บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลำไย (longan) เป็นพืชในตระกูล Sapindaceae ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Dimocarpus longan* Lour. และจัดเป็นไม้ผลกึ่งร้อน มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า longan, lungan, longya และ dragon's eye (ธวัชชัย, 2542) และมีหลายสายพันธุ์ แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกมากที่สุด คือ พันธุ์ดอ

ลำไยพันธุ์ดอหรืออีดอ เป็นลำไยกลุ่มกะโหลก เป็นพันธุ์เบา ออกดอกและเก็บผลก่อนพันธุ์อื่น ให้ผลผลิตสูง ต้นเป็นทรงพุ่มกว้างมน ลำต้นไม่ค่อยแข็งแรง กิ่งเปราะหักง่าย ทนแล้งและทนน้ำปานกลาง ใบเป็นใบรวม ใบย่อยจะเรียงสลับกัน ออกดอกเป็นช่อยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ก้านช่ออวบแข็ง ดอกเป็นสีขาว หรือสีขาวออกเหลือง ขนาดประมาณ 6-8 เซนติเมตร แบ่งออกเป็นดอกเพศผู้ ดอกเพศเมีย และดอกสมบูรณ์เพศทั้ง 3 ชนิด อาจพบในช่อเดียวกัน ออกดอก ติดผลง่าย ผลมีขนาดปานกลางถึงค่อนข้างใหญ่ หนัก 18.5 กรัม/ผล ทรงกลมแป้น เบี้ยวเล็กน้อย ยกบ่าข้างเดียว และบริเวณฐานผล (หัวขั้ว) บุ๋ม เส้นผ่านศูนย์กลางผลกว้างประมาณ 2.6 เซนติเมตร ส่วนแคบ 2.3 เซนติเมตร ส่วนสูงประมาณ 2.4 เซนติเมตร เปลือกสีเขียวปนเขียวน้ำตาล (ธวัชชัย, 2542) ผิวด้านนอกของเปลือกผลลำไยมีรูเปิดธรรมชาติ ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยแตกทั่วผิวผล มีคิวติเคิลบางๆ ปกคลุมไม่ต่อเนื่อง มีไตรโคม(trichomes) และสโตมาตา (stomata) กระจายที่ผิวเปลือก ความหนาของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอ คือ 518-644 ไมโครเมตร (เฉลี่ย 575 ไมโครเมตร) สามารถแบ่งตามรูปร่างและการจัดเรียงตัวของเซลล์ได้เป็น 3 ชั้น คือ ชั้นนอก (exocarp) และชั้นกลาง (mesocarp) ซึ่งมีความหนาประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของความหนาทั้งเปลือก และชั้นใน (endocarp) ขณะที่ผิวด้านในของเปลือกผลลำไยมีสีขาวและมีลักษณะเป็นลูกคลื่นเล็กน้อย (Jaitrong, 2007) นอกจากนี้ยังพบเชื้อราที่เปลือกด้านนอกเป็นจำนวนมาก (Suwanakood, 2007)

ผลลำไยพันธุ์ดอมีช่วงการเจริญเติบโตนับตั้งแต่ติดผลจนกระทั่งผลแก่ใช้เวลาประมาณ 21 สัปดาห์ ชาวสวนส่วนใหญ่มีความชำนาญในการที่จะดูว่าผลลำไยแก่พร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้แล้ว โดยสังเกตจากเปลือกด้านนอกเรียบ เปลือกด้านในมีลักษณะเป็นร่างแห เมล็ดเป็นสีดำ เนื้อมีรสหวาน ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 16-22 เปอร์เซ็นต์ (Paull and Chen, 1987 อ้างโดย พาวิน, 2543)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บเกี่ยวลำไยนิยมใช้แรงงานคนไปหักช่อผลลำไยแล้วนำผลผลิตลำไยไปรวบรวมไว้ในที่ร่มใต้ต้นลำไย เพื่อคัดคุณภาพและตัดแต่งช่อผล คัดเอาผลที่เล็ก ลีบ แตก รวมทั้งผลที่มีโรคและแมลงทำลายออก ตัดแต่งก้านที่ไม่มีผลทิ้ง (ก้านลำไยควรมีไม่เกินร้อยละ 20 ของน้ำหนัก) เพื่อให้ได้ช่อผลที่มีลักษณะสวยงาม (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542)

การบรรจุ หีบห่อ ปัจจุบันภาชนะที่ใช้ในการบรรจุลำไยเพื่อนำไปจำหน่ายมีดังนี้

1. ตะกร้าพลาสติก ในปัจจุบันพ่อค้าส่งออก นิยมบรรจุลำไยในตะกร้าพลาสติกซึ่งบรรจุได้ 10 - 11 กิโลกรัม การบรรจุโดยนำช่อผลลำไยที่คัดเกรดแล้วเรียงลงในตะกร้าโดยด้านหน้า ตะกร้าจะต้องเรียงช่อลำไยโดยไม่ให้เห็นก้านช่อหรือเห็นก้านช่อน้อยที่สุด

2. กล่องกระดาษที่ใช้บรรจุลำไยสด จะมีขนาดบรรจุลำไยได้ประมาณ 10 กิโลกรัม และ 15 กิโลกรัม (พาวิน, 2543)

ในการซื้อขายลำไยจะแบ่งออกเป็นเกรดโดยอาศัยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผลดังนี้ (พิทยาและพาวิน, 2545)

เกรด	เส้นผ่านศูนย์กลางของผล (เซนติเมตร)
AA	มากกว่า 2.5
A	2.2-2.5
B	2.0-2.2
C	น้อยกว่า 2.0

สาเหตุความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไย

ซิง ชิง (2520) ได้สรุปถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผลลำไยซึ่งมี 3 สาเหตุ ที่สำคัญ คือ

1. อายุการเก็บรักษา

อายุของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษามักจะสั้นกว่าผลไม้ชนิดอื่น จากการศึกษาพบว่า อายุการเก็บรักษาผลลำไยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ กล่าวคือ ที่อุณหภูมิห้อง ลำไย 2 ใน 3 ส่วนที่เก็บไว้จะเน่าเสียภายใน 4 วัน และผลลำไยทั้งหมดจะเน่า ถ้าเก็บรักษาไว้นานเกิน 1 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส จะยืดเวลาการเน่าเสียได้อีก 2 วัน ลำไยประมาณ 20% จะเน่าเสียเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 สัปดาห์และลำไยทั้งหมดที่เก็บรักษาจะเน่า หากเก็บไว้นานเกินกว่า 2 สัปดาห์ (ซิง ชิง, 2520)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. บาดแผลและความบอบช้ำในระหว่างเก็บรักษา

บาดแผลและรอยช้ำที่เกิดกับผลลำไยมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเน่าของผลลำไยสูง จากการทดลองใช้เข็มหมุดแทงทะลุเปลือกถึงเนื้อผล ผลละ 3 แห่ง พบว่า ประมาณ 75% ของผลที่มีบาดแผลจะเน่าเสียภายใน 4 วัน เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะที่ผลที่ไม่ได้ทำแผลเสียหายเพียง 30% (ซิง ชิง, 2520)

ความบอบช้ำระหว่างการขนส่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการเน่าเสีย จากการทดลอง พบว่า ผลลำไยที่ใช้มือกดสร้างความบอบช้ำเน่าเสียหาย 70% เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 11.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 วัน ในขณะที่ผลที่ไม่ได้บอบช้ำเน่าเสียเพียง 37 % (ซิง ชิง, 2520)

3. เชื้อจุลินทรีย์

ลำไยมักเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย ผิวเปลือกลำไยประกอบด้วยขนปกคลุมจำนวนมาก บางบริเวณมีคิวติเคิลปกคลุมอยู่ ทำให้สปอร์ของเชื้อราไปเกาะอยู่ที่ผิวเปลือก ขน และบนคิวติเคิล และก่อให้เกิดโรคผลเน่าได้

ศักดิ์มนตรี (2537) ได้ทำการศึกษาการแยกเชื้อราจากช่อดอก กิ่งดอก และยอดลำไย พบว่า เชื้อที่แยกได้ทั้งหมด 11ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger, Aspergillus flavus, Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp. และ *Pestalotiopsis* sp. เชื้อที่ไม่สามารถระบุชื่อใน Spheropsidaceae 1 ชนิด และใน Deuteromyces อีก 4 ชนิด

Suwanakood (2007) ศึกษาพัฒนาการของโรคผลเน่าจากเชื้อราบนเปลือกและขั้วผลลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว โดยแยกเชื้อจากเปลือกและขั้วของผลลำไยโดยวิธี tissue transplanting พบเชื้อรา 12 จีนัส ได้แก่ *Aspergillus, Cladosporium, Colletotrichum, Fusarium, Lasiodiplodia, Mucor, Penicilium, Pestalotiopsis, Phomopsis, Rhizopus, Trichoderma, Verticillium* และอีก 7 ไอโซเลท ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้ จากการทดสอบความสามารถในการก่อโรคเน่าบนผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว โดยวิธีการปลูกเชื้อลงบนเปลือกและขั้วผล พบว่า เชื้อราในจีนัส *Lasiodiplodia, Pestalotiopsis, Colletotrichum, Aspergillus, Cladosporium, Fusarium, Phomopsis* และ *Trichoderma* ทำให้เกิดโรคผลเน่าในลำไยที่ใช้ทดสอบได้รุนแรงที่สุดและลดหลั่นลงตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อรา *Lasiodiplodia* sp.

ในการจัดลำดับขั้นทางอนุกรมวิธานนั้น Alexopoulos *et al.* (1996) ได้จัดเชื้อรา *Lasiodiplodia* sp. จัดอยู่ใน

Phylum Ascomycota
Group Deuteromycetes
Subgroup Ceolomycetes

Lasiodiplodia sp. เป็นเชื้อราชั้นสูงชนิดหนึ่ง มีเส้นใยที่แตกแขนงมีผนังกั้นตามขวาง มีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการสร้างโคนิเดีย (conidia) จากโคนิดิโอจีนัสเซลล์ (conidiogenous cells) ในพิคนิเดีย (pycnidia) และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เรียกว่า เชื้อ *Botryodiplodia* sp.

พิคนิเดียม หรือ โคนิดิโอมาตา (conidiomata) จะอยู่ในสโตรมา (stroma) อย่างแท้จริง มีทั้งแบบ unilocular และ mutilocular เส้นใยอาจจะติดกันอยู่ในอาหาร หรืออยู่บนผิวอาหาร จะแยกกันอยู่อย่างเดี่ยวๆ หรืออยู่ติดกันรวมกันเป็นกลุ่ม มีรูปร่างค่อนข้างกลม แข็ง มีสีน้ำตาลเข้ม

ภายในพิคนิเดียมไม่มีโคนิดิโอฟอร์ (conidiophore) มีเพียงแต่โคนิดิโอจีนัสเซลล์ (conidiogenous cells) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทำหน้าที่สร้างโคนิเดีย โคนิดิโอจีนัสเซลล์เป็นแบบโฮโล-บลาสติก (holoblastic) คือ โคนิดิโอจีนัสเซลล์ เกิดจากผนังด้านในของพิคนิเดียม โคนิดิโอจีนัสเซลล์มีจำนวนคงที่แน่นอน ที่สามารถใช้ในการจัดจำแนกชนิดได้ ซึ่งแต่ละอันจะแยกกันอยู่อย่างเดี่ยวๆ โดยมีพาราไฟซิส (paraphyses) กั้น โคนิดิโอจีนัสเซลล์มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก ใส ผิวเรียบ สร้างโคนิเดียแบบ acrogenous ไม่มีการสร้างโคนิเดียที่ต่อกันเป็นเส้นยาวๆ ที่เรียกว่า percurrent และไม่มีการสร้างโคนิเดียแบบซิกแซก ที่เรียกว่า sympodial proliferation โคนิเดียที่ยังไม่แก่จะใส แต่ต่อมาจะมีการสร้างผนังกั้นขึ้น 1 อัน เป็นผนังกั้นตามขวาง มีสีน้ำตาลเข้มขึ้น ผนังจะหนาและเหนียวขึ้น โคนิเดียมีรูปร่างรี ด้านฐานมีลักษณะเป็นหน้าตัด มีลายเส้นตามยาวจากฐานถึงยอด พาราไฟซิสที่เกิดขึ้นจะมีสีใส เป็นรูปทรงกระบอกและมีผนังกั้น (Ainsworth, 1973)

Lasiodiploia sp. เป็นเชื้อราสาเหตุของโรคพืชหลายชนิดด้วยกัน เช่น กล้วย ลิ้นจี่ เงาะ มะม่วง น้อยหน่า ทุเรียน พืชตระกูลแตง และลำไย เป็นต้น ทำให้เปลือกผลไม้มีสีน้ำตาลคล้ำ มีของเหลวไหลออกมาเปื้อนผล มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว มีเส้นใยของเชื้อราขึ้นปกคลุม ในลำไยจะทำให้ขั้วผลเน่าเป็นสีน้ำตาล เนื้อผลมีสีขาวขุ่น (ธิดา,2535) เชื้อสาเหตุโรคของลำไยอาจเริ่มเจริญแฝงอยู่ตั้งแต่ในระยะที่เป็นดอกหรือผลอ่อน โดยที่ยังไม่แสดงอาการของโรค (ลักษณะ endophytic fungi) หรือเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ตามเปลือกผลอาจเข้าทำลายได้ในระหว่างการจัดการหลังการเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยว ซึ่งหากมีการจัดการไม่ถูกวิธี จะเกิดรอยแผลที่สร้างความบอบช้ำจากการขนส่ง การบรรจุหีบห่อ หรือมีแมลงเข้าทำลาย ซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้เชื้อราเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น ทำให้ผลลำไยเกิดการเน่าหรือมีน้ำหวานไหลออกมาจากรอยแผลที่เปลือกและเชื้อสามารถลุกลามทำความเสียหายให้แก่ผลลำไยปกติอื่นๆ ที่บรรจุในภาชนะเดียวกัน (จริยา, 2543)

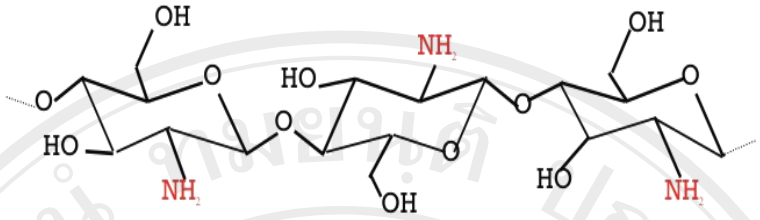
Suwanakood (2007) พบว่า *L. theobromae* เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดโรคเน่าในลำไยพันธุ์ดอหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำให้เกิดรอยคล้ำที่เปลือกด้านนอกภายใน 6 ชั่วโมง มีเส้นใยของเชื้อเจริญแผ่ออกมาบางๆ ที่ผิวเปลือกลำไย และในชั่วโมงที่ 12 จะพบรอยคล้ำสีน้ำตาลแผ่เป็นวงกว้างมากขึ้นที่ผิวเปลือกด้านนอก และพบที่เปลือกด้านใน เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่า ที่เปลือกด้านในมีเส้นใยของเชื้อที่เจริญทะลุชั้นเอนโดคาร์ป (endocarp) เข้ามาภายในช่องว่างระหว่างเปลือกและเนื้อของผล เนื้อผลจะเน่าเละ และเน่าทั้งหมดภายใน 48 ชั่วโมง เมื่อตัดเนื้อเยื่อด้านข้างของผลลำไยระยะนี้ไปศึกษาภายใต้กล้อง SEM พบว่าภายในเนื้อเยื่อของเปลือกจะมีเส้นใยของเชื้อราจำนวนมาก และพบหนาแน่นในเนื้อเยื่อของท่อลำเลียง ส่งผลให้เนื้อเยื่อเปลือกชั้นในเปื่อย หลุดขาดเป็นแห่งๆ ในส่วนของขั้วผลที่ปลูกเชื้อพบเส้นใยเจริญหนาแน่น ตรงขั้วผล และเนื้อผลบริเวณรอบๆ ขั้วจะเน่าเละมีสีค่อนข้างเหลือง

ไคโตซาน (Chitosan)

ไคโตซาน เป็นวัสดุชีวภาพในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตผสม ที่ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจนติดอยู่ด้วย ทำให้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นและหลากหลายมีประสิทธิภาพสูงในกิจกรรมชีวภาพ และยังย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ เป็นสารที่มีความปลอดภัยในการใช้กับมนุษย์ สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ของหน่วยย่อยที่ชื่อว่า *N*-acetyl-D-glucosamine การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ทำให้ไคตินเปลี่ยนไปเป็นไคโตซาน คือ การลดลงของหมู่อะซีติลหรือเรียกว่า deacetylation มีการลดลงของหน่วยย่อย *N*-acetyl-D-glucosamine และเป็นการเพิ่มขึ้นของ glucosamine การจัดระดับของการ deacetylation มีค่าร้อยละหรือเรียกว่า Percent Deacetylation (%DD) กล่าวคือ ในพอลิเมอร์มีค่า %DD เกินกว่า 60 % ขึ้นไป การเพิ่มขึ้นของหมู่อะมีนของ glucosamine ทำให้มีความสามารถในการรับโปรตอน จากสารละลายได้เพิ่มขึ้น จึงช่วยในการละลายดีขึ้น เพราะมีสมบัติของประจุบวกเพิ่มขึ้น ฉะนั้นไคโตซานจึงสามารถละลายได้ดีในกรดต่างๆ เช่น กรดน้ำส้ม กรดแลคติก และกรดอินทรีย์อื่นๆ (กมลศิริ, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2.1 โครงสร้างไคโตซาน

สารละลายไคโตซานมีความเหนียว ใส มีพฤติกรรมแบบนอน-นิวโตเนียน (non-newtonian) โดยในสารละลาย หมู่อะมีนของไคโตซานจะแตกตัว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัวขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประจุของโพลิเมอร์โดย pKa ของไคโตซาน มีค่าอยู่ในช่วง 6.2 ถึง 6.8 ไคโตซานมีน้ำหนักโมเลกุล (Molecular weight) อยู่ในช่วง 1×10^5 ถึง 1.2×10^6 ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการผลิต (ภาวดี, 2544)

Degree of deacetylation (%DD) เป็นตัวบ่งชี้ความเป็นไคติน-ไคโตซาน เนื่องจากไคติน-ไคโตซาน เป็นโคพอลิเมอร์ระหว่าง *N*-acetyl-D-glucosamine และ D- glucosamine ถ้าสัดส่วนที่อยู่ร่วมกันของโมโนเมอร์แรกมากกว่า คือ มีค่า %DD ต่ำ จะแสดงคุณสมบัติเด่นของไคติน แต่ถ้าสัดส่วนของโมโนเมอร์ที่สองมากกว่า คือ มีค่า %DD สูง จะแสดงคุณสมบัติเด่นของไคโตซาน (ภาวดี, 2544)

ความหนืด (Viscosity) ของสารละลายไคโตซานขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น %DD น้ำหนักโมเลกุล ความเข้มข้น ionic strength ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยทั่วไปแล้วความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่ชนิดของกรดที่ใช้และการเปลี่ยนแปลง pH ของสารละลายในพอลิเมอร์จะให้ผลความหนืดที่แตกต่างกัน เช่น ความหนืดของไคโตซานในกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) จะเพิ่มขึ้นเมื่อ pH ของสารละลายเพิ่มขึ้น (ภาวดี, 2544)

ขั้นตอนการผลิตโตซาน เริ่มจากการสกัดไคตินจากเปลือกกุ้ง โดยการนำเปลือกกุ้งมาแยกโปรตีนและแร่ธาตุออกไป โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และสารละลายกรดเจือจางตามลำดับ จากนั้นดึงหมู่อะซิทิล โดยการใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น จะได้ผลลัพท์เป็นไคโตซาน (ภาพ 2.2)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ 2.2 ขั้นตอนการผลิตไคติน – ไคโตซาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา ไคโตซานประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา คือ หมู่อะมีน ($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1 (C-2) หมู่ primary alcohol ($-CH_2OH$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 (C-6) และหมู่ secondary alcohol (-CHOH) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 (C-3)

โอลิโกเมอร์/โอลิโกแซคคาไรด์ของไคโตซาน คือ chitooligosaccharides เกิดจากการสลายของไคโตซาน (Degradation) เมื่อเกิดการสลายจะให้สายโซ่โมเลกุลที่สั้นลงเป็นโอลิโกเมอร์ (oligomer) หรือโอลิโกแซคคาไรด์ (oligosaccharide) ส่วนโมโนเมอร์/โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ของไคโตซาน คือ D-glucosamine ซึ่งเป็นหน่วยย่อยที่เล็กที่สุด (ภาวดี, 2544)

การสลายไคโตซานโดยเอนไซม์ (enzymic degradation) มีความจำเพาะเจาะจงมากกว่าการใช้สารเคมี เอนไซม์ที่ใช้ ได้แก่

Chitinase (EC 3.2.1.14) สามารถย่อยสลายสายโซ่โมเลกุลของไคตินแบบสุ่ม (random) ตรงตำแหน่งพันธะ β-1, 4- linkage ได้เป็น *N*-acetyl-chitooligosaccharide

Chitosanase (EC 3.2.1.132) สามารถย่อยสลายโซ่โมเลกุลของไคโตซานแบบสุ่ม (random) ตรงตำแหน่งพันธะ β-1, 4- linkage ได้เป็น chitooligosaccharides

Lysozyme (EC 3.2.1.17) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่คล้ายกับ chitinase

N-acetyl-D-glucosaminidase (EC 3.2.1.30) และ *N*-acetylhexosaminidase (EC 3.2.1.52) ทำหน้าที่ย่อยสลาย *N*-acetyl-chitooligosaccharide เป็น *N*-acetyl-glucosamine โดยเริ่มจากปลายสายโซ่โมเลกุล (non-reducing end) (ภาวดี, 2544)

ไคติเนส (Chitinase) (Shaikh and Deshpanade, 1993)

ไคติเนส เป็นเอนไซม์ในกลุ่ม hydrolase ซึ่งเร่งปฏิกิริยาการสลายไคตินให้เป็น monomer ของ N-acetylglucosamine (GlcNAc) เอนไซม์กลุ่มนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Endochitinase หรือ chitinase มีชื่อทางเคมีว่า poly-β-1,4-(2-acetamido-2-deoxy)-D-glyconohydrolase : E.C.3.2.1.14 จะสลายไคตินแบบสุ่มตรงตำแหน่ง β-1,4 glycosidic bond ที่เชื่อมต่อ GlcNac แต่ละหน่วยภายในสายโพลิเมอร์ และผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ oligomer เช่น chitotetraose, chitotriose และ diacetylchitobiose เป็นต้น

2. Exochitinase คือ N-acetylglucosaminase และ chitobiase มีชื่อทางเคมีว่า chitobiose acetamidodeoxyglucohydrolase: E.C.3.2.1.29 จะสลายไคตินโดยตัด GlcNac จากปลายที่เป็น non-reducing end ของโพลิเมอร์ของ N-acetylglucosamine แบ่งเป็น 2 แบบ ตามลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของปฏิกิริยาการสลาย คือ chitobiosidase จะสลายไคตินจากปลายที่เป็น non-reducing end เข้ามาทีละหน่วยเป็นผลิตภัณฑ์ diactylchitobiose ส่วน N-acetylglucosaminase จะสลายไคตินจากปลายที่เป็น non-reducing end ออกไปทีละหน่วย

จากการที่ไคติเนสเกิดปฏิกิริยาตรงตำแหน่ง β -1, 4 glycosidic bond ซึ่งในธรรมชาติพันธะนี้มีความหลากหลายมากตามแหล่งกำเนิด ทำให้เอนไซม์ไคติเนสมีความจำเพาะกับสารตั้งต้นและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต่างกันไป การจำแนกชนิดของไคติเนสขึ้นอยู่กับชนิดของสารตั้งต้นที่แตกต่างกัน (Shaikh and Deshpanade, 1993)

ไคติเนสเป็นเอนไซม์ที่พบในสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ ซึ่งอาจมีการสร้างเอนไซม์นี้ขึ้นภายในเซลล์ตลอดเวลาในระดับที่ต่ำที่เรียกว่า constitutive enzyme หรือต้องมีตัวชักนำในการสร้างเอนไซม์เสียก่อน ซึ่งเรียกว่า inductive enzyme (Jeuniaux, 1996)

โดยทั่วไปพบไคติเนสในสิ่งมีชีวิตที่มีไคติน เช่น arthropods และเชื้อราต่างๆ บทบาทของไคติเนสในสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น ได้แก่ การสร้างโครงสร้าง exoskeleton ของ arthropods และผนังเซลล์ของเชื้อรา นอกจากนี้ยังพบไคติเนสในสิ่งมีชีวิตอื่นที่ไม่มีไคตินอีกด้วย เช่น จุลินทรีย์ในดิน ระบบทางเดินอาหารของปลา และพืช (Shaikh and Deshpanade, 1993)

สำหรับพืชนั้นไม่มีไคตินเป็นองค์ประกอบ แต่เมื่อพืชถูกรุกรานจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค หรือเมื่อเกิดบาดแผลและความเครียดต่างๆ พืชจะผลิตเอนไซม์และสารหลายชนิด เช่น β-1, 3-glucanase, PR-protein like chitinase, proteinase และ proteinase inhibitor รวมทั้ง chitinase เพื่อใช้ป้องกันตัวเองจากเชื้อสาเหตุของโรค โดยเป็นกลไกในการป้องกันตนเองแบบ active defense mechanism (Roberts and Selitrennikoff, 1988; Chang *et al*., 1995) ในส่วนของพืชที่เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่าย เช่น ราก ใบ และเมล็ด จะมีการสะสมของ chitinase mRNA ทำให้พืชต้านทานต่อการรุกรานของราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชได้

ไคติเนสที่พืชสร้างขึ้นทำหน้าที่สลายไคติน ที่เป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ของเชื้อราก่อโรคหรือเปลือกของแมลงศัตรูพืชให้เกิดความเสียหาย มีรายงานการตรวจพบไคติเนสในพืชหลายชนิด เช่น ยาสูบ ข้าว ถั่ว น้ำยางพารา ข้าวสาลี และมะเขือเทศ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบได้ในสาหร่ายทะเล (Fravel *et al*., 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของไคโตซานและการใช้เป็นสารต้านการเกิดโรคพืช ยืดอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

บทบาทในการกระตุ้นระบบป้องกันตัวของพืช

ไคโตซานสามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จึงมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของผลไม้ (Coleman and Manson, 1988) มีคุณสมบัติเป็นสารกันเชื้อรา สามารถยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช ในกรณีที่เกิดการติดเชื้อ ไคโตซานจะซึมผ่านเข้าทางผิวใบ ลำต้นพืช โครงสร้างประจุของไคโตซานและการสร้างเอนไซม์ในพืช จะย่อยสลายทำลายเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคพืชได้เป็นอย่างดี เมื่อไคโตซานเข้าสู่เซลล์เชื้อรา จะยับยั้งการสร้างและสะสมของ RNA ทำให้เชื้อราถูกยับยั้งการเจริญเติบโต และสร้างความต้านทานโรคให้กับพืชที่ไม่ติดเชื้อ ไคโตซานมีคุณสมบัติที่สามารถออกฤทธิ์เป็นตัวกระตุ้น (elicitor) ต่อพืชด้วยการกระตุ้นระบบป้องกันตัวเองของพืช ทำให้พืชผลิตเอนไซม์และสารเคมีเพื่อป้องกันตนเองหลายชนิด พืชจึงลดโอกาสที่จะถูกคุกคามโดยเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ (ลาวัลย์, 2546)

ในธรรมชาติพืชจะมีกลไกการป้องกันตัวเองซึ่งแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ กลไกทางด้านกายภาพและกลไกทางชีวเคมี โดยกลไกเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นเพื่อให้พืชสามารถป้องกันตัวเองจากการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรคได้ กลไกทางด้านเคมี เมื่อพืชเกิดบาดแผลจะกระตุ้นให้มีการสร้างสารเคมีบางอย่างขึ้นในเซลล์ที่อยู่ใกล้กับบาดแผล เมื่อมีการเข้าทำลายจากเชื้อจุลินทรีย์ การกระตุ้นสารเคมียิ่งเกิดขึ้นได้ดี สารเคมีที่ถูกสร้างขึ้นนี้เรียกว่า phytoalexin ซึ่งสารส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฟีนอล มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าทำลาย ส่วนตัวกระตุ้นให้เกิดสารเคมีนี้เรียกว่า elicitor ซึ่งอาจเป็นได้ทั้งสารเคมีที่เชื้อจุลินทรีย์ปลดปล่อยออกมาสู่เซลล์ของผลผลิตหรือตัวเชื้อจุลินทรีย์เองก็ได้ ความสามารถในการสร้างสาร phytoalexin นั้น ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของผลผลิต ถ้าผลผลิตที่ยังไม่บริบูรณ์จะมีความสามารถสูงกว่าผลที่บริบูรณ์แล้ว(จริงแท้, 2544) และนอกจากการสร้างสาร phytoalexin พืชยังสามารถสร้างสาร secondary metabolite ได้หลายชนิดเช่น essential oil สารระเหย และเอนไซม์ เป็นต้น (ชัยวัฒน์, 2542)

การศึกษาความสัมพันธ์ของสารไคโตซานกับเชื้อรา *Fusarium solani* ที่ทำให้เกิดโรคในถั่ว (pea) พบว่า เมื่อเชื้อสัมผัสกับเซลล์ของพืชที่เป็นเจ้าบ้าน (plant host) เอนไซม์ในพืช ซึ่งได้แก่ endo-chitinase และ endo- β 1, 3-glucanase ที่มีอยู่นั้นจะเกิดปฏิกิริยาแยกสลายผนังเซลล์ของราให้แตกเป็นชิ้นส่วน ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้มีองค์ประกอบของไคโตซาน ซึ่งเรียกว่า oligomer โดยไคโตซานโอลิโกเมอร์เป็นตัวชักนำให้เซลล์เจ้าบ้านสร้างสารพวก phenolic compounds ได้แก่ phytoalexins หรือ lignin compounds เมื่อมีความเข้มข้นสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งก็สามารถขัดขวางการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สังเคราะห์ RNA ในเซลล์ของราและนำไปสู่การลดลงของการเจริญเติบโตของเชื้อ (Hadwiger *et al*., 1986)

จากการศึกษาผลของไคโตซานที่กระตุ้นระบบการป้องตัวในพืชหลายชนิด พบว่า ไคโตซาน สามารถกระตุ้นให้พืชทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว สร้างสารป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคได้ (Bautista-Ban *et al*., 2005) การฉีดพ่นไคโตซานในข้าวเพื่อป้องกันโรคไหม้จากเชื้อ *Pyricularia grisea* สามารถกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ไคติเนส (Kieekron, 2549) และการฉีดพ่นไคโตซานและไคตินโอลิโกเมอร์ สามารถช่วยเพิ่มกิจกรรมของ phenylalanine ammonia-lyase และ tyrosine ammonia-lyase ในใบถั่วเหลือง (Walahatullah *et al*., 2002) ในใบมะเขือเทศ พบว่า การฉีดพ่นไคโตซานที่มีค่า degree of acetylation (%DA) ประมาณ 5-30 % น้ำหนักโมเลกุลประมาณ 500 kDa เปรียบเทียบกับไคตินโอลิโกเมอร์และไคโตซานโอลิโกเมอร์ที่มี degree of depolymerization (DP) ระหว่าง 2-8 โดยฉีดพ่นสารดังกล่าว 0.1% วัดปริมาณของเอนไซม์ในปริมาณของเอนไซม์ไคติเนสเพิ่มขึ้นสูงสุด ในวันที่สองหลังการฉีดพ่น ได้แก่ กลุ่มที่ฉีดพ่นด้วยไคโตซาน 30 %DA กับไคตินโอลิโกเมอร์ โดยเพิ่มขึ้น 9.3 และ 10เท่า ตามลำดับ ส่วนกลุ่มที่ใช้ไคโตซาน 5 %DA นั้น ปริมาณไคติเนสเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่สามด้วยปริมาณ 7.4 เท่าจากเดิม ส่วนไคโตซานโอลิโกเมอร์ ปริมาณเอนไซม์ไม่เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด เนื่องจากไคตินโอลิโกเมอร์ควบคุม elicitor ผ่านทาง DA ส่วนไคโตซานโอลิโกเมอร์ควบคุมผ่านทางขนาดโมเลกุล และสำหรับไคโตซานพอลิเมอร์ 30 %DA นั้นควบคุม elicitation ผ่านทั้งสองปัจจัย (Ben-Shalom *et al*., 2001) และในองุ่น 5 สายพันธุ์ พบว่า เอนไซม์ไคติเนสและเบต้า-1,3-กลูตาเนสถูกกระตุ้นด้วยสารละลายไคโตซานและทำงานร่วมกันแบบ Synergistic เพื่อป้องกันตัวเองจากเชื้อราก่อโรคแอนแทรคโนส เอนไซม์ทั้งสองชนิดสกัดได้จากองุ่นทั้งสามสายพันธุ์ เมื่อทำการฉีดพ่นไคโตซานบนองุ่นเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนการฉีดซ้ำด้วย 3.58×10^{6} เซลล์ต่อมิลลิลิตร ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* พบว่า เอนไซม์ทั้งสองชนิดและการสะสมของสาร Phytoalexin (Stilbene) เพิ่มขึ้น เพื่อต่อต้านการบุกรุกของเชื้อราก่อโรคแอนแทรคโนสในองุ่น (เกศนรี, 2544)

การศึกษาการเคลือบไคโตซานในพืชต่างๆ เช่น เมล็ดถั่วเหลือง พบว่า เมล็ดถั่วเหลืองมี chitinase activity เพิ่มขึ้น เมื่อได้รับไคโตซาน (0.1, 0.5, และ 1 เปอร์เซ็นต์) และระยะเวลาในการแช่เมล็ด (15 นาที และ 6 ชั่วโมง) มีผลต่อการสร้างเอนไซม์ไคติเนส มากกว่าความเข้มข้นของไคโตซาน (Tejchgraber *et al*., 1991) ในมะเขือเทศ ไคโตซานทำให้พืชมีการตอบสนองของเอนไซม์ chitinase และ ß-1,3 glucanase (Cota *et al*., 2006)และสร้าง phenolic compound และ phytoalexins และมีการศึกษาพบว่า การแช่เมล็ด, แช่ราก และการฉีดพ่นบนต้นมะเขือเทศกระตุ้นความต้านทาน *F. oxysporum* ได้ (Benhamou *et al*., 1998) ในผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วยสปอร์ของเชื้อรา *Rhizopus* sp. ความเข้มข้น 3×10^5 สปอร์/มิลลิลิตร และเคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปเก็บที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 81 เปอร์เซ็นต์ มีการเน่าเสียน้อยกว่าและมีกิจกรรมของเอมไซม์ไคติเนส สูงกว่าผลสตรอเบอรี่ที่ปลูกเชื้อ แต่ไม่ได้เคลือบผิว (พิมพ์ใจ, 2548) เช่นเดียวกันกับในถั่วลิสง (Fajardo *et al*., 1995) และการเคลือบผลสตรอเบอรี่สดและราสเบอรี่ด้วยไคโตซาน พบว่าไคโตซานสามารถเพิ่ม chitinase และ ß-1,3 glucanase เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว (Zhang and Quantick, 1998)

บทบาทในการต้านจุลินทรีย์

การต่อต้านเชื้อจุลินทรีย์ของไคติน-ไคโตซาน เกิดจากการที่ไคโตซานมีประจุบวกที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 ของ glucosamine monomer ที่ pH ต่ำกว่า 6 ทำให้ไคโตซานสามารถละลายและมีคุณสมบัติในการต่อต้านจุลินทรีย์ได้ดีกว่าไคติน และยิ่งดีมากขึ้นเมื่อค่า degree of deacetylation เพิ่มขึ้น ซึ่งมีปริมาณของ glucosamine อยู่ในพอลิเมอร์มากขึ้น ปฏิกิริยาระหว่างประจุบวกบนโมเลกุลของไคโตซานกับประจุลบบน cell membrane ของจุลินทรีย์ นำไปสู่การแตกของผนังเซลล์ นอกจากนี้ไคโตซานยังเป็นสารพวก chelating agent ที่สามารถเกาะติดกับโลหะที่จำเป็นในเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งนำไปสู่การขัดขวางการผลิตสารพิษและขัดขวางการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เหล่านั้น พบว่ามีการเกิดพันธะทางเคมีระหว่างไคโตซานกับ DNA และการขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์ mRNA ขึ้น เมื่อไคโตซานซึมเข้าสู่นิวเคลียสของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถสร้างโปรตีน จึงทำให้หยุดการเจริญเติบโตและตายในที่สุด (Shahidi *et al*., 1999)

การศึกษาการเคลือบไคโตซาน 1, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในแครอท พบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าจากเชื้อ *Sclerotina sclerotiorum* 88 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Shepherd, 1997) ในองุ่น 5 สายพันธุ์ พบว่า ระดับความเข้มข้นและพีเอชที่เหมาะสมของไคโตซาน คือ 3200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พีเอช 4.5 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* โดยลดขนาดโคโลนีของเชื้อราได้มากกว่าร้อยละ 85 (เกศนรี, 2544)

การยับยั้งการเกิดโรคจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ของไคโตซานที่เคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ Jonagold โดยพิจารณาจากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Micrograph) พบว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการงอกของ conidia และการเจริญของ hypha ในเชื้อ *Botrytis cinerea* ได้ โดยการเกิด phytoalexin และเอนไซม์บางชนิดที่ถูกกระตุ้นด้วยไคโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซานให้ไปยับยั้งการงอกของ conidia และลักษณะผิวที่ตึง เรียบ ไม่มีรอยแตก ของผลแอบเปิลที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ดังนั้นจึงเกิดการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ยาก (Du *et al*., 1992)

การเคลือบผิวสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซาน 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเกิดโรคจากเชื้อ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus stolonifer* ลดลงและพบว่ากลไกการเกิดโรคจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นตัวยับยั้งเชื้อรามากกว่าความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของ Chitinase, chitosanase และ β-1, 3-glucanase ไคโตซานมีผลในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อและการเจริญของเชื้อทั้ง 2 นี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (El-Ghaout *et al*., 1991)

การศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกสปอร์ของเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporoides* ที่ปลูกเชื้อบนผลมะม่วง แล้วจุ่มผลมะม่วงที่ปลูกเชื้อในสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 800 และ 1600 µl/ml ที่ pH 4.0 และ 4.5 ตามลำดับ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 800 µl/ml pH 4.5 สามารถยับยั้งการงอกสปอร์ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ธวัชและสมศิริ, 2546)

การเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ เก็บที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเกิดโรคจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ลดลง เมื่อเก็บรักษานาน 4 สัปดาห์ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคจะต่ำกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (El-Ghouth *et al*., 1992)

บทบาทของไคโตซานต่ออายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

ศึกษาการเคลือบผิวผลไม้ด้วยไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1-2 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดอัตราการหายใจของ ผลท้อ, ผลสาลี่ และผลกีวี ยับยั้งการเจริญของ *Botrytis cinerea* และเชื้อราในผลสาลี่ ชะลอการเสื่อมสภาพของผลไม้ทั้งสามชนิดและพบว่าตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับไคโตซานในการนำมาเคลือบผิวผลไม้สด คือ กรดอะซิติก (Du *et al*., 1997)

การเคลือบผิวผลลำไยด้วยไคซานความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเคลือบผิวด้วยไคโตซานช่วยลดอัตราการหายใจและการสูญเสียน้ำหนักของผลลำไย นอกจากนี้ยังมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของสีผิวผลลำไย และมีการยับยั้งการเน่าเสียของผลลำไยในระหว่างการเก็บรักษา (Jiang and Li, 2001) และ พรรณทิพา (2549) พบว่า ผลลำไยที่ที่แช่ในสารผสมระหว่างกรดออกซาลิค ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายเมตาไบซัลไฟต์ ความเข้มข้น 7.5 เปอร์เซ็นต์ แล้วเคลือบผิวผลลำไยด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 5 องศาเซลเซียส เท่ากับ 11.7 วัน และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

8.7 สัปดาห์ ตามลำดับ โดยไม่ทำให้เกิดสีน้ำตาลและโรคที่สังเกตได้บนเปลือกผล และไม่มีผลต่อคุณภาพโดยรวมของผลผลิต

การเคลือบผิวลิ้นจี่พันธุ์ Huaizhi ด้วยไคโตซานเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาล (browing) ที่เปลือกผลลิ้นจี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ (Zhang and Quantick,1997) และในสตอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 50 ที่มีระดับความสุกแก่ 75% แล้วเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน พบว่า ผลของสตรอเบอรี่ที่จุ่มในไคโตซานเข้มข้น 100 ppm มีระดับการยอมรับคุณภาพด้านสี เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของผู้บริโภคสูงกว่าผลที่จุ่มในไคโตซานทุกความเข้มข้น ส่วนในด้านการเกิดโรคและความรุนแรงในการเกิดโรค พบว่าผลสตรอเบอรี่ที่จุ่มลงในไคโตซาน 100 ppm มีจำนวนผลที่การเกิดโรคน้อยกว่าและระดับความรุนแรงการเกิดโรคต่ำที่สุด (ปัทมา, 2545) เช่นเดียวกับในพันธุ์พระราชทาน 72 พบว่า ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะปรากฏดีที่สุด และมีการเข้าทำลายของเชื้อราน้อยที่สุด (พิมพ์ใจ, 2548) และการฉีดพ่นไคโตซานความเข้มข้น 2, 4 และ 6 กรัมต่อลิตร ก่อนการเก็บเกี่ยวสามารถลดการเข้าทำลายจากเชื้อ *Botrytis cinerea* สามารถคงคุณภาพและไม่ทำให้เกิดพิษกับผลสตอเบอรี่ในทุกระดับความเข้มข้น (Reddy, 2000)

ผลของการเคลือบผิวไคโตซานความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 1.3 เปอร์เซ็นต์ และใช้ acetic acid ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นตัวทำละลาย มาเคลือบผิวมะม่วงที่มีความแก่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส พบว่า การเคลือบด้วยไคโตซาน ความเข้มข้น 1.0 และ 1.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้และสามารถชะลอการสุกของมะม่วงได้จนถึงวันที่ 25 ของการเก็บรักษา และสารเคลือบผิวไคโตซาน ยังลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของมะม่วงได้ (วิษณุและคณะ, 2546) ในมังคุดพบว่า สามารถยืดอายุได้มากกว่าเดิม 3 เท่า คือมีอายุการเก็บรักษาจากเดิม 10 วัน เป็น 30 วัน และไคโตซานยังสามารถรักษาสีเปลือกไม่ให้สีซีดจาง (เทคโนโลยีชาวบ้าน 306, 2549) และการใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1, 1.25 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ เคลือบผิวมะนาว สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะนาวได้นานขึ้น (ไพรัตน์และคณะ, 2536) ในมะเขือเทศ ใช้สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่อุณหภูมิในการเก็บรักษา 20 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทธิลีน และยังชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะเขือเทศให้ช้าลงได้ (Ahmed *et al.*, 1991) และการเคลือบผิวมะเขือเทศด้วยไคโตซานความเข้มข้น 2.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถยืดอายุการเก็บรักษามะเขือเทศได้ดีกว่า กลุ่มที่เคลือบผิวด้วยสารละลายไคโตซานความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ และดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบผิว (Benhamou *et al.*, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารต้านเชื้อราจากลำไย

ผลการศึกษาการใช้สารต้านเชื้อราโดยรวมแล้ว เป็นสารพวก aromatic compound, essential oils และ volatile substance ที่มีผลในการควบคุมโรคสาเหตุจากเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยว (Mari, 1998) ส่วนลำไยนั้นมีการศึกษาสารที่มีอยู่ในผลโดย พบว่า สารที่มีอยู่ในผลเป็นสารหอมระเหย ในลำไยพันธุ์ *Dimocarpus longan* Lour. และ Mata kucing (*D. longan* ssp. Malesianus Leenh.) เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปคโตรสโคปีโดยใช้ GC และ GC-MS พบสาร 61 และ 44 ชนิดตามลำดับ โดยพบสาร acetate 66 เปอร์เซ็นต์ และ E-betaocimene 26.7 เปอร์เซ็นต์ ในพันธุ์ *D. longan* ส่วนใน Mata kucing พบสาร esters 0.5 เปอร์เซ็นต์, terpenoids 4.7 เปอร์เซ็นต์, aliphatic alcohols 53.2 เปอร์เซ็นต์ และ carbonyl compounds 34.7 เปอร์เซ็นต์ (Wong, 1996) และสุภัค (2542) สกัดสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียจากเปลือกและเมล็ดลำไย โดยใช้เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ในลำไยช่วงอายุต่าง ๆ คือ ก่อนอายุเก็บเกี่ยว 4, 3, 2, 1 สัปดาห์ ที่อายุเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว 3 วัน พบว่า สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อจากเปลือกช่วงอายุก่อนการเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์และสารสกัดจากเมล็ดหลังจากเก็บเกี่ยว 3 วัน เมื่อนำสารสกัดหยาบไปวิเคราะห์โดยวิธี TLC-bioassay โดยใช้ hexane : ethylacetate : methanol ในอัตราส่วน 60 : 40 : 1 เป็น solvent ผลปรากฏว่ามีแถบต้านเชื้อ *Cladosporium cladosporioides* ที่ช่วง Rf ประมาณ 0.1 ทั้งในเปลือกและเมล็ด เมื่อใช้ methanol เป็น solvent พบแถบยับยั้งเชื้อจากสารสกัดในเปลือกที่ช่วง Rf ประมาณ 0.7-0.83 และเมื่อนำสารสกัดดังกล่าวไปวิเคราะห์โครงสร้างทางวิธีอิเล็คโตรสโคปี ดังต่อไปนี้ H1-NMR, GC-MC, IR และ UV spectroscopy พบว่า สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อเป็นสารพวก aliphatic compounds เมื่อทดสอบกับเชื้อรา *Cladosporium cladosporioides, Lasiodiplodia* sp. และแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* พบว่ามีค่า Minimum Inhibitory Concentration (MIC) เท่ากันทั้งสามเชื้อคือ 15.5 µg/µl ในเมล็ด 35.0 µg/µl ในเปลือก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved