังการเก็บเกี่ยวอย่างถูกวิธีจะทำให้ผลมะม่วงที่ได้มีคุณภาพดีและจำหน่ายได้ราคาสูง

สายชล (2530) ได้เสนอดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะม่วงไว้หลายวิธี เช่น การนับอายุผลมะม่วง ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อหาความแก่ที่เหมาะสมของผลมะม่วง อายุของผลอาจนับตั้งแต่วันที่ช่อดอกเริ่มบานหรือบานเต็มที่จนถึงวันที่เก็บเกี่ยว ซึ่งจะมีจำนวนวันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ของมะม่วง การใช้ความถ่วงจำเพาะของผลก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลมะม่วง เมื่อผลมะม่วงมีอายุมากขึ้นผลมะม่วงจะมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นด้วย ทำให้ความถ่วงจำเพาะของผลมะม่วงมีค่ามากขึ้น ในทางปฏิบัติเราไม่ต้องคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของผลแต่สังเกตจากการจมและการลอยน้ำของผลมะม่วง โดยผลมะม่วงแก่จะจมน้ำในขณะที่ผลมะม่วงอ่อนจะลอยน้ำ อย่างไรก็ตามผลมะม่วงแก่บางพันธุ์มีความถ่วงจำเพาะน้อยจึงไม่จมน้ำ ดังนั้นการใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นดัชนี ในการเก็บเกี่ยวจึงมีข้อจำกัดสำหรับมะม่วงบางพันธุ์ การเกิดนวลที่ผิวผลก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ใช้เป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลมะม่วง กล่าวคือผลมะม่วงเกือบทุกพันธุ์เมื่อผลแก่จัด นวลหรือไขที่ผิวจะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเกิดนวลจึงเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะหนึ่งที่ใช้บอกถึงระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของมะม่วงได้ ลักษณะอื่นๆ นอกจากวิธีดังกล่าวอาจใช้วิธีอื่นๆ อีก เช่น ดูการเปลี่ยนสีผิว ขนาดผล ความพองอูมของแก้มผล ความแข็งของเปลือกหุ้มเมล็ด และการชิมรสชาติ เป็นต้น

วิธีการเก็บเกี่ยว ผลที่อยู่ระดับล่างของทรงพุ่มสามารถเก็บเกี่ยวโดยใช้มือ แต่ถ้ามะม่วงทรงพุ่มสูงมากอาจต้องใช้บันไดต่อขึ้นไปเก็บหรือใช้ตะกร้อสอย ผลที่ได้จากการเก็บลงมาจากต้นแล้วนำมาปลิดขั้ว คว่ำผลให้ยางไหลลงบนกระดาษที่วางรองไว้

2.5 ปัญหาการเน่าเสีย

สำหรับประเทศทางเขตร้อนและกึ่งร้อนอย่างประเทศไทยมีการสูญเสียของผลผลิตมาก เนื่องจากลักษณะภูมิอากาศทางเขตร้อนและกึ่งร้อนเหมาะและเอื้ออำนวยต่อการเข้าทำลายและการพัฒนาของโรคเร็วกว่าเขตอบอุ่น อีกทั้งผลไม้ทางเขตร้อนและกึ่งร้อนมักมีความอ่อนนุ่มของเนื้อและความหวานสูงเหมาะแก่การพัฒนาของโรคต่างๆ เป็นอย่างดี มะม่วงซึ่งเป็นผลไม้ทางเขตร้อนและ กึ่งร้อนชนิดหนึ่งก็มีปัญหาถูกเชื้อโรคต่างๆ เข้าทำลายมากมาย สำหรับในประเทศไทยมีรายงานการเน่าเสียของผลมะม่วงภายหลังการเก็บเกี่ยวว่าเกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides, Aspergillus niger, Phomopsis* sp., *Gloeosporium mangifera* และ *Lasiodiplodia thebromae* (วิจิตร, 2529)

โรคแอนแทรคโนสของผลมะม่วงเป็นโรคหนึ่งที่สำคัญและทำความเสียหายกับผลมะม่วงพันธุ์ต่างๆ ในทุกแหล่งปลูกของประเทศไทย และเป็นปัญหาในการขนส่งผลมะม่วงออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศ โรคชนิดนี้มีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *C. gloeosporioides* (Tandon and Singh, 1968) เชื้อราชนิดนี้เข้าทำลายได้เกือบทุกส่วนของมะม่วง โดยเฉพาะผลอ่อนตั้งแต่ ผลเจริญอยู่บนต้นเชื้อราจะพักตัวอยู่แบบแฝง (Verhoeff, 1974) จากการตรวจลักษณะการเข้าทำลายและตำแหน่งที่เชื้อรา *C. gloeosporioides* เข้าไปพักแฝงตัวในเนื้อเยื่อของผลมะม่วง พบว่าสปอร์ของเชื้อราจะกระจายอยู่ทั่วไปบนผิวมะม่วง โดยเฉพาะในส่วน lenticel ซึ่งเป็นส่วนที่มีลักษณะบุ๋มเป็นแอ่งเล็กๆ ลงไปจากผิวผลจะมีสปอร์อยู่ในนี้หนาแน่น และเนื่องจากในบริเวณ lenticel มีลักษณะเป็นแอ่งจึงเป็นที่ที่มีความชื้นค่อนข้างสูงและมีส่วน cuticle บางกว่าบริเวณอื่นๆ ดังนั้นเชื้อราที่อยู่บริเวณนี้มีโอกาสงอก germ tube ซึ่งจะช่วยในการเกาะยึดผิวมะม่วงแล้วสร้าง appressorium จากนั้นจึงสร้างเส้นใยลงไประหว่างเซลล์ของผลมะม่วง ผ่านชั้น cuticle ลงไปยัง epidermis แล้วเส้นใยเจริญแผ่ขยายไประหว่างเซลล์ (intercellular) อยู่ในชั้น epidermis และ ลึกลงไป 2 – 3 ชั้นของเซลล์ผิวนอกสุด โดยเส้นใยเหล่านี้เจริญแผ่อยู่ระหว่างเซลล์ไม่เกินจากชั้นนี้หรือลึกลงไปจากผิวนอกไม่เกิน 90 - 205

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไมโครเมตร หรือ 0.09 – 0.20 มิลลิเมตร (อังสุมา, 2530) การที่เชื้อราพักตัวอาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ขณะผลดิบมีความเป็นกรดสูง หรือลักษณะเนื้อแข็ง Simmonds (1939) ศึกษาผนังเซลล์ของกล้วยพบว่า ขณะที่กล้วยสุกผนังเซลล์จะยึดเกาะกันอย่างหลวมๆ (loosely bound) และไม่สามารถถูกสลายได้โดยเอ็นไซม์ที่สร้างจาก เชื้อราบางชนิด และในผลสตรอเบอรี่ก็พบว่า protectin เปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้มากขึ้น ทำให้ผลที่สุกอ่อนนิ่มลง เมื่อผลไม้สุกมีความหวานเพิ่มเพิ่มขึ้น เช่น ในผลมะม่วงเมื่อดิบจะมีความเป็นกรดสูง แต่เมื่อผลสุกปริมาณแป้งและกรดลดลง ปริมาณน้ำตาลเพิ่มขึ้น (Verhoeff, 1974) ซึ่งเชื้อสาเหตุสามารถเจริญในสภาวะที่มีปริมาณน้ำตาลสูงได้ดีกว่าผลดิบ หรือเนื่องจากการที่ผลมีความสามารถต้านทานการเจริญของเชื้อ เช่น มีสารที่มีฤทธิ์หรือมีคุณสมบัติยับยั้งการเจริญของเชื้อภายหลังจากถูกเชื้อเข้าทำลาย

พิศาล (2528) ได้รวบรวมข้อมูลจากการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์หลายๆ ท่านเกี่ยวกับการเข้าทำลายของเชื้อสรุปได้ว่า เมื่อสปอร์ของเชื้อตกลงบนผิวพืชในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สปอร์จะสร้าง appressorium จากนั้น appressorium จะสร้าง infection peg แทงผ่านผนังชั้นเซลล์พืชและเจริญต่อไปเป็นเส้นใยเข้าไปภายในหรืออยู่ระหว่างเซลล์พืช ในบางครั้งจะเกิดการพักตัวของโรคบนผลคือ infection peg ฝังตัวอยู่บริเวณชั้นผิวโดยไม่เจริญเป็นเส้นไย จนผลไม้นั้นสุกเชื้อราจึงเจริญอย่างรวดเร็วเป็นผลให้เกิดแผลเน่าและการยุบตัวในเนื้อผลไม้ ในขณะนั้นได้มีข้อสันนิษฐานว่าปรากฏการณ์นี้เกิดจาก

1. สารต้านการเจริญเติบโตของเชื้อรา (preformed antifungal compounds) มีอยู่ในผลดิบแต่ไม่มีในผลสุก สำหรับข้อสันนิษฐานนี้มีงานวิจัยที่สนับสนุน เช่น งานวิจัยของ Prusky *et al* (1991) ได้ทำการแยกเอาสารต้านเชื้อรา *C. gloeosporioides* จากผิวอะโวกาโดดิบได้สาร 2 ชนิด พบว่าชนิดแรกเป็นสารจำพวก monoene มีความเข้มข้นสูงสุดในขณะผลดิบเป็น 700 ไมโครกรัมของผิวสดและลดลงเรื่อยๆ ในขณะผลเริ่มสุกจนกระทั่งแสดงอาการของโรคพบสารนี้เหลือเพียง 40 ไมโครกรัมของผิวสด เช่นเดียวกับสารชนิดที่สองซึ่งเป็นสารพวก diene ปริมาณลดลงจาก 1600 µg120 ไมโครกรัมต่อกรัมของผิวสด

วิลาวัลย์ และคณะ (2537) ศึกษาหาปริมาณสารต้านเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* (สารอนุพันธ์เรซอร์ซินอล) ของมะม่วง 3 พันธุ์ คือ น้ำดอกไม้ แรด และทองดำ ในระยะเริ่มแก่ แก่จัด และสุก พบว่ามะม่วงทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณสารต้านเชื้อราลดลงเมื่อแก่

2. ธาตุอาหารในผลดิบไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ

3. เอนไซม์ที่เชื้อราผลิตขึ้นไม่เพียงพอต่อการเข้าทำลายผลดิบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ยังมีข้อสันนิษฐานอื่นๆ อีก เช่น เนื่องจากกิจกรรมต่างๆ ที่สร้างความต้านทานของพืชต่อการเข้าทำลายของเชื้อราจะลดลงเมื่อผลไม้สุก เป็นต้น

ตาราง 2.1 การเข้าทำลายของเชื้อรา *C. gloeosporioides* ในมะม่วงระยะต่างๆ (ดีพร้อม, 2526)

ระยะของมะม่วง	การทำลาย
เพาะเมล็ด	กินใบอ่อน เป็นแผลที่ใบ
มีใบ ไม่มีผล	ใบจุด ใบเป็นแผลกลม
ออกดอก	กินใบให้ดอกร่วง
ผลจิ๋ว	กินขั้ว ผลร่วง
ผลเล็ก	เริ่มเข้าในผิวยังไม่เห็นอาการ
ผลใหญ่	เจริญในผลเริ่มเห็นจุดดำบ้างเล็กน้อย
ผลแก่จัด	เริ่มมีจุดดำเล็กๆ ที่ผิวเปลือก
สุก - ห่าม	เห็นจุดดำชัดเจนขึ้น ที่ขั้วผลเริ่มดำ
สุกงอม	เป็นแผลดำ แผลเริ่มลามและผลเริ่มเน่า

2.6 เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.

C. gloeosporioides มีลำดับขั้นอนุกรมวิธานดังนี้ (Von, 1981)

Kingdom Mycota

Phylum Eumycota

Class Deuteromycetes

Order Melanconiales

Family Melanconiaceae

Genus Colletotrichum

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการเจริญ

เชื้อรา *C. gloeosporioides* มีลักษณะสปอร์โดยทั่วไปรูปร่างทรงกระบอกตรง ปลายมน ไม่มีสี ขนาด 9 – 24 x 3 – 4.5 ไมโครเมตร สร้าง appressorium ขนาด 6 – 20 x 4 - 12ไมโครเมตร รูปร่างแบบทรงกระบอกถึงรูปร่างไม่แน่นอน สปอร์จะงอก germ tube ในน้ำภายใน 6 – 8 ชั่วโมง และสร้าง appressorium ภายใน 10 – 12 ชั่วโมง ลักษณะโคโลนีที่เจริญบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) มีสีเทาถึงสีน้ำตาลดำ อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการเจริญคือ 24 – 32 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามเชื้อราใน species นี้อาจแตกต่างกันได้ในลักษณะบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พืชอาศัย และความสามารถในการทำให้เกิดโรค (Sutton, 1980)

ความสามารถในการก่อโรค

เชื้อรา *C. gloeosporioides* นอกจากจะเป็นเชื้อสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในมะม่วงพันธุ์ต่างๆ แล้วยังเป็นสาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพืชอื่นหลายชนิด เช่น มะละกอ อะโวกาโด ฝรั่ง องุ่น ธัญพืช หญ้า พืชตระกูลถั่ว ผักและผลไม้ต่างๆ เป็นต้น โดยสามารถทำลายส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ ต้น ดอก และผล พบมีการระบาดแพร่หลายแทบทุกพื้นที่การเกษตร (Coates and Gowanlock, 1993) มีการศึกษาเกี่ยวกับโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงที่เกิดจากเชื้อรา *C. gloeosporioides* พบว่าผลมะม่วงแสดงอาการของโรคขณะเก็บรักษาในโรงเก็บ โดยปกติใบมะม่วงถูกโรคเข้าทำลายตลอดปี อาจเป็นไปได้ว่าทำให้เกิดแหล่งของ primary infection บนผลมะม่วงและเกิด latent infection ในเวลาต่อมาเชื้อจะแฝงตัวอยู่ในผลจนผลโตเต็มที่ หลังจากนั้นจะพัฒนาไปสู่การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างที่เก็บรักษาอยู่ (Ullasa and Rawal, 1989)

ขั้นตอนและลำดับโดยทั่วไปในกระบวนการติดเชื้อของ *Colletotrichum* sp.

ลำดับของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในการติดเชื้อโดย *Colletotrichum* sp. (Jeffries *et al.*, 1990) มีดังนี้

1. conidia จะเกาะติดอยู่บนผิวผล
2. conidia งอกในน้ำอิสระที่ฉาบอยู่บนผิวของผล
3. germ tube จะงอกและเพิ่มความยาวขึ้นเรื่อยๆ
4. มีการสร้าง appressorium เพื่อยึดเกาะผิวของพืช

เมื่อไม่คำนึงถึงรูปร่างของเชื้อราที่เกิดขึ้นในระยะแฝงตัวจะพบว่า มีการพัฒนาของเชื้อราต่อไปในระหว่างผลสุกและมักมีการสร้างทั้ง intracellular และ intercellular hypha ทำให้เซลล์ถูกทำลายและท้ายที่สุดเซลล์จะตายเนื่องจากการรุกรานของ hypha เหล่านี้ ต่อมาจะเกิดการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พัฒนาของแผลโดยมีการรวมตัวกันของ mycelial stroma บริเวณ cuticle และเนื้อเยื่อเป็นจุดตายจากการสร้าง acerulus (Chau and Alvarez, 1983)

เชื้อ *C. gloeosporioides* เข้าทำลายพืชได้หลายวิธี ตั้งแต่การเข้าทำลายแบบเจริญอยู่ภายในเซลล์แล้วทำให้เซลล์ตาย จากนั้นจะย่อยสลายเซลล์ (intracellular hemibiotrophy) และทำให้เกิดแผล necrosis บริเวณใต้ชั้น cuticle (subcuticular intramural necrotrophy) เชื้อจะสร้างโครงสร้างในการเข้าทำลายพืชผล เช่น germ tube, appressoria, intracellular hyphae และ secondary necrotrophic hyphae (Perfect *et al.*, 1999)

2.7 Phytoalexin

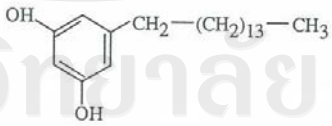
Shonbeck and Schlosser (1967) เสนอว่าหลังจากที่เชื้อสัมผัสและรุกรานเข้าภายในเนื้อเยื่อพืชจะแสดงปฏิกิริยาตอบสนองในด้านต่างๆ ซึ่งอาจมีผลในการป้องกันตัวเองได้สำเร็จหรือนำไปสู่การแสดงออกของโรคขึ้นอยู่กับความสามารถและระดับของการเกิดปฏิกิริยาที่สำคัญของโรคนั้นๆ ซึ่งได้แก่ 1. การเปลี่ยนแปลง permeability ของเซลล์พืช 2. การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำภายในเซลล์เนื้อเยื่อพืช 3. การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการหายใจ การสังเคราะห์แสง และการลำเลียงคาร์บอน 4. การเปลี่ยนแปลงกรดนิวคลีอิก 5. การเปลี่ยนแปลงเมตาโบลิซึมของโปรตีน 6. การเปลี่ยนแปลงของสารควบคุมการเจริญของพืช 7. การเปลี่ยนแปลงระบบของ oxidative enzymes 8. การกระตุ้นการทำหน้าที่ของสารที่มีศักยภาพป้องกันซึ่งมีอยู่แล้วในต้นพืช (performed substance) และ 9. การผลิตสาร phytoalexins

phytoalexin เป็นกลุ่มของสารต่อต้านเชื้อซึ่งพืชผลิตขึ้นมาในขบวนการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่เป็นสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิตจำพวกสารเคมีและสภาพทางกายภาพต่างๆ อย่างไม่เฉพาะเจาะจง ในขณะที่ preformed substance เป็นสารประกอบที่มีความสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งมีอยู่แล้วในต้นพืชที่พบได้ในพืชเกือบทุกชนิดและมีปริมาณมากกว่าที่ต้องการในการยับยั้งเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพหลายเท่า แต่การสะสมของสารนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเนื้อเยื่อหรือส่วนต่างๆ ของพืช การเปลี่ยนแปลงปริมาณหรือโครงสร้างของสาร preformed substance จะมีผลต่อเนื่องทำให้เกิดความอ่อนแอของพืชต่อเชื้อ สาร preformed substance ที่พบอาจเป็นสารประกอบพวก alkaloids, flavonoids, phenols, quinines, terpenoids เป็นต้น ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช (Baker and Smith, 1997)

ในปัจจุบันมีการศึกษาสารที่มีฤทธิ์ต้านทานการเจริญของเชื้อราในผลไม้หลายชนิด เช่น ในผลมะม่วง Prusky *et al.* (1983) พบว่าในผิวของผลมะม่วง มีสารประกอบ 5-(12-cis-heptadecenyl) resorsinol ภาพ 2.1 (a) และ 5- heptadecenyl resorsinol

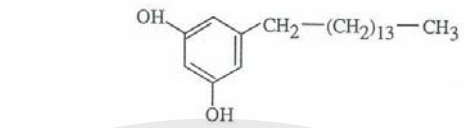
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.1 (b) ซึ่งมีฤทธิ์ต้านทานการเจริญของเชื้อรา *Alternaria alternata* สาเหตุของโรค black spot ที่เกิดกับผลมะม่วง นอกจากนี้ยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร 5-(12-cis-heptadecenyl) resorsinol และ 5- heptadecenyl resorsinol ในผิวของมะม่วง 3 สายพันธุ์ คือ Kitt, Tommy Atkins และ Haden จะมีความเข้มข้นลดลงจาก 154 – 232 µg/g น้ำหนักสดของผลดิบ เหลือ 74 -125 µg/g น้ำหนักสดของผลสุกในพันธุ์ Tommy Atkins หลังจากเก็บเกี่ยวไปแล้ว 18 วัน จะมีความเข้มข้นของสารลดลงจาก 219 µg/g เหลือ 103 µg/g ส่วนในพันธุ์ kitt หลังจากเก็บเกี่ยว 28 วัน ความเข้มข้นของสารจะลดลงจาก 185 µg/g เหลือ 162 µg/g และหลังจากเก็บเกี่ยว 45 วัน ความเข้มข้นของสารเหลือเพียง 85.5 µg/g ความเข้มข้นของสารประกอบอนุพันธ์เรซอซินอล 120 µg/ml สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ 50% Chiranjib (1985) ศึกษาเกี่ยวกับยางมะม่วงพบว่า ในยางมะม่วงจะมีสารจำพวก resin, tannins, terpens และเอนไซม์ต่างๆ ทำการศึกษาโดยใช้วิธี Thin layer chromatography (E. Merck, 0.4 mm.) โดยใช้ petroleum ether และ diethyl ether (60 : 40 v/v) เป็นตัวทำละลายเคลื่อนที่ พบว่าสารที่ R_f 0.45 เป็นสาร 5-(2-cis-heptadecenyl) resorsinol ภาพ 2.1 (c) เมื่อนำสารนี้ acetelate ด้วย acetic anhydride ใน pyridine ที่อุณหภูมิห้องจะพบสารนี้ที่ R_f 0.75 สารนี้มีความเป็นพิษต่อมนุษย์ ทำให้ผิวหนังไหม้ ส่วนที่ทำให้เกิดความเป็นพิษจะอยู่ในส่วนที่เป็นสายโซ่ยาวของ unsaturated hydrocarbon จะเกาะอยู่ที่ตำแหน่ง meta- ของ benzene ring และเป็นสารหลักในยางมะม่วงที่ระเหยได้ยาก

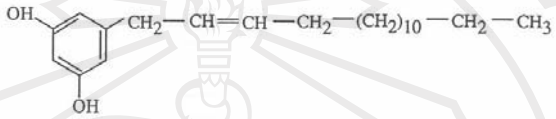


a

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



b



c

ภาพ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของสาร

a สาร 5-(12-cis-heptadecenyl) resorsinol

b สาร 5- heptadecenyl resorsinol

c สาร 5-(2-cis-heptadecenyl) resorsinol

จากการที่พบว่าเชื้อรา *Alternaria alternata* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคจุดดำบนผลมะม่วง มีระยะพักตัวสัมพันธ์กับความต้านทานต่อเชื้อราของมะม่วง Cojocaru *et al*. (1986) ได้ทำการสกัดสารต้านเชื้อราดังกล่าวจากผิวมะม่วงสายพันธุ์ในประเทศอิสราเอล พบว่าส่วนสกัดที่ได้มีสารหลักๆ เป็นพวกเรซอร์ซินอล โดยพบสาร 5-(12-cis-heptadecenyl) resorsinol 65% และ 5 – pentadecenyl resorsinol อีก 15% ซึ่งในปีเดียวกันนั้น Dorby *et al*. ได้ทำการศึกษาสารต้านเชื้อราและความสัมพันธ์ของสารดังกล่าวกับการพักตัวของเชื้อ *A. alternata* บนผิวมะม่วงดิบ คณะวิจัยนี้ได้สกัดสารเชื้อราจากผิวมะม่วงได้สารผสมของอนุพันธุ์เรซอร์ซินอล และพบว่าปริมาณสารทั้งสองมีความสัมพันธ์กับการพักตัวของเชื้อรา โดยสารอนุพันธุ์เรซอร์ซินอลทั้งสองตัวนี้จะมีความเข้มข้นประมาณ 200 µg/g ของน้ำหนักเปลือกสด ซึ่งเมื่อมะม่วงสุกสารทั้งสองตัวนี้จะลดลงเหลือเพียง 100 µg/g ของน้ำหนักเปลือกสด ปริมาณสารที่ลดลงจะทำให้เชื้อพักตัวน้อยลง กล่าวคือ เชื้อจะเข้าทำลายผลมะม่วงเร็วขึ้น นอกจากนี้ในการศึกษายังพบปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ได้แก่ การบ่มมะม่วงด้วยแก๊สเอทธิลีนจะลดช่วงเวลาการพักตัวของเชื้อราลงไปอีก รวมไปถึงปริมาณสารต้านเชื้อรา ก็จะลดลงด้วย ในกรณีที่เก็บผลไม้ไว้ในที่ที่มีความดัน 20 kPa

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(hypobaric pressure) จะทำให้การพักตัวของเชื้อรานานขึ้นและชะลอการลดปริมาณของสารต้านเชื้อราลง ซึ่งจากการศึกษา ของคณะวิจัยนี้ได้ข้อสรุปว่า สารอนุพันธุ์เรซอร์ซินอลมีผลต่อการพักตัวเพื่อเข้าทำลายของเชื้อรา *A. alternata* ในผลมะม่วงดิบ โดยมีข้อสนับสนุนดังนี้

1. ในผลมะม่วงที่ไม่ถูกเพาะเชื้อ สารต้านเชื้อราจำพวกเรซอร์ซินอลนี้มีอยู่ในระดับที่ฆ่าเชื้อราได้ในผิวมะม่วงดิบทุกชนิดที่เก็บมาทดสอบ และปริมาณของสารจะลดลงเรื่อยๆ จนถึงระดับที่ไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ เป็นเวลาเดียวกับที่มะม่วงที่ถูกเพาะเชื้อแสดงอาการของโรคออกมา

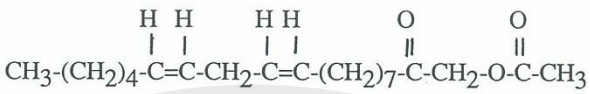
2. พบว่าความเข้มข้นของสารดังกล่าวในมะม่วงพันธุ์ทอมมี่ แอทกินส์ (Tommy Atkins) ลดลงอย่างอย่างรวดเร็วกว่าเมื่อเทียบกับพันธุ์ฮาเดน (Haden) ในขณะที่มะม่วงกำลังสุก ซึ่งส่งผลให้มะม่วงพันธุ์ทอมมี่ แอทกินส์ แสดงอาการของโรคก่อนพันธุ์ฮาเดนด้วยเช่นกัน

3. เอทธิลีนจะช่วยส่งเสริมการสุกของมะม่วง เร่งให้เกิดการสุกของมะม่วงควบคู่ไปกับการที่ทำให้สารอนุพันธ์เรซอร์ซินอลลดลง ในขณะที่การลดความดันให้ต่ำกว่าบรรยากาศจะช่วยชะลอการสุก การลดลงของสารอนุพันธ์เรซอร์ซินอลและอาการของโรคให้เกิดช้าลง

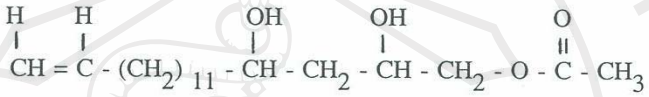
4. มะม่วงพันธุ์คิท (Kitt) แสดงการต้านเชื้อราสูงมาก ในช่วง 26 วันหลังการเก็บเกี่ยวแม้ว่าจะเป็นช่วงที่ผลมะม่วงใกล้สุก แต่ก็ยังพบว่าในผิวของมะม่วงยังมีสารต้านเชื้อราดังกล่าวในระดับที่สามารถฆ่าเชื้อราได้ อาการของโรคในมะม่วงพันธุ์นี้ไม่พบเลยจนกระทั่ง 40 วันหลังการเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณสารต้านเชื้อราลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้แล้ว (Cojocaru *et al*., 1986)

การศึกษาสารที่มีฤทธิ์ต้านทานการเจริญของเชื้อราในอะโวกาโด เช่น Prusky *et al*. (1983) ศึกษาสารที่มีฤทธิ์ต้านทานการเจริญของเชื้อ *C. gloeosporioides* พบว่าคือสารประกอบ 1-acetoxy-4-oxo-heneicosa-12,15-diene ภาพ 2.2 (d) การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารดังกล่าวจะลดลงจากความเข้มข้น 1,200 µg/g น้ำหนักสด (ประมาณ 1,600 µg/ml) เมื่อผลดิบลดลงเหลือ 120 µg/g น้ำหนักสด (ประมาณ 160 µg/ml) เมื่อผลสุก การลดลงของปริมาณสารจะสัมพันธ์กับการแสดงการเกิดโรคแอนแทรคโนส ปริมาณสาร 790 µg/ml จะสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ของเชื้อ *C. gloeosporioides* ได้ 100% และในปี 1991 ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม พบว่าในผิวมะม่วงมีสารที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *C. gloeosporioides* คือ สาร 1-acetoxy-4-oxo-heneicosa-12,15-diene ภาพ 2.2 (a) และสาร 1-acetoxy-2,4-dihydroxy-n-heptadeca-16-ene ภาพ 2.2 (b)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



a



b

ภาพ 2.2 ลักษณะโครงสร้างของสาร

a สาร 1-acetoxy-4-oxo-heneicosa-12,15-diene

b สาร 1-acetoxy-2,4-dihydroxy-n-heptadeca-16-ene

การเปลี่ยนแปลงของสาร (e) ภายหลังการเก็บเกี่ยว 1 วัน จะมีความเข้มข้นของสารในเปลือกและในเนื้อของอะโวกาโดเท่ากับ 450 และ 700 µg/g ของน้ำหนักสด ตามลำดับ หลังจากนั้นจะลดลงตลอดจนถึงวันที่ 8 หลังการเก็บเกี่ยวเหลือปริมาณสาร (e) อยู่ในระดับ 120 และ 40 µg/g ของน้ำหนักสดของเปลือกและเนื้อ ตามลำดับ ซึ่งในระดับความเข้มข้นนี้จะมีเชื้อราเกิดขึ้น ส่วนความเข้มข้นของสาร (d) จะมีมากกว่าสาร (e) ซึ่ง สาร (d) จะมีความเข้มข้นในเปลือกและเนื้อสูงถึง 1,500 และ 1,600 µg/g ของน้ำหนักสด ตามลำดับ และหลังจากเก็บเกี่ยว 8 วัน จะลดลงเหลือ 200 และ 20 µg/g ของน้ำหนักสดในเปลือกและเนื้อ ตามลำดับ ที่ความเข้มข้น 750 µg/ml สารทั้งสองสามารถยับยั้งเชื้อ *C. gloeosporioides* ได้ 15% และ 44% ตามลำดับ เมื่อนำสาร (d) และสาร (e) มารวมกันที่ความเข้มข้น 750 µg/ml สามารถยับยั้งเชื้อได้ 55% แสดงให้เห็นว่าสารทั้งสองเป็น synergistic activity สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราได้ 7 – 15% นอกจากนี้ Sivanathan and Adikaran (1989) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต้านเชื้อราในผลอะโวกาโดดิบ โดยวิธี PTLC biosaaay พบว่าบนแผ่น TLC เกิดแถบสารที่ต้านการเจริญของเชื้อรา 4 แถบได้แก่ ที่ R_f 0.30, 0.32, 0.70 และ 0.75 เมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีพบว่าแถบสารที่ R_f 0.70 เป็นสารพวก cis - 1 - acetoxy – 2 – hydroxy – 4 – oxo – heneicosa – 12, 15 – diene และที่ R_f 0.30 เป็นสารประเภท long chain saturated compound ที่ประกอบด้วยหมู่ hydroxyl ในระยะเก็บเกี่ยวที่ความเข้มข้นของสารทั้ง 4 ที่ R_f ต่างๆ เป็น 780, 1050, 920 และ 1300 µg/g ของน้ำหนักสด ตามลำดับ เมื่อผลสุก ที่ R_f 0.30 และ 0.70 มีปริมาณสารลดลงเหลือเพียง 64 และ 53 µg/g ของน้ำหนักสดตามลำดับ

การศึกษาสารที่มีฤทธิ์ต้านทานการเจริญของเชื้อราในแครอท Kroski and Nishi (1993) ทำการศึกษาพบว่า ในหัวแครอทมีสาร 6 – methoxymeltein ที่มีฤทธิ์ต้านการเจริญของเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย โดยเฉพาะที่ความเข้มข้นของสาร 0.5 มิลลิโมล สามารถต้านเชื้อรา *Alternaria alternata* ได้ถึง 99% และที่ความเข้มข้นเดียวกันนี้สามารถต้านเชื้อแบคทีเรียชนิด Gram – positive ได้ 4 ชนิด Gram – negative ได้อีก 7 ชนิด รวมทั้งยีสต์อีก 2 ชนิดด้วย

ในผลส้มและมะนาวฝรั่ง (lemon) Kim *et al.* (1995) ทำการศึกษาสารต้านเชื้อราโดยวิธี PTLC biosaaay โดย spot ส่วนสกัดหยาบบนแผ่น TLC แล้วนำไปแยกด้วยตัวทำละลายโทลูอีน : เอทิลอะซิเตท (1 : 1 v/v) ทำการตรวจหาสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราโดยพ่นสปอร์ของเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* ที่ความเข้มข้น 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร บนแผ่น TLC จากนั้นบ่มเชื้อในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน พบว่าเกิดแถบสารที่ต้านการเจริญของเชื้อราที่ R_f 0.50 เมื่อนำไปวิเคราะห์โครงสร้างทางเคมีพบว่าสารดังกล่าวคือ 6,7 – dimithoxycoumarin (scoparone)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 สารยับยั้งเชื้อราในกลุ่ม Phytoalexin ที่พบในพืช (Grager and Harborne, 1994)

ชนิดพืช	ส่วนที่นำมาศึกษา	สารที่พบ
Allium cepa	หัว	5 – hexylcyclopenta – 1,3 – dione
		5 – octylcyclopenta – 1,3 – dione
Cephalocereus senilis	เซลล์เพาะเลี้ยง	4,5 – methyllenedioxy – 6 - hydroxyaurone
Dianthus caryophyllus	ใบ	dianthalexin, dianthramides
Cercidiphyllum japonicum	คอร์เทกซ์	magnolol
Carthamus tinctorius	ใบ	safynol, dyhydrosafynol
Coleostephus myconis	ใบ	mycosinol
Helianthus annuus	ใบ	scopoletin, ayapin
Laetuca sativa	ใบ	costunolide, lettucenin
Taraxacum officinale	ใบ	lettucenin
Costus speciosus	ใบ	glyceollins
Brassica juncea	ใบ	cyclobrassinin, sulphoxide, brassilexin
Brassica napus	ใบ	methoxybrassinin, cyclobrassinin
Camelina sativa	ใบ	camelexin, methoxycamalexin
Raphanus sativa	ใบ	spirobrassinin, methoxybrassinin, brassinin, oxymethoxybrassinin
Dioscorea batatas	หัว	dihydropinosylvin
Dioscorea dumentorum	หัว	dihydroresveratrol
Dioscorea rotundata	หัว	batatasin, dihydropinosylvin
Hevea brasiliensis	ใบ	scopoletin
Avena sativa	ใบ	avenalumin
Festuca versuta	ใบ	resveratrol
Saccharum officinarum	ใบ	piceatannol, luteolinidin
Arachis nypogaea	ใบ	medicarpin
Diphysa robinioides	ใบ	diphysolone, kievitone, ferrerein
Shuteria vestita	ใบ	furanodihydrokaempferol

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Vigna spp.	เมล็ด	dalbergioidin, kievitone, phaseollidin
Papaver bracteatum	เซลล์เพาะเลี้ยง	sanguinarine
Pinus radiata	ใบ	benzoic acid
Cotoneaster laetea	เนื้อไม้	ß – cotonefuram
Malus pumila	เนื้อไม้	2 - methoxyaucuparin
Mespilus germanica	เนื้อไม้	cotonefuram
Photinia glabra	ใบ	2 – methoxyacetophenone
Sanguisorba minor	ราก	2,6 – dinydroxy – 4 – methoxyacetophenone
Cinchona ledgerianum	เปลือก, เซลล์เพาะเลี้ยง	purpurin – 1 – methyl ether
Citrus limon	เปลือกราก	seselin, scoparone
Renmannia glutinosa	ราก	acteoside, galactosylaeteoside
Tilia xeuropean	เนื้อไม้	7 – hydroxycalamenene
Ulmus americana	เนื้อไม้	mansonones
Ulmus glabra	เนื้อไม้	7 – hydroxycalamenene

2.7 การตรวจสอบสารสกัด (ระจิตร, 2536)

การตรวจสอบสารที่สกัดได้โดยวิธี Thin layer chromatography (TLC)

Thin layer chromatography จัดเป็น plane chromatography ที่อาศัยหลักการที่สารตัวอย่างหรือตัวถูกละลายสามารถเกิดสมดุลระหว่างเฟสทั้งสองได้ตามกฎของการกระจายคือ

$$K_d = \frac{C_S}{C_m}$$

K_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย

C_S คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่อยู่ในเฟสที่อยู่กับที่

C_m คือ ความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่อยู่ในเฟสที่เคลื่อนที่ได้

เมื่อเราหยดสารตัวอย่างลงบนแผ่น TLC ถ้าสารตัวอย่างนั้นประกอบด้วยสารหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดมีค่า K_d ต่างกัน หลังจากที่ทำให้เฟสที่เคลื่อนที่ไปตามเพลนพบว่า หยดของสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างนั้นสามารถเคลื่อนที่ไปตามเพลนได้ด้วยแรงขับของตัวพาหรือเฟสที่เคลื่อนที่ เรียกว่า driving force เนื่องจากเกิด capillary action ในขณะเดียวกันเฟสที่อยู่กับที่อาจจะทำหน้าที่หน่วง (retarding action) สารตัวอย่างแต่ละชนิดจะถูกขับและถูกหน่วงได้ไม่เท่ากัน ทำให้ถูกแยกออกจากกันเป็นโซนได้ ระยะทางที่สารตัวอย่างหรือตัวถูกละลายเคลื่อนที่ได้ เรียกว่า retardation factor (R_f)

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางที่ตัวถูกละลายเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่ตัวทำละลายเคลื่อนที่}}$$

การวัดระยะทางการเคลื่อนที่ของตัวถูกละลาย วัดจากจุดกึ่งกลางของหยดสารตัวอย่างจากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่เคลื่อนที่มาถึง สำหรับระยะทางของตัวทำละลายจะเริ่มวัดจากจุดเริ่มต้น เมื่อตัวทำละลายเริ่มพาตัวถูกละลายให้เคลื่อนที่ เรียกว่า solvent front

R_f เป็นค่าคงที่สำหรับสารหนึ่งๆ ที่อุณหภูมิหนึ่งและตัวทำละลายชนิดหนึ่งๆ ดังนั้นการคำนวณค่า R_f จะทำให้สามารถชี้บอกได้ว่าสารตัวนั้นคืออะไร ทำให้สามารถวิเคราะห์คุณภาพได้ (quantitative) แต่เนื่องจากตัวถูกละลายมีมากมายหลายชนิดและบางชนิดอาจจะมีค่า R_f ของสารตัวอย่างและสารมาตรฐานเท่ากันทุกครั้ง ก็ยืนยันได้ว่าสารตัวอย่างคือสารชนิดเดียวกับสารมาตรฐาน หรืออาจใช้วิธีผสมสารตัวอย่างกับสารมาตรฐานเข้าด้วยกันแล้วทำการทดลองโดยเปลี่ยนตัวทำละลายสัก 2-3 ชนิด ถ้าได้โซนเพียงโซนเดียวทุกครั้งก็ยืนยันได้ว่า สารตัวอย่างคือสารชนิดเดียวกับ สารมาตรฐาน

ระจิตร (2536) ได้ตรวจสอบหาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อราจากผิวมะม่วง โดยนำสารสกัดจากผิวมะม่วงที่ได้มาแยกด้วยแผ่น TLC พบว่าเกิดแถบสาร 11 แถบ และเมื่อนำไปทดสอบหาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* ที่เป็นสาเหตุของโรค แอนแทรคโนสของมะม่วง จะพบแถบสารที่ยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ 5 แถบ คือ แถบสารที่ R_f 0.21, 0.48, 0.61, 0.68 และ 0.87 แถบสารที่ R_f 0.48, 0.61 และ 0.68 จะพบในมะม่วงทุกพันธุ์และทุกอายุการเก็บเกี่ยว ยกเว้น R_f 0.61 จะไม่พบในมะม่วงพันธุ์เค้นท์เมื่อสุก ส่วน R_f 0.21 จะไม่พบในมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และแรดที่ยังไม่แก่ เมื่อนำแถบสาร R_f 0.48 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงพบว่า มีค่าการดูดกลืนแสงเดียวกับสารอนุพันธ์เรซอซินอล

วุฒิพงษ์ (2539) ได้ตรวจสอบหาสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราจากผิวมะม่วงแก้ว โดยนำสารที่สกัดได้มาแยกด้วยแผ่น TLC เพื่อหาแถบสารที่เชื้อราเจริญไม่ได้ (inhibited zone) โดยทำการทดสอบด้วยเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides* นำแถบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารที่เชื้อราเจริญไม่ได้ไปหาความสามารถในการยับยั้งเชื้อรา โดยทดสอบด้วยวิธี glass slide bioassay ที่ความเข้มข้นต่างๆ และได้ตรวจสอบหาลักษณะเฉพาะของสารด้วยเครื่องมือทาง spectroscopy เช่น IR, GC-MS เป็นต้น ปรากฏว่าสารที่ยับยั้งเชื้อราที่ R_f 0.70 เป็นของผสมระหว่างสารที่มีน้ำหนักโมเลกุล 225 และ 279 อาจเป็นสารอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนทั้งสองสาร และสารที่ R_f 0.16 จะเป็นสารเดี่ยวที่มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 280 โดยอาจจะเป็นสารที่มีกลุ่มคาร์บอนิลอยู่ในโมเลกุล

2.8 ไคตินและไคโตซาน (รัตนา, 2544)

โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซาน

ไคติน (chitin) เป็นพอลิเมอร์ธรรมชาติ (natural polymer) ที่ประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีคือ poly-ß-(1,4)-2-acetamido-D-glucose เป็นส่วนใหญ่ ไคโตซาน (chitosan) เป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของไคตินที่ได้จากการทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชัน (deacetylation) ของไคตินในสารละลายด่างเข้มข้น ไคโตซานประกอบด้วยโครงสร้างทางเคมีส่วนใหญ่คือ poly-ß-(1,4)-2-amino-D-glocose ไคตินและไคโตซานมีโครงสร้างทางเคมีคล้ายคลึงกับเซลลูโลส โดยแตกต่างกันที่หมู่แทนที่ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส (pyranose ring) ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของเซลลูโลส ไคตินและไคโตซาน โดยหมู่แทนที่ที่ตำแหน่งนี้ของเซลลูโลสจะเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) แต่ของไคตินเป็นหมู่อะซิทาไมด์ (acetamide group) ส่วนของไคโตซานเป็นหมู่อะมิโน (amino group)

ไคตินและไคโตซานเป็นโคพอลิเมอร์ (copolymer) ที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ (monomer) 2 ชนิด คือ *N* -acetyl-D-glucosamine และ D-glucosamine

N -acetyl-D-glucosamine มีหมู่อะซิทาไมด์เป็นหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส ส่วน glucosamine มีหมู่อะมิโนเป็นหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองในวงแหวนไพราโนส ในกรณีที่พอลิเมอร์ประกอบด้วย *N* -acetyl-D-glucosamine มากกว่า glucosamine จะเรียกพอลิเมอร์นั้นว่า ไคติน แต่ถ้าในกรณีที่พอลิเมอร์ประกอบด้วย *N* -acetyl-D-glucosamine น้อยกว่า glucosamine จะเรียกพอลิเมอร์นั้นว่า ไคโตซาน การเตรียมไคโตซานจากไคตินทำได้โดยการทำปฏิกิริยาดิอะซิทิเลชัน ซึ่งจะเปลี่ยนหมู่แทนที่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สองใน วงแหวนไพราโนสจากหมู่อะซิทาไมด์เป็นหมู่อะมิโน

จากลักษณะโครงสร้างที่เป็นโคพอลิเมอร์ของไคตินและไคโตซาน จึงทำให้มีการกำหนดค่าดัชนีที่จะใช้บอกระดับของการเกิดดิอะซิทิเลชัน เรียกค่าดัชนีนี้ว่า ค่าระดับของการเกิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดิอะซิทิเลชัน (degree of deacetylation) ค่านี้จะบอกถึงสัดส่วนจำนวน D-glucosamine ที่มีอยู่ในสาย พอลิเมอร์ของไคตินและไคโตซาน

ไคตินเป็นสารประเภทโพลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) ที่มีมากในธรรมชาติเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส เป็นสารที่พบเป็นองค์ประกอบในเปลือกของสัตว์มีกระดองประเภท กุ้ง ปู หอย ปลาหมึก และสัตว์อื่นๆ ที่มีเปลือกแข็งหุ้มตัว รวมทั้งพบเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ของเห็ดราและสาหร่ายบางชนิด วัตถุดิบที่เป็นแหล่งสำคัญที่ใช้ในการผลิตไคตินได้แก่ เปลือกกุ้ง และเปลือกปูที่เป็นของเสียจากอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็ง

สมบัติทางเคมีและกายภาพของไคตินและไคโตซาน

โครงสร้างทางเคมีของไคตินและไคโตซานมีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลส (ภาพ 2.3 ก) คือเป็นสายโซ่ของแซคคาไรด์แต่มีอะตอมของไนโตรเจนเข้าไปเติมแต่งอยู่ เมื่อหน่วยแซคคาไรด์นั้นมีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในรูปของอะเซตาไมด์ จะเรียกหน่วยนั้นว่า ไคติน (ภาพ 2.3 ข) ขณะเดียวกันหากหน่วยนั้นๆ มีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในรูปของหมู่อะมิโน จะเรียกหน่วยนั้นว่า ไคโตซาน (ภาพ 2.3 ค) เป็นที่น่าสังเกตว่าสายโซ่ที่มีหน่วยของไคตินและไคโตซานจะอยู่ในรูปที่ผสมกันอยู่สลับหน่วยปะปนกันไปเป็นไคพอลิเมอร์ ดังนั้นสารไคตินที่สกัดได้จากเปลือกกุ้งหรือเปลือกปู แม้ว่าจะมีหน่วยไคตินเป็นหลักอยู่ในสายโซ่ก็ตาม ก็จะมีหน่วยของไคโตซานปะปนอยู่จำนวนหนึ่ง (ประมาณ 5 – 10 เปอร์เซ็นต์) หรือแม้ว่าจะนำไคตินมาผ่านกระบวนการปรับโครงสร้างทางเคมีด้วยการเปลี่ยนหมู่อะเซทาไมด์เป็นหมู่อะมิโน ก็จะไม่สามารถได้สายโซ่นี้ในรูปของไคโตซาน 100 เปอร์เซ็นต์ เกณฑ์ที่เป็นที่เข้าใจในกลุ่มนักวิจัยคือ ในกรณีที่สายโซ่มีหน่วยของไคโตซานเกินกว่า 70 – 75 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะเรียกว่า ไคโตซาน

กรรมวิธีการตรวจสอบโครงสร้างของไคตินและไคโตซานเพื่อให้ได้คำตอบว่า มีหน่วยไคตินกี่เปอร์เซ็นต์หรือมีหน่วยไคโตซานกี่เปอร์เซ็นต์ ได้แก่ วิธีวิเคราะห์ธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน (CHN Analysis หรือ Elemental Analysis) วิธีการวิเคราะห์ประเภทของโปรตอนด้วย ^{1}H-NMR วิธีการวิเคราะห์ปริมาณหมู่อะมิโนจาก Quantitative FTIR การระบุว่าสายโซ่นั้น มีปริมาณหน่วยไคตินเท่าไร หน่วยไคโตซานเท่าไร จึงเป็นอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญในการทำความรู้จักกับสารประเภทนี้ โดยทั่วไปจะอ้างถึงปริมาณเปอร์เซ็นต์ของหมู่อะมิโน และเรียกว่า ระดับของการถอดหมู่อะเซติล หรือ Degree of Deacetylation (%DD) ซึ่งนั่นก็คือเปอร์เซ็นต์ของหน่วยไคโตซานนั่นเอง เช่น %DD 80 หมายถึง สายโซ่ไคตินและไคโตซานนี้มีหน่วยที่เป็นไคโตซานเป็นสัดส่วน 80 ของทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

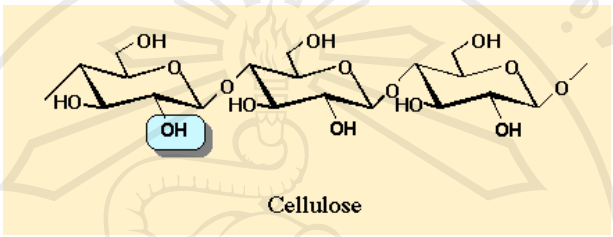
ดังได้กล่าวในหัวข้อข้างต้น ไคตินและไคโตซานมีโครงสร้างที่แข็งแรงด้วยพันธะไฮโดรเจนอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ดังนั้นโมเลกุลของตัวทำละลายจึงไม่สามารถแทรกผ่านและทำพันธะกับสายโซ่ของไคตินและไคโตซานได้ จึงพบว่า ไคตินและไคโตซานจะไม่ละลายในตัวทำละลายทั่วไป และบ่อยครั้งที่สารจะบวมหรือพองตัวในตัวทำละลายเท่านั้นแต่ไม่ละลายอย่างสมบูรณ์ ในกรณีของไคติน พบว่าในตังทำละลายทั่วไปเช่น น้ำ กรดเจือจาง ด่างทั้งเจือจางและเข้มข้น แอลกอฮอล์และตัวทำละลายอินทรีย์อื่นๆ ไม่สามารถที่จะทำให้ไคตินละลายได้ ในขณะเดียวกันกรดเข้มข้นจำพวกไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก และกรดฟอร์มิก จะทำให้การละลายเกิดได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากกรดเข้มข้นดังกล่าวมีปริมาณโปรตอนมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดไอออนบวกที่ตำแหน่งอะเซตาไมด์ และทำให้ตำแหน่ง C-2 ของไคตินกลายเป็นไอออนบวก พันธะไฮโดรเจนจึงสลายลง ในขณะเดียวกันพันธะไอออนถูกสร้างขึ้นระหว่างไอออนลบของกรดประเภทนั้นๆ ทำให้การละลายเกิดขึ้น กรณีของไคโตซานก็เช่นเดียวกัน ตัวทำละลายที่รู้จักกันดีคือ กรดมดและกรดอะซิติก ทั้งนี้เนื่องจากกรดดังกล่าวสามารถแตกตัวทำให้หมู่อะมิโนเป็นไอออนบวก และสามารถสร้างพันธะไอออนกับไอออนลบที่แตกตัวอยู่ในกรด นอกจากนี้กรดทั้งสองประเภทยังไม่ทำลายโครงสร้างของไคโตซาน ทั้งยังหาง่ายและราคาถูก จึงเป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย และเหมาะสำหรับการเตรียมไคโตซานเป็นชิ้นงานอื่นๆ โดยกระบวนการปรับโครงสร้างทางกายภาพ เช่น จากสารละลายไคโตซาน สามารถขึ้นรูปเป็นเจล บีดส์ หรือเมมเบรนได้

สมบัติทางเคมีของไคโตซานที่น่าสนใจคือ หมู่อะมิโนในมุมมองของหมู่ที่สามารถทำให้ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีประจุบวก (Cationic polymer) กล่าวคือ เมื่อไคโตซานถูกละลายในสารละลายกรดจำพวก กรดอะซิติก หรือกรดมด หมู่อะมิโนจะกลายเป็นอะมิโนที่มีประจุบวก ($-NH_3^+$) หรือพร้อมที่จะแป็น Quaternary salt ซึ่งทำให้ไคโตซานมีสมบัติเป็นพอลิเมอร์ประจุบวก ประเด็นนี้เป็นประเด็นที่สำคัญมาก เนื่องจากในเซลล์หรือเนื้อเยื่อในสิ่งมีชีวิต ส่วนใหญ่จะเป็นพอลิเมอร์ที่เป็นประจุลบอยู่ เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก เป็นต้น ดังนั้น ไคโตซานในรูปของ พอลิเมอร์ประจุบวกนี้จึงสามารถสร้างพันธะไอออนิกและก่อตัวเป็นชั้นบางๆ ของไคโตซนได้ดีบนผิวของเซลล์ต่างๆ

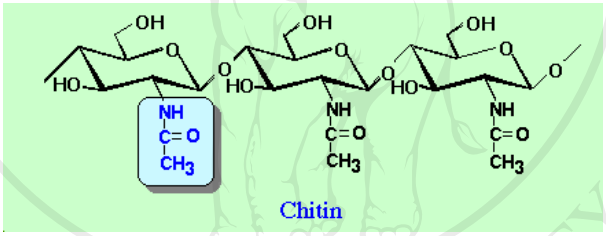
สมบัติการเป็นพอลิเมอร์ประจุบวกจากตำแหน่งของหมู่อะมิโนนี้ ยังนำไปสู่สมบัติการป้องกันเชื้อราหรือแบคทีเรียได้อีกด้วย Uchida *et al.*, 1988 รายงานถึงการความสามารถในการยับยั้งเจริญเติบโตของเชื้อ *E. Coli* ของไคโตซานว่า เชื้อ *E. Coli* ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เมื่อมีสารไคโตซาน ทั้งนี้จากแนวโน้มของผลการทดลองเป็นไปได้ว่า ผลการยับยั้งการเจริญเติบโตนี้น่าจะมาจากหมู่อะมิโนในไคโตวานสร้างพันธะไอออนิกกับผนังเซลล์ของเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

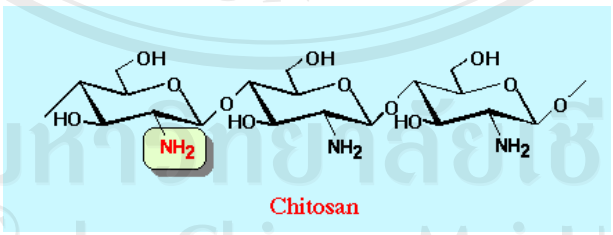
E. Coli ที่มีความเป็นลบอยู่ ทำให้เซลล์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ส่งผลให้ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์แปลกปลอมนี้ได้



ก



ข



ค

ภาพ 2.3 โครงสร้างของเซลลูโลส (ก) ไคติน (ข) ไคโตซาน (ค)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของไคตินและไคโตซาน (สุวลี, 2544)

ปัจจุบันสารไคตินและไคโตซาน ได้ถูกนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนอย่างมากมาย อันที่จริงแล้วสารไคตินและไคโตซานไม่ใช่สิ่งใหม่หรือแปลกปลอมสำหรับชีวิตมนุษย์ แต่เป็นสารที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้อย่างคุ้มค่าและมีประโยชน์อย่างแท้จริง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะยังขาดความรู้ความเข้าใจตลอดจนข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ จนทำให้สารไคตินและไคโตซานถูกละเลยไว้เบื้องหลัง ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยและมีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่พิสูจน์ยืนยันว่าสารไคตินและ ไคโตซานนี้เป็นสารที่มีประโยชน์ เนื่องจากสารไคตินและไคโตซานมีความหลากหลายและโดดเด่นในทางเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสิทธิภาพของการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับสารที่มีประจุลบ และสามารถเกิดการดูดซับอิออนของโลหะหนักด้วยกรรมวิธีเคมีเชิงซ้อน ทำให้มีการนำเอาไคตินและไคโตซานมาใช้ในด้านการจับและดูดซับเพื่อการแยกสิ่งปฏิกูลต่างๆ ที่ละลายในน้ำเสีย โดยสามารถแยกเอาตะกอนแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ในทางอื่นๆ อีกได้ อาทิเช่น อาหารสัตว์ และปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น การประยุกต์ใช้สารไคตินและไคโตซานในผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมต่างๆ อาจแบ่งได้ดังนี้

1. ด้านการเกษตร

ปัจจุบันนี้ไคตินและไคโตซานมีบทบาทอย่างมากในการนำไปใช้ทางการเกษตร เนื่อง จากคุณสมบัติที่เด่นของมันในการเป็นตัวกระตุ้นให้พืชสร้างสารป้องกันตัวมันเองขึ้นได้ (elicitor) และยังมีผลในการต้านทานเชื้อราบางชนิดที่ทำให้เกิดรากโคนเน่าในพืชได้ จึงมีการนำมาฉีดพ่นบนพืชผัก พืชดอก พืชผลและนาข้าว ซึ่งได้ผลในทางบวกทั้งสิ้น นอกจากจะใช้กับพืชแล้วเกษตรกร ยังนำไปใช้ผสมในอาหารสัตว์ ช่วยให้สัตว์เจริญเติบโตแข็งแรงมีสุขภาพดี มีภูมิต้านทานโรคที่มีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์หลายชนิดได้ และยังนำไปใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เช่น ในการเลี้ยงกุ้ง ช่วยให้กุ้งลอกคราบได้ดี และมีสุขภาพแข็งแรง นอกจากนี้ยังใช้ในการปรับสภาพน้ำและสภาพดินในการเลี้ยงกุ้ง ปู ปลา ฯลฯ ทำให้มีการเริ่มใช้ไคตินและไคโตซานในการเกษตรและเริ่มเป็นที่รู้จักในกลุ่มเกษตรกร ถ้าหากเกษตรกรมีความเข้าใจและศึกษาข้อมูลที่ถูกต้องในการใช้ไคตินและไคโตซานอย่างเหมาะสมจะเป็นการสร้างทางเลือกใหม่ให้เกษตรกรลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรลงไปได้ ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการลดมลภาวะและรักษาสิ่งแวดล้อม และลดการนำเข้าของสารเคมีทางการเกษตรจากต่างประเทศ นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตรได้

2. ด้านอาหาร

ในหลายประเทศได้ขึ้นทะเบียนไคตินและไคโตซาน เป็นสารที่ใช้เติมในอาหารและยา โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่นได้มีผลิตภัณฑ์อาหารที่ผสมไคตินและไคโตซานเป็นจำนวน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากออกมาวางขายในท้องตลาดเป็นเวลานานแล้ว จากคุณสมบัติที่สามารถต่อต้านจุลินทรีย์และเชื้อราบางชนิด จึงมีการใช้สารไคตินและไคโตซานเป็นสารกันบูด สารปรุงแต่งเพื่อความคงรูปและคงสีในอาหารต่างๆ สารเคลือบอาหารและผักผลไม้

3. ด้านการแพทย์และเภสัชกรรม

ปัจจุบันมีรายงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนถึงคุณสมบัติในการลดสารไขมันบางชนิด เช่น คอเลสเตอรอล ซึ่งทำให้สารไคตินและไคโตซานมีบทบาทในอาหารเสริมที่ใช้ลดไขมันและลดน้ำหนัก การใช้เป็นผิวหนังเทียม การรักษาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก การรักษาเหงือกและฟัน การใช้รักษาและเสริมสร้างสุขภาพของกระดูกอ่อน การใช้เป็นสารหล่อลื่นในเยื่อเมือกตลอดจน เลนส์ตา การช่วยให้เลือดแข็งตัวเร็วขึ้น เป็นต้น

4. ด้านเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

ไคตินและไคโตซานมีสมบัติโดดเด่นในการอุ้มน้ำและเป็นตาข่ายคลุมผิวหนังตลอดจนต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ได้ จึงใช้เป็นทั้งสารเติมแต่งและสารพื้นฐานของเครื่องสำอางหลายประเภท อาทิเช่น ผสมในแป้งทาหน้า ทั้งแบบแป้งแข็งและแป้งฝุ่น เพื่อความชุ่มชื้นและป้องกันเชื้อโรค เป็นส่วนประกอบของแชมพู ครีม และสบู่ทุกรูปแบบ ผสมในโลชั่นสำหรับเคลือบเพื่อป้องกันตลอดจนบำรุงผิวและเส้นผม

5. ด้านอุตสาหกรรมสิ่งทอและกระดาษ

อุตสาหกรรมสิ่งทอและกระดาษเป็นอุตสาหรรมที่มีศักยภาพทางเศรษฐกิจของประเทศสูงมากในยุคปัจจุบัน การใช้ไคตินและไคโตซานเพื่อพัฒนาเสื้อผ้าและสิ่งทอที่สามารถป้องกันและต้านทานเชื้อโรคได้ ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่ในอนาคตอันใกล้นี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสหรัฐอเมริกาได้วางนโยบายระดับชาติในด้านสิ่งทอที่ป้องกันการติดเชื้อได้เป็นเวลานานมาแล้วและได้ดำเนินการมาโดยตลอดเพื่อการเป็นผู้นำเทคโนโลยีใหม่นี้ นอกจากนี้ไคตินและไคโตซานยังมีคุณสมบัติโดดเด่นในการเสริมสร้างความเหนียวและแข็งแรงให้แก่เส้นใยและเยื่อกระดาษ ซึ่งสามารถนำมาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพให้แก่กระดาษและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดพิเศษเพื่อใช้ในการพิมพ์ด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ทันสมัย

6. ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ

จากคุณสมบัติการเป็นเส้นใยและพลาสติกที่ย่อยสลายได้ตามธรรมชาติของไคตินและไคโตซาน ทำให้ไคตินและไคโตซานถูกนำมาใช้เพื่อทำเป็นสารห่อหุ้มเอนไซม์และเซลล์ต่างๆ ได้ด้วยเทคนิคอิมโมบิลไลเซชั่น การใช้เป็นตัวแยกสารโดยวิธีโครมาโตรกราฟี การใช้ทำขั้วไฟฟ้าทางชีวภาพเพื่อการวิเคราะห์และตรวจสอบสารต่างๆ นอกจากนี้จากลักษณะที่โดดเด่นเฉพาะตัวของไคตินและ ไคโตซานซึ่งสามารถขึ้นรูปได้หลากหลายรูปแบบ ทำให้ไคตินและไคโตซานถูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำมาขึ้นรูปเป็นแผ่นเยื่อบางเพื่อใช้ในการกรองแยกด้วยเทคนิคต่างๆ อาทิ ไดอะไลซิส อัลตราฟิลเตรชั่น นาโนฟิลเตรชั่น และรีเวอร์สออสโมซิส เป็นต้น การใช้ไคตินและไคโตซานย่อมปราศจากสารตกค้างและสามารถย่อยสลายโดยธรรมชาติไปเป็นปุ๋ยให้กับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังปลอดมลพิษและสารที่แยกได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้ในทางชีวภาพ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ทั้งสารที่ถูกแยกและสารที่ใช้แยก จึงเป็นกระบวนการที่เกิดการหมุนเวียนทางชีวภาพ ซึ่งนำไปสู่การพิทักษ์รักษาคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาแบบยั่งยืน

7. การบำบัดน้ำเสียการการทำน้ำบริสุทธิ์

ปัจจุบันในหลายประเทศที่มีกฎระเบียบและข้อจำกัดในการใช้สารเคมีเพื่อการบำบัดน้ำเสีย ได้เปลี่ยนมาใช้สารไคโตซานในการรวมตะกอนและตกตะกอน แล้วตะกอนที่ได้นั้นนำไปพัฒนาใช้เป็นอาหารสัตว์และปุ๋ยชีวภาพ โดยพิจารณาจากแหล่งของน้ำเสียเหล่านั้น อาทิเช่น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสัตว์น้ำซึ่งมีโปรตีนสูง สามารถใช้ไคโตซานตกตะกอนได้เป็นอย่างดี จากนั้นตะกอนที่ได้นำไปใช้ต่ออย่างมีประโยชน์ นอกจากนี้ในการทำน้ำสะอาดและบริสุทธิ์ เช่นการทำน้ำดื่ม น้ำที่ใช้ในการล้างผิวโลหะที่ต้องการความบริสุทธิ์สูง (super pure water) สามารถใช้ ไคโตซานจับพวก trace element ที่ละลายปนเปื้อนในปริมาณที่น้อยมากออกมาได้ โดยเทคโนโลยีสมัยใหม่ของการใช้ไคโตซานในการขึ้นรูปแบบต่างๆ ในการผลิตน้ำบริสุทธิ์เหล่านั้น ประเทศไทยเรามีศักยภาพสูงมากในการที่จะพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ไปสู่การใช้ประโยชน์อย่างแท้จริง

นอกจากไคตินและไคโตซานจะมีประโยชน์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ไคโตซานยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเกิดโรคหลังเก็บเกี่ยวได้ ตัวอย่างของการใช้ประโยชน์จากไคโตซาน เช่น El-Ghaouth *et al.* (1992) ได้ทดลองกับมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเคลือบผิวด้วยไคโตซานที่ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะให้ผลในการยืดอายุการเก็บรักษาดีกว่ากลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิวตลอดการทดลอง นอกจากนี้ยังพบการลดลงของการเกิดโรคจาก *Botrytis cinerea* ซึ่งเป็นเชื้อหลักที่ทำให้เกิดโรคในมะเขือเทศ เมื่อเก็บไว้นาน 4 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจะต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

El-Ghaouth *et al.* (1991) พบว่าไคโตซานความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ที่เคลือบลงบนผลสตรอเบอรี่สด แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส สามารถยับยั้งโรคจากเชื้อราในช่วง 21 วันแรกของการเก็บรักษาได้ไม่แตกต่างจากการใช้สาร Rovral ซึ่งเป็นสารยับยั้งเชื้อรา แต่หลังจากนั้นไคโตซานจะยับยั้งการเกิดโรคได้ดีกว่าสาร Rovral อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้เหตุผลในการทดลองว่า หลังจาก 21 วันแล้วสาร Rovral จะเกิดอาการเป็นพิษ (phytotoxicity) ต่อผลสตรอเบอรี่ เกิดบริเวณฉ่ำน้ำ (water-soaked areas) ทำให้เกิดโรค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มากกว่าชุดที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน และการที่ไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้ง เชื้อราโดยตรงจากไคโตซานเอง หรือการเหนี่ยวนำให้เกิด เอนไซม์ (chitinase และ ß1,3-glucanase) มาย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา และการกระตุ้นการสร้างสารต่อต้านเชื้อรา (phytoalexin) ของผลสตรอเบอรี่ หรือทั้ง 3 สาเหตุร่วมกัน

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งกับไคโตซานที่สกัดจากผนังเซลล์ของเชื้อรา *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* พบว่าไคโตซานที่สกัดจากเปลือกกุ้งมีผลต่อการสร้างสาร phytoalexin ของถั่วมากกว่าไคโตซานที่สกัดจากผนังเซลล์ของเชื้อรา (Haswiger and Beckman, 1980)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved