บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลำไย

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2544)

ลำไยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euphoria longana* Lamk. จัดอยู่ในตระกูล Sapindaceae มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า longgan หรือ lugan หรือ lingeng ลำไยเป็นผลไม้ที่มีความใกล้เคียงกับลิ้นจี่มากกว่าไม้ผลชนิดอื่นในตระกูลนี้ และยังเป็นไม้ผลที่ใกล้เคียงกับเงาะขนสั้นด้วย ลำไยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางจนถึงใหญ่ มีลำต้นสูงประมาณ 30 ฟุต มีกิ่งก้านสาขากระจายแตกเป็นพุ่ม มีเส้นรอบวงทรงพุ่มประมาณ 15-20 ฟุต กิ่งก้านสาขาแตกออกมาจากลำต้นค่อนข้างเปราะ เนื้อไม้ค่อนข้างอ่อนแอเปลือกของลำต้นขรุขระ ไม่เรียบ มีสีน้ำตาลหรือสีเทา ใบของลำต้นเป็นแบบ pinnately compound โดยมีก้านรวมยาวประมาณ 7–15 เซนติเมตร รูปร่างลักษณะของใบต่างกัน ตั้งแต่รูปรีจนถึงรูปหอกบริเวณที่ปลายใบและฐานใบค่อนข้างจะป้น ใบไม่มีขน มีสีตั้งแต่สีเขียวอ่อนไปจนถึงสีเขียวเข้ม ขอบใบเรียบเป็นคลื่น มีเส้นแตกออกจากกลางใบจำนวนมาก ด้านบนของใบมีลักษณะเรียบเป็นมัน ส่วนด้านล่างมีลักษณะหยาบสากเล็กน้อย

ดอกลำไยเป็นช่อ (inflorscens) มีช่อดอกแบบ panicle ซึ่งพบทั้งที่ปลายกิ่งยอดและกิ่งข้าง ดอกลำไยมี 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ (staminate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite flower) อยู่ในดอกช่อเดียวกัน ช่อดอกตั้งตรงในช่อหนึ่งๆ จะพบว่า มีดอกอยู่หนาแน่น ก้านช่อดอกอวบแข็งแรงและอ่อนนุ่ม ดอกลำไยมีขนาดเล็กไม่ค่อยสวยงามและเป็นที่ดึงดูดมากนัก ดอกมีขนาดกว้างประมาณ ¼ นิ้ว มีสีขาวค่อนข้างเหลือง ดอกทั้งสองเพศนี้มีกลีบชั้นนอก (sepal) ขนาดเล็กๆ ซ้อนกัน 5 กลีบ ที่ด้านนอกของกลีบมีขนอ่อนๆ ปกคลุมกลีบดอก (petal) มีขนาดเล็ก รูปร่างคล้ายใบพาย และมีขนด้านใน กลีบดอกมี 5 กลีบ และบางทีอาจพบว่า 6 กลีบ แต่พบน้อยมาก ในดอกตัวผู้จะมีเกสรตัวผู้ (stamen) 8 อันหรือน้อยกว่า 8 อัน จัดเรียงเป็นแถวอยู่บนฐานรองดอก ก้านเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกเดียวกัน เกสรตัวเมียจะอยู่ภายในกึ่งกลางของดอก เกสรตัวเมียจะประกอบด้วยรังไข่ 2 carpel (bicarpellated ovary) แต่ละ carpel จะมี 1 locule จะมี 1 ovule ก้านเกสรตัวเมีย

อยู่ระหว่าง carpel ทั้งสอง ที่ปลายของเกสรตัวเมียแยกออกเป็น 2 แฉกหรือ 3 แฉก แล้วแต่จำนวน carpel

ผลของลำไยจะเกิดจากช่อดอกที่อยู่ตรงปลายกิ่งที่ได้รับแสงและอากาศเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ผลมีรูปร่างกลมหรือค่อนข้างกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร หรือน้อยกว่า เปลือกของผลบาง สีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลปนเขียว ลักษณะเปลือกจะเป็นตุ่มแบนๆ หรือเกือบเรียบ แล้วแต่พันธุ์ลำไย

เนื้อ (aril) ของลำไยเป็นส่วนที่รับประทานได้ อยู่ระหว่างเปลือกและเมล็ด เนื้อจะเจริญจากเนื้อเยื่อบริเวณตรงฐานหรือส่วนที่ต่อกับก้านของผล และค่อยๆ เจริญขึ้นมาโอบเมล็ดไว้จนหมด เนื้อของลำไยคล้ายวุ้น สีขาว มีรสหวานหอม

เมล็ดของลำไยมีลักษณะค่อนข้างกลม มีเมล็ดเดียว เมล็ดค่อนข้างใหญ่สีดำหรือสีน้ำตาล ด้านบนของเมล็ดมีส่วนที่เป็นสีขาว (hilum) มองเห็นได้ชัด ไม่มีลำไยใดที่มีเมล็ดลีบ

พันธุ์ลำไยของประเทศไทย (พาวิน มะโนชัย, 2543)

ลำไยที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ ทั้งพันธุ์ดีและไม่ดี ซึ่งพอจะแยกโดยอาศัยลักษณะทางเกษตรได้ 3 ประเภท

1. แบ่งตามลักษณะของผล แบ่งออกได้ 4 ลักษณะ คือ

1.1 พันธุ์กะโหลก ผลใหญ่

1.2 พันธุ์ธรรมดา ผลเล็ก

1.3 พันธุ์กะโหลกไม่แท้ มีลักษณะอยู่ระหว่างพันธุ์กะโหลกและพันธุ์ธรรมดา

1.4 พันธุ์พิเศษ ได้แก่ ลำไยเถา เป็นต้นไม้เลื้อยเหมือนเถาวัลย์ ผลเล็กกว่าลำไยกะโหลก ปลูกไว้เป็นไม้ประดับ

2. แบ่งตามระยะเวลาที่ลำไยแก่

2.1 พันธุ์เบา ได้แก่ พันธุ์ดอ ออกเดือนธันวาคม เก็บราวเดือนมิถุนายน ถึงกรกฎาคม

2.2 พันธุ์กลาง ได้แก่ พันธุ์แดง พันธุ์สีชมพู เบี้ยวใบคำ ตลับนาค ออกดอกเดือนมกราคม ผลแก่เก็บได้ราวเดือนกรกฎาคม ถึงสิงหาคม

2.3 พันธุ์หนัก ได้แก่ พันธุ์ยอดแดง แห้วยอดขาว เบี้ยวเขียว ออกดอกปลายมกราคม ถึงกุมภาพันธ์ ผลแก่เก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนกันยายน

3. แบ่งตามลักษณะผล

3.1 เบี้ยว รูปทรงกลมและเบี้ยวมากอย่างเห็นได้ชัด เปลือกหนาและเหนียว ผิวเปลือกเรียบ สีเขียวอมน้ำตาล เนื้อหนา มีสีขาวขุ่น ลักษณะของเนื้อกรอบ รสชาติหวานจัด กลิ่นหอม ขนาดเมล็ดค่อนข้างเล็ก

3.2 ดอ ผลไม่ใหญ่ลักษณะกลมแบนและเบี้ยวเล็กน้อย เปลือกสีน้ำตาลผิวเปลือกเป็นกระหรือตาห่างๆ เนื้อในไม่กรอบมากหรือค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น รสชาติหวานหอมปานกลาง เมล็ดมีขนาดปานกลาง

3.3 ชมพู ผลใหญ่ค่อนข้างกลมแต่เบี้ยวเล็กน้อย ผิวเปลือกเรียบไม่ขรุขระ มีสีน้ำตาลปนแดง เปลือกหนาแข็งและเปราะ ส่วนเนื้อในหนาปานกลาง นิ่มและกรอบ มีสีชมพูเรื่อๆ เมื่อผลแก่จัดสีของเนื้อจะเข้มมากขึ้น รสชาติหอมหวานขนาดของเมล็ดค่อนข้างเล็ก

3.4 แห้ว ผลใหญ่ รูปทรงของผลกลมและเบี้ยว ก้นผลบุ๋ม ผิวเปลือกสีน้ำตาลคล้ำและขรุขระ เปลือกหนามาก เนื้อหนา สีขาวขุ่นและกรอบที่สุด เมล็ดมีขนาดเล็ก รสชาติหอมหวานเป็นพันธุ์ที่เก็บไว้ได้นานเพราะมีเปลือกหนาและโรงงานกระป๋องต้องการมาก

3.5 ใบดำ ผลใหญ่ รูปทรงของผลค่อนข้างกลมและเบี้ยวเล็กน้อย ผิวเปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าพันธุ์อื่น และขรุขระ เปลือกหนาและเหนียว เนื้อในหนาปานกลาง เหนียว รสชาติหวานจัด มีเมล็ดขนาดเล็ก

ลำไยที่ชาวสวนปลูกกันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่หลายพันธุ์ แบ่งออกเป็นพวกๆ ได้ 5 พวก คือ

1. ลำไยหัวกะโหลก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะผลใหญ่เนื้อหนา และมีรสหวาน พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมี 6 พันธุ์ คือ

1.1 พันธุ์ดอ เป็นพันธุ์ที่ชาวสวนในภาคเหนือปลูกกันมากที่สุดในปัจจุบัน เพราะสามารถเก็บผลได้เร็วกว่าพันธุ์อื่นๆ ทำให้จำหน่ายได้ราคาสูง โดยเฉพาะช่วงต้นฤดูและเป็นที่นิยมของตลาดต่างประเทศ ลำไยพันธุ์ดอนี้จัดเป็นพันธุ์เบา ลักษณะทั่วไปจะมีใบค่อนข้างใหญ่รูปร่างยาวเรียว ทั้งส่วนโคนใบและปลายใบ ขอบใบเป็นคลื่น เส้นกลางใบนูนเห็นได้ชัด มีใบย่อย 3 คู่ เยื้องกันเล็กน้อย เกิดดอกและติดผลได้ง่าย แต่การติดดอกอาจไม่สม่ำเสมอ

1.2 พันธุ์แดง มี 2 ชนิด คือ แดงเปลือกหนาและแดงเปลือกบาง พันธุ์แดงเปลือกหนามีขนาดของใบใหญ่ รูปร่างค่อนข้างป้อมใกล้เคียงกับใบเงาะ แผ่นใบเป็นคลื่น ขอบใบเรียบ ใบมีสีเขียวแก่ มักมีใบย่อย 3 คู่ สำหรับพันธุ์แดงเปลือกบางมีใบขนาดปานกลาง รูปร่างค่อนข้างยาว แผ่นใบเรียบ โคนใบเรียวมากกว่าปลายใบ มีใบย่อย 4 คู่ ผลมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์แดงเปลือกหนา แต่มีน้ำหนักมากกว่าและบางกว่า เนื้อมีกลิ่นคาวกว่า ขนาดของเม็ดเช่นเดียวกับพันธุ์แดงเปลือกหนา

1.3 พันธุ์แห้ว เป็นลำไยพันธุ์หนัก สามารถปลูกขึ้นง่ายและเจริญเติบโตได้ดี สามารถทนต่อความแห้งแล้ง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ แห้วยอดแดง และพันธุ์แห้วยอดเขียว ทั้งสองพันธุ์มีลักษณะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยดูจากเปลือกในอ่อนหรือยอดอ่อน โดยทีพันธุ์แห้วยอดแดงมีใบอ่อนหรือยอดอ่อนสีแดง ส่วนพันธุ์แห้วยอดเขียวจะมีใบอ่อนหรือยอดอ่อนเป็นสีเขียว เกิดดอก

และติดผลค่อนข้างยาก คืออาจจะมีปีเว้นปี หรือบางทีอาจให้ผลหนึ่งปีแล้วเว้นไปอีกสองปีจึงให้ผลใหม่

1.4 พันธุ์ชมพู เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากอีกพันธุ์หนึ่ง จัดเป็นลำไยพันธุ์กลางๆ เจริญเติบโตได้ปานกลาง ไม่ทนแล้ง ใบไม่ใหญ่แต่ค่อนข้างหนา ก้านใบรวมมีขนาดใหญ่และแข็งแรง กิ่งเปราะ หักง่าย ติดดอกผลปานกลาง แต่การติดผลไม่สม่ำเสมอ

1.5 พันธุ์ใบดำ ขนาดของใบเล็ก แคบและสั้น แผ่นเรียบสีเขียวอมดำ โคนใบเรียวยาวมากกว่าปลาย ใบมีการให้ผลสม่ำเสมอดี

1.6 พันธุ์เบี้ยวเขียว เป็นลำไยพันธุ์หนักที่ออกดอกติดผลช้ากว่าพันธุ์อื่นๆ ใบยาวคล้ายใบมะม่วง แผ่นใบเรียบบาง มีสีเขียวเข้ม พันธุ์นี้มี 2 ชนิด คือ พันธุ์เบี้ยวเขียวก้านช่อแข็งจะให้ผลไม่ดกแต่ขนาดของผลใหญ่ และพันธุ์เบี้ยวเขียวก้านช่ออ่อน ซึ่งให้ผลดกกว่าและเป็นพวงใหญ่มีความยาวถึง 70 เซนติเมตร

2. ลำไยกระดูก เป็นลำไยพื้นเมือง ผลเล็กกว่าลำไยกะโหลก เมล็ดใหญ่ เนื้อบางน้ำหนักมาก ไม่นิยมปลูกกันมากนัก แต่อาจใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้ เช่น ต่อกิ่ง หรือเทียบกิ่งเพื่อเสริมราก

3. ลำไยกะโหลกไม่แท้ หรือลำไยธรรมดา มีผลขนาดกลางระหว่างลำไยกะโหลกและลำไยกระดูก เนื้อกรอบบางและแฉะบ้าง พวงใหญ่ ผลดก

4. ลำไยสายน้ำผึ้ง มีลักษณะเหมือนลำไยพันธุ์กะโหลกไม่แท้แต่เนื้อสีเหลืองอ่อน รสดีมาก หอมกรอบ เมล็ดเล็ก

5. ลำไยพันธุ์พิเศษ ได้แก่ ลำไยเถาหรือลำไยเครือ เป็นไม้เลื้อยชนิดหนึ่งเหมือนเถาวัลย์ ใบเป็นใบดอก ปลูกไว้เป็นไม้ประดับมากกว่าจะนำมารับประทาน

โรคของลำไยก่อนการเก็บเกี่ยว (ศักดิ์มนตรี นาชัยเวียง, 2537)

โรคก่อนการเก็บเกี่ยวส่วนมากเป็นโรคเกี่ยวกับเชื้อรา ปัจจุบันพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับโรคมากขึ้น ซึ่งมีสาเหตุจากจุลินทรีย์หลายชนิด ผู้เขียนได้กล่าวถึงโรคของลำไยก่อนการเก็บเกี่ยวไว้ ดังนี้

1. โรคพุ่มไม้กวาด หรือโรคกระหรี่ของลำไยเป็นโรคร้ายแรงมาก เกิดขึ้นได้กับลำไยต้นเล็กและต้นใหญ่ ยิ่งลำไยอายุมากขึ้นความรุนแรงของโรคก็ยิ่งทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น พันธุ์ปลูกที่พบว่าเป็นโรคนี้ เช่น พันธุ์ดอ พันธุ์เบี้ยวเขียว พันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์อื่นๆ

ลักษณะอาการ

อาการปรากฏที่เป็นส่วนยอดและส่วนที่เป็นตา เริ่มแรกใบย่อยแตกออกเป็นฝอยมีลักษณะเหมือนพุ่มไม้กวาด ใบมีความแข็งกระด้าง ใบมีลักษณะไม่คลี่ปะปนไปกับใบปกติ หากยอดที่เป็นโรคเมื่อถึงคราวออกช่อดอก ถ้าเป็นไม่รุนแรงก็จะออกช่อชนิดติดใบติดดอกปะปนกันไปช่อสั้นๆ อาจติดผลได้ 1–5 ผล ถ้าเป็นรุนแรงดอกลำไยที่เกิดขึ้นจะแตกกิ่งเป็นฝอยมีใบชนิดมีคลีบอยู่มาก

หรือเกิดตามกิ่งมีอาการของกิ่งเป็นมัดไม้กวาดเป็นกระจุกๆ จึงเรียกว่าโรคพุ่มไม้กวาดลำไยที่เป็นโรครุนแรงจะไม่ให้ดอกออกผล เป็นผลกระทบกระเทือนตลาดการปลูกลำไยมาก

สาเหตุของโรคและการแพร่ระบาด

โรคพุ่มไม้กวาดเป็นโรคที่มีสาเหตุเกิดจากเชื้อมายโคพลาสม่า แพร่ระบาดได้ทางกรรมพันธุ์โดยการตอน ติดตา ลำไยต้นใดมีเชื้อโรคดังกล่าวอยู่เมื่อนำไปขยายพันธุ์จะได้ต้นลำไยที่เป็นโรคนี้ได้โดยมากอาการจะปรากฏเมื่อปลูกลำไยไปได้ 3-4 ปี ลำไยเริ่มเป็นโรคจะยังคงให้ผลผลิตอยู่แต่ไม่มากและต่อๆ ไป เมื่อมีอาการของโรครุนแรงขึ้นจะไม่ให้ผลผลิตเลย ต้นลำไยทรุดโทรมและตายไปในที่สุด โรคนี้มีแมลงเพลี้ยจักจั่นสีน้ำตาล (*Matsumuratettix* sp.) เป็นพาหะนำโรคเข้าสู่ต้นอื่นๆ

การป้องกันกำจัด

โดยการคัดพันธุ์ปลูกที่ไม่แสดงอาการของโรค และเมื่อพบว่ามีเพลี้ยจักจั่นแพร่ระบาดในสวนควรพ่นด้วยสารเคมี เช่น พอส อัตรา 50 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร หรือมิบซิน อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ทุก 15 วัน 2 ครั้ง และใช้ยาปฏิชีวนะ เช่น เตตระไซคลีน (tetracycline) หรือ aureomycin แช่กิ่งพันธุ์กิ่งตอน พบว่าเมื่อมีเพลี้ยจักจั่นแพร่ระบาดควรฉีดพ่นด้วยสารเคมี เช่น คาบาริล ไดเมทโธเอท

2. โรคจุดสาหร่ายสนิม

ลักษณะอาการ

โรคจุดสาหร่ายสนิมเกิดที่ใบ เกิดจุดค่อนข้างกลมขนาด 0.5–1 เซนติเมตร แรกๆ เป็นขุยสีเขียวต่อมาจะเป็นสีแดง สีสนิมเหล็ก มีลักษณะเป็นขุยคล้ายกำมะหยี่ เป็นที่ใบจะไม่ค่อยรุนแรง ความรุนแรงจะปรากฏที่กิ่ง ทำให้ต้นทรุดโทรม กิ่งที่ถูกแสงจะถูกทำลายโดยเกิดขุยเช่นเดียวกับที่ใบจะเป็นจุดหรือเกิดต่อเนื่อง เป็นขุยสนิมเหล็ก ต่อมาขุยแห้งจะหายไป ขุยที่ถูกทำลายเปลือกจะแตกและแห้งทำให้ใบเหลืองร่วง แสดงอาการทรุดโทรม

สาเหตุของโรคและการระบาด

เกิดจากพืชชั้นต่ำพวกสาหร่าย *Cephaleuros virescens* ทำลายพืชได้หลายชนิด เช่น ฝรั่ง ส้ม ละมุด ลิ้นจี่ ระบาดในที่ๆ มีความชื้นสูง โดยเฉพาะฤดูฝน ในระยะจุดแผลเปลี่ยนเป็นสนิมเหล็กเป็นระยะของการแพร่ระบาดของสปอร์จะปลิวไปตามลม และแพร่ระบาดต่อไป

การป้องกันและกำจัด

ป้องกันกำจัดโดยการพ่นด้วยยาป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น ค๊อปเปอร์อ๊อกซีคลอไรด์ อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

3. โรคราสีชมพู

ลักษณะอาการ

อาการเกิดที่กิ่ง โดยเฉพาะตรงง่ามของกิ่ง หรือลำต้น กิ่งที่เป็นโรคปรากฏสีเหลืองซีด และใบร่วงเหลือแต่กิ่ง บริเวณที่กิ่งถูกทำลายจะมีคราบของเชื้อราสีขาวอมชมพูแพร่ขยายปกคลุม เมื่อกิ่งแห้งจะเห็นคราบนี้ชัดเจนขึ้นเป็นสีชมพูหรือสีปูนแห้ง เมื่อผ่าตรวจดูเปลือกจะผุ เนื้อไม่ยุ่ย

สาเหตุของการระบาด

เกิดจากเชื้อ *Corticium salmonicolor* ระบาดในฤดูฝน สปอร์ของเชื้อระบาดไปกับลม และน้ำ

การป้องกันกำจัด

ป้องกันโดยการตัดแต่งกิ่งที่เป็นโรคออกไปเผาทำลาย เพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศดีขึ้น แล้วพ่นด้วยสารเคมีตรงที่เป็นโรคด้วย ค๊อปเปอร์อ๊อกซีคลอไรด์ อัตรา 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรหรือ เอดิเพนฟอสอัตรา 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

4. โรคราดำ

ลักษณะอาการ

คราบสีดำของเชื้อราขึ้นปกคลุม ใบ กิ่ง ช่อดอกและผิวของผล มองเห็นเป็นคราบสีดำบนใบ แผ่นคราบนี้เมื่อแห้งจะหลุดออกเป็นแผ่นได้ง่าย เชื้อราไม่ทำลายพืชโดยตรง แต่ไปลดการปรับปรุง อาหาร อาการที่ปรากฏที่ช่อดอกรุนแรงทำให้ดอกร่วง ไม่สามารถผสมเกสรได้จึงเป็นเหตุให้ร่วง เพราะถูกเชื้อราเข้าเคลือบส่วนของเกสรไว้หมด

สาเหตุของโรคและการระบาด

เกิดจากผลของการทำลายของแมลงพวกปากดูดกินส่วนอ่อนของลำไยแล้วถ่ายน้ำหวาน ออกมาปกคลุมส่วนต่างๆ ของลำไย เชื้อราที่มีอยู่ทั่วไปโดยเฉพาะเชื้อรา *Capnodium* sp., *Meliola* sp. จะขึ้นบนส่วนที่เป็นคราบสีดำ แมลงปากดูดที่พบ เช่น เพลียแป้ง เพลียหอย เพลียจักจั่น เป็นต้น

การป้องกันและกำจัด

ป้องกันกำจัดแมลงพวกปากดูด โดยพ่นด้วยคาร์บาริล อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร อาจพ่นควบคู่กับยาป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น ค๊อปเปอร์อ๊อกซีคลอไรด์ หรือไซพลูธริน อัตรา 40-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร

5. อาการหูดบนใบ

ลักษณะอาการ

อาการหูดบนใบพบกับลำไยที่ปลูกแบบปล่อยปละละเลย ลำไยที่ขึ้นในร่มเงาไม้ยืนต้น หรือปลูกปะปนกันจนแน่น ลำไยเพาะเมล็ด หรือลำไยพื้นเมืองพบอาการหูดบนใบเสมอ อาการเป็นตุ่ม

หรือติ่งกลมเท่าเมล็ดพริกไทย หรืออาการเป็นติ่งยาวๆ เท่าเมล็ดข้าวสาร แรกๆ มีสีเขียวต่อไปเป็นสีน้ำตาลอาการที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นผลของการทำลายของแมลงชนิดหนึ่ง

การป้องกันและกำจัด

ป้องกันกำจัดทำได้โดยการพ่นยาป้องกันกำจัดแมลง เช่น คาร์บาริล

6. โรคกำมะหยี่

ลักษณะอาการ

อาการของโรคกำมะหยี่พบกับลิ้นจี่มากกว่าลำไย แต่ลำไยก็เป็นได้ โรคกำมะหยี่เป็นอาการที่ปรากฏหลังการทำลายของพวกไร ซึ่งการทำลายของไรชนิดนี้จะไปกระตุ้นทำให้พืชสร้างขุนกำมะหยี่สีน้ำตาลแดง ส่วนทำลายจะบุ๋มอยู่ด้านหลังใบ ยังไม่พบการทำลายที่ดอก

การป้องกันและกำจัด

ทำได้โดยตัดใบที่แสดงอาการดังกล่าวออกมาทำลาย พ่นด้วยยาป้องกันกำจัดใช้โดยเฉพาะ เช่น กำมะถันผง หรือยาป้องกันกำจัดไร

7. โรคใบหงิก

ลักษณะอาการ

เป็นอาการที่เกิดจากการทำลายของไรชนิดหนึ่งที่ทำลายใบอ่อน ไรชนิดนี้จะเป็นชนิดที่แตกต่างไปจากพวกไรแดง และไรที่ทำให้เกิดอาการโรคกำมะหยี่โดยมากตรวจพบพวกไรขาว การทำลายส่วนอ่อนของใบที่คลี่แล้วที่ปลายใบ โคนใบ ขอบใบ ส่วนที่ถูกทำลายทำให้ใบที่อยู่ระหว่างการเจริญเติบโตเกิดอาการใบหงิก ใบรียาวผิดปกติคล้ายอาการเป็นพิษจากสารเคมีบางชนิด พบเป็นกับต้นกล้าลำไยเพาะเมล็ด หรือกิ่งลำไยที่อยู่ในพุ่มมีร่มเงา

การป้องกันและกำจัด

พบว่าสารเคมี dicofol และ chlorobenzilate ให้ผลดีที่สุดในการป้องกันกำจัด โดยใช้ dicofol และ chlorobenzilate ในอัตรา 50 และ 20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตรตามลำดับ โดยทำการพ่นทุกๆ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง

8. โรคใบจุด

ลักษณะอาการ

อาการเริ่มแรกเป็นจุดเล็กๆ สีน้ำตาลขนาดต่างๆ กัน ต่อมาจะแห้งและบางครั้งจะพบ fruiting body ของเชื้อรา ซึ่งเป็นเชื้อราพวก *Pestalotiopsis* sp. และ *Phyllosticta* sp.

การป้องกันและกำจัด

ป้องกันกำจัดได้โดยนำใบที่เป็นโรคไปเผาทำลายแล้วฉีดพ่นด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา

ความเสียหายของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว (ปิยะวรรณ ขวัญมงคล, 2551)

ลักษณะความเสียหายของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญมี 2 ลักษณะ ได้แก่ ความเสียหายจากโรคเน่าของผลและความเสียหายจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผล ดังนี้

1. ความเสียหายจากโรคของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวลำไยเป็นผลไม้ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูง โรคเน่าจึงเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของลำไยหลังการเก็บเกี่ยว โดยอาการเน่าของผลมี 4 ลักษณะ ได้แก่

1.1 เนื้อผลเน่า ผิวเปลือกเป็นสีดำ มีรอยแตกของเปลือกเป็นเกล็ดสีดำ มีจุดขาวฟูๆ บริเวณขั้วผลและเนื้อผลนิ่ม บางส่วนบุ๋มลงไปและมีกลิ่นฉุน

1.2 เนื้อผลเน่า ผิวเปลือกสีน้ำตาลคล้ำ บางส่วนผิวสีเหลืองคล้ำ บริเวณขั้วมีเส้นใยสีขาวปนน้ำตาลคลุมโยงกัน เนื้อผลนิ่ม บางส่วนหลุดหายไป ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นฉุน

1.3 เนื้อผลปกติ เปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำ มีเส้นใยสีขาวหรือสีน้ำตาลคลุมทั่วผิว บริเวณขั้วจะมีเส้นใยราคลุมมากกว่าผิวเปลือกปกติ บริเวณขั้วจะมีเส้นใยฟูมาก กลิ่นปกติ

1.4 เนื้อผลและผิวเปลือกปกติ มีเส้นใยคลุมบริเวณขั้วและบางส่วนของผลขาวแห้ง มีเกล็ดสีเท่าดำขึ้นเป็นปื้นๆ บริเวณขั้วจะมีเส้นใยฟูมาก

2. ลักษณะของเชื้อราจากโรคเน่าของลำไยหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญบางชนิด

2.1 *Mucor* sp. เส้นใยสีเทาแก่ ไม่มีผนังกั้นตามขวาง สร้างอับสปอร์สีดำรูปร่างกลมติดอยู่ที่ปลายก้านชูสปอร์ ไม่มี apophysis, stolon และ rhizoid ก้านชูสปอร์เกิดโดยตรงเป็นแขนงออกจากเส้นใยเหนือสับสเตรท เส้นใยที่มีอายุมากและขณะสร้างเซลล์สืบพันธุ์มักพบผนังกั้นตามขวาง

2.2 *Rhizopus* sp. เส้นใยสีน้ำตาล ไม่มีผนังกั้นตามขวาง สร้างอับสปอร์รูปร่างกลมสีดำที่ปลายก้านชูอับสปอร์ ภายในมีสปอร์ขนาดเล็กรูปร่างกลมมากมายมี apophysis, stolon และ rhizoid

2.3 *Lasiodiplidia* sp. โคโลนีเมื่ออ่อนมีสีขาว และเปลี่ยนเป็นสีเทาถึงดำ เมื่ออายุมากขึ้น เส้นใยค่อนข้างฟู เส้นใยมีสีเข้มมีผนังตามขวาง เส้นใยมีขนาดใหญ่ โคนิดิโอฟอร์สั้น ไม่มีกิ่งก้าน เกิดใน pycnidia โคนิเดียสีส้มมี 2 เซลล์ เมื่อแก่รูปไข่หรือยาว

2.4 *Aspergillus niger* โคโลนีเป็นวงซ้อนกันเป็นระยะ สีดำ เส้นใยสีขาวมีผนังกั้นตามขวาง โคนิดิโอฟอร์ตรง เกิดเดี่ยวๆส่วนปลายพองเป็นรูปกลม โคนิเดียใสมีหนึ่งเซลล์ รูปร่างกลม

2.5 *Aspergillus* sp. โคโลนีซ้อนกันเป็นระยะสีเขียว เส้นใยสีขาวลักษณะเส้นใยมีผนังกั้นตามขวาง โคนิดิโอฟอร์ตรง เกิดเดี่ยวๆ ส่วนปลายพองออกเป็นรูปกลม โคนิเดียใสมีหนึ่งเซลล์ รูปร่างกลม

2.6 *Alternaria* sp. โคโลนีเมื่ออ่อนเป็นสีขาว แล้วเปลี่ยนเป็นสีขาวขึ้น เส้นใยมีสีเข้ม มีผนังกั้นตามขวาง โดยโคนิเดียสีน้ำตาลเข้ม ขนาดใหญ่ รูปร่างคล้ายกระบองหรือรูปไข่ มีผนังกั้นตามยาวและตามขวาง

2.7 *Cladosporium* sp. ลักษณะโคโลนีสีเขียวขี้ม้า เส้นใยค่อนข้างฟู ลักษณะเส้นใยมีสีเข้ม มีผนังกั้นตามขวาง โคนิเดียมีสีเข้ม มีหนึ่งหรือสองเซลล์ รูปร่างแตกต่างกันหลายแบบ เช่น รูปไข่ รูปทรงกระบอก ถึงรูปร่างไม่แน่นอน

2.8 *Curvularia* sp. ลักษณะโคโลนีสีเทาเขียว เส้นใยค่อนข้างฟูสีเข้ม มีผนังกั้นตามขวาง โคนิเดียสีเข้ม เซลล์ที่อยู่ส่วนปลายสีจางกว่า โคนิเดียมีสามเซลล์ มักโค้งงอ และมีเซลล์ตรงกลางใหญ่

2.9 *Fusarium* sp. 1 ลักษณะโคโลนีสีเหลืองอ่อน เส้นใยใสฟูมาก มีผนังกั้นตามขวาง โคนิเดียไม่มีสี พบ macroconidia มีหลายเซลล์โค้งเล็กน้อยรูปร่างแบบเสี้ยวพระจันทร์

2.10 *Fusarium* sp. 2 ลักษณะโคโลนีสีแดง เส้นใยแบนราบไปกับผิวหน้า อาหารเส้นใยใสมีผนังกั้นตามขวาง โคนิเดียใสหรือชมพู พบ macroconidia มีหลายเซลล์โค้งเล็กน้อยรูปร่างแบบเสี้ยวพระจันทร์

2.11 *Penicillium* sp. ลักษณะโคนิเดียสีเขียว เส้นใยอัดกันแน่น เส้นใยสีใสไม่มีสี และมีผนังกั้นตามขวาง โคนิดิโอฟอร์ตรง เกิดเดี่ยวๆ ที่ส่วนปลาย แตกกิ่งก้านลักษณะคล้ายแปรง โคนิเดียเกิดต่อกันเป็นลูกโซ่บน Phialides โคนิเดียมีหนึ่งเซลล์รูปร่างกลมหรือรี

2.12 *Pestalotiopsis* sp. โคโลนีสีขาว เส้นใยแบนราบไปกับผิวหน้าอาหาร เส้นใยไม่ฟูมาก บริเวณตรงกลางโคโลนีจะมีการสร้างของเหลวคล้ายหยดน้ำสีดำ เส้นใยใสไม่มีสี มีผนังกั้นตามขวาง โคนิเดียสีเข้ม มีหลายเซลล์ โคนิเดียรูปร่างยาว ส่วนปลายมีรยางค์ 2 เส้น หรือมากกว่านั้น

2.13 *Gloeosporium* sp. เส้นใยไม่มีสี มีผนังกั้นตามขวาง สปอร์เดี่ยวรูปร่างยาวรี สปอร์เป็นมัน ไม่มีสี สร้างโคนิเดียในรูปอะเซอวูลัส

2.14 *Colletotrichum* sp. เส้นใยไม่มีสี มีผนังตามขวาง สปอร์เดี่ยวรูปร่างยาวรีคล้ายเคียว สปอร์ไม่เป็นมันไม่มีสี สร้าง setae ที่มีลักษณะยาวสีน้ำตาลเข้มในอะเซอวูลัส

2.15 *Cephalosporium* sp. เส้นใยไม่มีสี มีผนังกั้นตามขวาง โคนิดิโอฟอร์และก้านชูผอมบาง สปอร์สร้างต่อเนื่องกันที่ปลายโคนิดิโอฟอร์

2.16 *Phecilomyces* sp. เส้นใยสีขาวมีผนังกั้นตามขวาง เมื่อสร้างโคนิเดียเส้นใยจะเปลี่ยนเป็นสีเทาอมม่วงหรือเทาอมชมพู โคนิเดียเดี่ยวสีเขียวผนังขรุขระต่อกันเป็นลูกโซ่ Phialide แยกเป็นกิ่งตรงฐานจะม้วนและเรียวไปสู่ปลายมีคอคอดเหมือนขวดตรงปลาย

2.17 *Nigrospora* sp. เส้นใยสีขาวมีผนังกั้นตามขวาง โคนิดิโอฟอร์สั้น โคนิเดียเดี่ยวสีดำ รูปร่างกลมหรือแบบอยู่บนเวสซิเคิลเล็กๆ ไม่มีสี

2.18 *Rhizotonia* sp. สร้าง sclerotium โดยมีเส้นใยจับกลุ่มกันอย่างหลวมๆ สีน้ำตาลหรือสีดำรูปร่างไม่แน่นอน เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 30 ไมโครเมตร เส้นใยปกติสีน้ำตาล

2.19 ยีสต์ เป็นเซลล์เดี่ยวๆ (unicellular fungi) ขยายพันธุ์โดยการแตกหนอ

นอกเหนือจากนี้ยังพบเชื้อแบคทีเรียปนเปื้อนอยู่ ส่วนมากพบร่วมกับอาการผลเน่า ผิวสีดำและผลเน่าผิวสีน้ำตาล

การเก็บเกี่ยว (ปิยะวรรณ ขวัญมงคล, 2551)

สาเหตุความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของผลลำไย ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียมี 3 สาเหตุที่สำคัญ คือ

1. อายุการเก็บรักษา อายุของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษามักจะสั้นกว่าผลไม้ชนิดอื่น จากการศึกษาพบว่า อายุการเก็บรักษาผลลำไยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ กล่าวคือ ที่อุณหภูมิห้อง ลำไย 2 ใน 3 ส่วนที่เก็บไว้จะเน่าเสียภายใน 4 วัน และผลลำไยทั้งหมดจะเน่า ถ้าเก็บรักษาไว้นาน เกิน 1 สัปดาห์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส จะยืดเวลาการเน่าเสียได้อีก 2 วัน ลำไย ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ จะเน่าเสียเมื่อเก็บรักษาไว้ 1 สัปดาห์และลำไยทั้งหมดที่เก็บรักษาจะเน่า หากเก็บไว้นานเกินกว่า 2 สัปดาห์

2. บาดแผลและความบอบช้ำในระหว่างการเก็บ บาดแผลและรอยช้ำที่เกิดกับผลลำไย มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเน่าของผลลำไยสูง จากการทดลองใช้เข็มหมุดแทงทะลุเปลือกถึงเนื้อผล ผลละ 3 แห่ง พบว่า ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของผลที่มีบาดแผลจะเน่าเสียภายใน 4 วัน เมื่อเก็บไว้ที่ อุณหภูมิห้องในขณะที่ผลที่ไม่ได้ทำแผลเสียหายเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ ความบอบช้ำระหว่างการขนส่งเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการเน่า จากการทดลอง พบว่า ผลลำไยที่ใช้มือกดสร้างความบอบช้ำเน่าเสียหาย 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 11.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 11 วัน ในขณะที่ผลไม่ได้บอบช้ำเน่าเสียเพียง 37 เปอร์เซ็นต์

3. เชื้อจุลินทรีย์ ลำไยมักเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวได้ง่าย ผิวเปลือกลำไยประกอบด้วย ขนปกคลุมจำนวนมาก บางบริเวณมีคิวติเคลปกคลุมอยู่ ทำให้สปอร์เชื้อราไปเกาะอยู่ที่ผิวเปลือกขน และบนคิวติเคิล และก่อให้เกิดผลเน่าได้ ศักดิ์มนตรี นาชัยเวียง (2537) รายงานถึงชนิดและลักษณะของเชื้อราไปเกาะอยู่ที่ผิวเปลือก ขนบนคิวติเคิล และก่อให้เกิดโรคผลเน่าหลังการเก็บเกี่ยวดังนี้ กลุ่มเชื้อที่พบ ได้แก่ *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Penicillum* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Fusarium* sp., *Curvularia* sp., *Rhizopus* sp., *Aspergillus flavus*, *Mucor* sp., *Nigrospora* sp., *Alternaria* sp., *Paecilomycete* sp., *Cephalosporium* sp., *Gloeosporium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Aspergillus niger*, *Dendrophoma* sp., *Phyctaena* sp. และยีสต์

ไคตินและไคโตซาน (พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์, 2005)

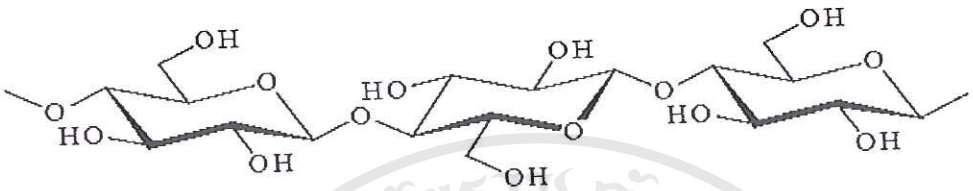
ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่ธรรมชาติได้สร้างเป็นองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตมากมายจัดอยู่ในกลุ่มคาร์โบไฮเดรต มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) พอลิเมอร์ทั้งสองนี้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างป้องกันและสร้างความแข็งแรงให้แก่ผนังเซลล์ของสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้อาจพบในผนังเซลล์เห็ดและสาหร่ายบางชนิด ไคตินบริสุทธิ์เป็นวัสดุสีขาวไม่ละลายน้ำ กรดเจือจาง อัลคาไลน์ (ทั้งเข้มและเจือจาง) และตัวทำละลายอินทรีย์ใดๆ แต่ละลายได้ดีในสารละลายกรดฟอร์มิก ส่วนไคโตซานเป็นสารพอลิเมอร์ที่เกิดจากการกำจัดหมู่อะมิโนอิสระ (deacetylation) ออกจากโครงสร้างของไคตินแล้วได้อนุพันธ์ที่สามารถมีประจุบวกบนหมู่อะมิโนอิสระ

ไคติน

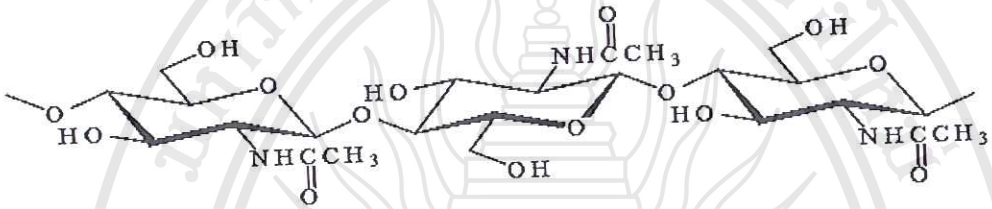
ไคตินเป็นสารอินทรีย์พอลิเมอร์จำพวกโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสเป็นแกน (back bone) ที่มีธาตุไนโตรเจน และกลุ่มอะซิติลเกาะอยู่ภายในโมเลกุล เรียงต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ 1,4 บีตาไกลโคซิดิก (1,4 beta-glycosidic bond) ที่มีชื่อทางเคมีว่า poly-β-(1,4)-acetamido-2deoxy-D-glucose แต่ละหน่วยของกลูโคส ที่มีหมู่อะมิโนกับหมู่อะซิติลเกาะกันเป็นกลุ่มของเอ็น-2-deoxy-D-glucose แต่ละหน่วยโมเลกุลของกลูโคส ที่มีหมู่อะมิโนกับหมู่อะซิติกเกาะกันเป็นกลุ่มของเอ็น-อะซิติลกลูโคซามีน หรือเรียกว่า polymer ของเอ็น-อะซิติลกลูโคซามีน สูตรทั่วไปคือ $(C_{16}H_{13}NO_5)_n$ มีคาร์บอน 47.29 เปอร์เซ็นต์ ไฮโดรเจน 6.45 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจน 6.89 เปอร์เซ็นต์ และออกซิเจน 39.37 เปอร์เซ็นต์ (Budavari *et al.*, 1989) สูตรโครงสร้างของไคตินโดยทั่วไปคล้ายกับเซลลูโลส

พอลิเมอร์ทั้งสองต่างกันที่หมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ในเซลลูโลส ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง และจะเป็นหมู่ acetamido ($-NH-CO-CH_3$) ในไคติน สายพอลิเมอร์ของไคตินจะมีเอ็นอะซิติลกลูโคซามีน นับพันหน่วยเกาะกันด้วยพันธะ β-(1,4) อย่างไรก็ตามในธรรมชาติจะมีบางหน่วยที่ไม่มีหมู่อะซิติล ($-CO-CH_3$) ดังแสดงในภาพที่ 2.1

ไคตินมีคุณสมบัติเป็นของแข็ง ไม่ละลายน้ำ กรดเจือจาง ด่างเจือจางและเข้มข้น แอลกอฮอล์ และตัวทำละลายอื่นๆ แต่สามารถละลายได้ในกรดอินทรีย์แก่ เช่น กรดไฮโดรคลอริก กรดซัลฟูริก และกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิกเข้มข้น 78-79 เปอร์เซ็นต์ และกรดฟอร์มิกที่ปราศจากน้ำ (Budavari, 1989) ต่อมาออสติน (Austin *et al.*, 1981) ได้ค้นพบตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับไคติน ได้แก่ N, N-dimethylacetamind และ N-methylpyrolidone ร่วมกับ lithium chloride (LiCl) ในปริมาณเล็กน้อย



Cellulose



Chitin

ภาพที่ 2.1 การเปรียบเทียบโครงสร้างของเซลล์ลูโลส และไคติน

ที่มา : พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์ (2005)

แหล่งวัตถุดิบของไคติน (พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์, 2005)

ในธรรมชาติเราพบไคตินมีปริมาณมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส แต่ไม่พบเป็นโครงสร้างหลักเดี่ยวๆ ในสิ่งมีชีวิต โดยพบในรูปที่เป็นสารประกอบปะปนอยู่กับสารอื่นๆ เช่น อยู่รวมกับหินปูน หรือแคลเซียม และโปรตีน ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน แหล่งวัตถุดิบสำคัญของไคติน ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แหล่งวัตถุดิบของไคติน

สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังประเภทมีข้อปล้อง (Arthopods)	แมลง (Insect)	จุลินทรีย์ (Microorganisms)
หนอนทะเล (Annelida)	แมลงป่อง	สาหร่ายสีเขียว
หอย (Mollusk)	Brachiopods	สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำตาล
Coelentera	มด	ยีสต์ (β-type)
Crustaceans	แมลงสาบ	เชื้อรา (ผนังเซลล์)
กุ้งก้ามกราม (Lobster)	แมลงปีกแข็ง	ก้านชูสปอร์ของ penicillium
กุ้ง (shrimp)	แมงมุม	สปอร์
กุ้งนาง (prawn)		Chytricliacae
Krill		Blastocladiaoeae
ปู (crab)		Ascomydes

ที่มา : พูนทรัพย์ วิชัยพงษ์ (2005)

ไคตินเป็นพอลิเมอร์ที่พบมากในธรรมชาติ พบได้ทั่วไปในสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ ซึ่งจะพบมากตามบริเวณโครงสร้างภายนอก (exoskeleton) ของสัตว์ phylum *Arthopoda* เนื่องจากไคตินเป็นตัวทำให้โครงสร้างยึดกันเป็นรูปและคงสภาพแข็งแรงพอที่จะใช้เป็นเครื่องป้องกันตัวจากการทำร้ายของสัตว์อื่นๆ โดยจะพบมากใน class Crustacea ได้แก่ กุ้ง ปู กั้ง กระดองของหมึกตลอดจนใน class Insectta ได้แก่ แมลงปีกแข็ง ด้วง แมลงสาบ เป็นต้น และแหล่งสร้างไคตินที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งคือ เห็ด รา และยีสต์ ซึ่งสามารถพบไคตินได้บริเวณผนังเซลล์ ไคตินที่พบจะมีผลึกแตกต่างกันออกไป ได้แก่ α, β และ γ ซึ่งจะทำการวิเคราะห์โดยใช้ X-ray diffraction ผลึกของ α-chitin จะพบมากที่สุดในเปลือกสัตว์ Arthropod ผลึก β-chitin ถูกตรวจพบในสาหร่ายบางชนิด β-chitin ไม่สามารถเปลี่ยนให้เป็น α-chitin ด้วยกรดไฮโดรคลอริก แต่สามารถเปลี่ยนได้โดยใช้กรดฟอร์มิก และเป็นการยืนยันว่า α-chitin เสถียรกว่า β-chitin ปริมาณไคตินที่พบในแหล่งต่างๆ จะมีปริมาณแตกต่างกันออกไปดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ปริมาณไคตินที่พบในสิ่งมีชีวิตต่างๆ

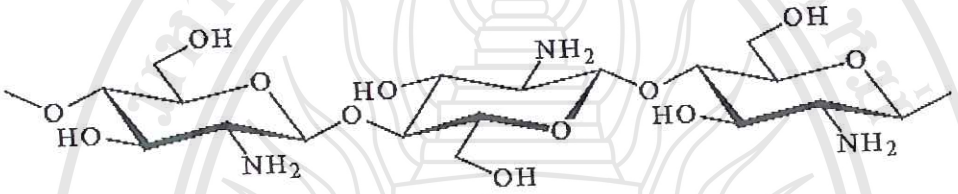
แหล่งไคติน	ปริมาณไคติน (%)	รูปแบบของไคติน
Crustacea		
Crangon (shrimp)	69.1	α-chitin
Alaskan (shrimp)	28.0	
Insect		
Pieris (sulfur butterfly)	64.0	
Colcoptera (beetle)	27-35	
Diptera (true fly)	54.8	α-chitin
Bombyx (silk worn)	44.2	
Calleria (wax worm)	33.7	
Molluscan organ		
Squid, skeletalpan	41.0	β-chitin
Oyster shell	3.6	
Fungi		
Aspergillus niger	42.0	
Aspergillus phoenicis	23.7	
Pennicillium notatum	18.5	
Histoplasma capsulatum	25.8	α-chitin
Histoplasma farciminosum	40.0	
Mucor rouxii	44.5	
Mortierella vinacea	22.0	

ที่มา : พรพิมล สีดำ (2549)

ไคโตซาน (พรพิมล สีดำ, 2549)

ไคโตซาน (chitosan) เป็นพอลิเมอร์สารพัดประโยชน์ที่สกัดได้จากของเหลือทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลเป็นส่วนใหญ่ที่สังเคราะห์ได้จากไคติน (chitin) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ประเภทพอลิแซคคาไรด์ (polysaccharide) มีหน่วยซ้ำๆ กัน คือ อะซิติลกลูโคซามีนไคติน พบมากในเปลือกแข็งของสัตว์ทะเลและแมลง เช่น เปลือกหอย เปลือกกุ้ง กระดองปู ฯลฯ

ไคโตซานเป็นอนุพันธ์รูปหนึ่งของไคตินมีโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับไคติน แต่ปราศจากหมู่อะซิติล (acetyl group) สามารถเปลี่ยนไคตินให้เป็นไคโตซานได้โดยการไฮโดรไลส์เอาหมู่อะซิติลออกจากพอลิเมอร์ของไคติน การนำเอากลุ่มอะซิติลออกมากหรือน้อยจะคิดเป็นปอร์เซ็นต์ของการดีอะซิติเลชัน (% degree of deacetylation) เราเรียกไคตินที่ถูกไฮโดรไลส์กลุ่มอะซิติลออกบางส่วนหรือเกือบทั้งหมดว่า ไคโตซาน หรือดีอะซิติเลเตดไคติน (deacetylated chitin) สูตรโครงสร้างของไคโตซาน แสดงดังภาพที่ 2.2



Chitosan

ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของไคโตซาน

ที่มา : พรพิมล สีดำ, 2549

เนื่องจากหมู่อะซิติล ($-CO-CH_3$) ของไคติน ถูกตัดออกเหลือหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ที่คาร์บอนตำแหน่งที่สอง โดยทั่วไปหมู่อะซิติลถูกไฮโดรไลส์หรือหลุดไปประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ไคตินจะถูกเรียกว่าไคโตซาน

ไคโตซานมีชื่อทางเคมีว่า พอลิ-(1,4)-อะมิโน-2-ดีออกซี-เบต้า-กลูโคส (poly-(1,4)-amino-2-deoxy-β-D-glucose) หรือเรียกง่ายๆ ว่า พอลีกลูโคซามีน (polygulucosamine) สมบัติที่แตกต่างจากโพลีแซคคาไรด์อื่นๆ คือ ไคโตซานมีสมบัติเป็นประจุลบ (anionic polyelectrolyte)

เนื่องจากไคโตซานมีหมู่อะมิโนอิสระ (NH_2) ที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่สอง ทำให้ไคโตซานสามารถละลายน้ำได้ดีในกรดอินทรีย์ต่างๆ ตัวทำละลายที่ดีของไคโตซาน คือ กรดฟอร์มิกความเข้มข้นตั้งแต่ 0.2–100 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร นอกจากนี้ไคโตซานสามารถละลายน้ำได้ในกรดอนินทรีย์ เช่น กรดไฮโดรคลอริก และกรดไนตริก ที่เจือจางและละลายได้เล็กน้อยในกรดฟอสฟอริกความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร โดยส่วนใหญ่เมื่อจะนำไคโตซานไปใช้ประโยชน์จะละลายไคโตซานในกรดฟอร์มิก และกรดอะซิติก (Muzzarelli, 1973) ไคโตซานมีสมบัติไม่ละลายในตัวทำละลายที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง ได้แก่ ตัวทำละลายอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งกรดอนินทรีย์บางอย่าง เช่น

กรดซัลฟูริก ไม่ว่าจะความเข้มข้นใดๆ ที่อุณหภูมิห้อง ไคโตซานไม่สามารถละลายได้ในน้ำที่มีความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่า 6.5 แต่ถ้านำไคโตซานมาบดแห้ง (dry blending) กับกรดอินทรีย์จะได้ไคโตซานที่สามารถละลายน้ำได้ (Skaugrud, 1999) จากคุณสมบัติดังกล่าว จึงทำให้ไคโตซานถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางมากกว่าที่จะใช้ในรูปของไคติน

คุณสมบัติของไคโตซาน

1. Cationic properties ไคโตซานมีคุณสมบัติเป็น Linear polyelectrolyte มีความหนาแน่นทางประจุสูงใช้เป็น flocculant ที่มีประสิทธิภาพสูงได้เป็นอย่างดี สามารถยึดจับกับประจุลบที่ผิวได้ดี และยังสามารถจับกับโลหะเป็นพวก Chelated metal ions ได้

2. Chemical properties ไคโตซานเป็นพอลิเมอร์ที่มีมวลโมเลกุลสูงและเป็นพอลิเมอร์สายตรงที่เป็นของแข็งที่ไม่มีรูปร่างแน่นอน (amorphous solid) มีหมู่อะมิโนที่พร้อมจะละลายในกรดอินทรีย์ที่เป็นกรดอ่อน เช่น กรดมะนาว เป็นต้น สารละลายไคโตซานมีคุณสมบัติสำคัญหลายอย่าง เช่น อยู่ในรูป free amine จะไม่ละลายน้ำที่ pH เป็นกลาง และที่ pH เป็นกรด free amine group ($-NH_2$) จะถูก protonated ได้เป็น cationic amine group ($-NH_2$)

3. Chitosan solution properties สารละลายไคโตซานในกรดอินทรีย์เกิดเป็นสายของ Polyamine ที่อยู่ในรูปของ protonated from ซึ่งมีความเข้มข้นของประจุบวกสูงและมีสมบัติที่พร้อมจะทำปฏิกิริยากับชีวโมเลกุลที่มีประจุลบได้เป็นอย่างดี ไคโตซานไม่สามารถละลายได้ที่ pH มากกว่า 6.5 ความสามารถในการละลายของไคโตซานจะถูกกำจัดใน H_3PO_4 ไคโตซานไม่สามารถละลายในสารละลายอินทรีย์หลายชนิด คุณสมบัติของไคโตซานที่ขายในท้องตลาดมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ลักษณะเฉพาะของไคโตซาน

ลักษณะเฉพาะ	รายละเอียด
ลักษณะและขนาด	เป็นเกล็ดหรือเป็นผงละเอียด
สีของสารละลายไคโตซาน	ใส ไม่มีสี
ความชื้น (Moisture content)	2.0-10.0%
ไนโตรเจน (Nitrogen)	7.0-8.4%
Degree of daecetylation	10% ในไคติน, 60% ในไคโตซานและ 90-100% ใน Full deacetylated chitosan
เถ้าที่ 900 °C	ต่ำกว่า 1.0%

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ลักษณะเฉพาะ	รายละเอียด
ความหนืดของสารละลายไคโตซานเข้มข้น 1% โดยปริมาตรใน 1% สารละลายกรดอะซิติก	200-300 cps
มวลโมเลกุล (Molecular weight)	$1x10^5$-$5x10^5$ g/mol
ค่าคงที่การแตกตัว (Dissociation contant, Ka)	6.0-7.0 (ส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 6.3)
ข้อมูลของ X-ray diffraction	Typical peak ที่ $8°85'$-$10°26'$ และ $19°58'$-$20°00'$
Carotenoids	ไคตินและไคโตซานประกอบด้วย carotenoids ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไคตินและไคโตซานสามารถถูกสกัดหรือฟอกสีได้
กรดอะมิโน (Amino acid)	Glycine, Serine, Aspartic acid
โลหะหนัก (Transition metals)	โดยปกติต่ำกว่า 5.0 μg/g ไม่รวมธาตุเหล็ก

ที่มา : พิมพ์ทิพย์ โภชนะวนิชย์ (2542)

กระบวนการสกัดไคโตซานจากจุลินทรีย์

บาร์ทนิก-การ์เซีย (Bartnick-Garcia, 1968) เลี้ยงและทดสอบองค์ประกอบของผนังเซลล์ของเชื้อรา *Mucor rouxii* พบว่า ประกอบไปด้วย พอลิแซคคาไลด์ 3 ชนิดหลัก คือ chitosan, chitin และอะซิติค โพลีแซคคาไลด์

ไวท์, ฟารีน่าและฟลูทอง (White, Farina and Fultong, 1979) แยกไคโตซานจากเชื้อ *Mucor rouxii* ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยการแยกไคโตซานจากไฮฟาของ *Mucor roxii* โดยพบว่า *Mucor rouxii* มีไฮฟาอยู่ประมาณร้อยละ 16-22 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง เมื่อทำการสกัดโดยใช้กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก และกรดไฮโดคลอริก เป็นตัวสกัด พบว่ามีไคโตซานอยู่ร้อยละ 4-8 ของน้ำหนักเซลล์แห้ง

มิโยชิ และคณะ (Miyoshi *et al.*, 1992) ได้ทำการศึกษาไคโตซานจากเชื้อรา 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Cunninghumella blakesleeana*, *Rhizopus delemar*, *Absidia coerulea*, *Mucor rouxii* และ *Mortierllia isabelina* โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์และกรดอะซิติก พบว่ามีไคโตซานอยู่ 1.2 ถึง 10. 4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของรา

การสกัดไคโตซานจากเชื้อราพบว่า ปริมาณไคโตซานที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับ ชนิดของเชื้อรา สารอาหารเลี้ยงเชื้อ สภาวะการเลี้ยง ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยว และวิธีการสกัด การเลือกใช้ความเข้มข้นด่างในการสกัดจะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบของราที่เรานำมาศึกษาว่ามีองค์ประกอบหลักเป็นไคตินหรือไคโตซานและมีพวกกลูแคน แมนแนนอยู่มากน้อยเพียงใดเป็นตัวกำหนดความเข้มข้นของด่างและวิธีการสกัด ถ้ารามีโปรตีนอยู่น้อยมากก็สามารถสกัดไคโตซานได้เลยโดยไม่จำเป็นต้องกำจัดโปรตีนก่อน ส่วนการละลายไคโตซานออกจากสารสกัดรานิยมใช้กรดแอซิติกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ในการทำลายและใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับ pH ของสารละลายกรดแอซิติกให้มี pH สูงกว่า 8.5 ส่งผลให้ไคโตซานตกตะกอนออกจากสารละลายแอซิติก

องค์ประกอบและปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดไคโตซาน

1. ปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดไคโตซาน

1.1 ชนิดของสารละลายด่าง สารละลายด่างที่นิยมใช้ในการกำจัด acetyl ในไคตินคือ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในการกำจัดหมู่ acetyl มีผลทำให้ได้สารละลายไคโตซานที่มีความหนืดสูงกว่าการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1.2 ความเข้มข้นของสารละลายด่าง ด่างที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl มักอยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งมีความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 40-60 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีการใช้ด่างในรูปอื่น เช่น การเตรียมไคโตซาน ด้วยวิธีหลอมไคติน 30 กรัม กับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 150 กรัม ใน nickel crucible ภายใต้บรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน เป็นต้น การใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นสูงเกินไปจะทำให้ไคโตซานที่ผลิตได้สูญเสียสภาพธรรมชาติได้ เนื่องจากภาวะที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl เป็นภาวะที่รุนแรง ทั้งอุณหภูมิที่สูง และเวลาค่อนข้างนาน แต่การใช้สารละลายด่างที่มีความเข้มข้นต่ำเกินไป จะทำให้ไคโตซานในกรดอ่อนละลายได้ยากขึ้น หรือไม่สามารถละเลย รวมทั้งไคโตซานที่มีความหนืดแตกต่างกัน

1.3 อุณหภูมิในการกำจัดหมู่ acetyl อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl โดยมากจะทำที่อุณหภูมิค่อนข้างสูง ตั้งแต่อุณหภูมิ 80-180 องศาเซลเซียส ถ้าใช้ความเข้มข้นของสารละลายด่างสูงขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl ควรลดลง เพื่อไม่ให้ภาวะที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl รุนแรงเกินไป

1.4 เวลาในการกำจัดหมู่ acetyl เวลาที่ใช้ในการกำจัดหมู่ acetyl มีตั้งแต่ 5-15 นาที ถึง 2-15 ชั่วโมง ขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการกำจัดหมู่ acetyl เช่น ความเข้มข้นของสารละลายด่าง อุณหภูมิ แหล่งไคติน เป็นต้น

391472

1.5 ปฏิกิริยา oxidation จากออกซิเจนในอากาศ มีผลต่อขนาดโมเลกุลของไคโตซาน โดยถ้ามีปฏิกิริยา oxidation เกิดขึ้น หรือมีก๊าซออกซิเจนปรากฏ ในขั้นตอนระหว่างการกำจัดหมู่ acetyl จะทำให้ไคโตซานเกิดปฏิกิริยา degradation ได้ ทำให้ไคโตซานที่ผลิตได้มีมวลโมเลกุลลดลง

1.6 คุณภาพของไคติน มีผลต่อคุณภาพของไคโตซานที่ได้ เนื่องจากไคตินเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไคโตซาน โดยทั่วไปสมบัติและคุณภาพของไคติน จะขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 อย่าง คือ แหล่งของไคตินหรือวัตถุดิบที่นำมาแยกไคติน และกรรมวิธีที่ใช้ในการแยกไคติน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตซาน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไคโตซานส่วนใหญ่จะทำการวิเคราะห์ในเรื่องเปอร์เซ็นต์หมู่ acetyl ในสายพอลิเมอร์ น้ำหนักในโมเลกุล ส่วนประกอบหมู่ต่างๆ ของไคโตซาน ซึ่งวิธีการวิเคราะห์เหล่านี้ปัจจุบันได้มีการประยุกต์นำเครื่องมือมาช่วยในการวิเคราะห์ให้สะดวกกว่าอดีตมาก

การประยุกต์ใช้ไคตินและไคโตซานในด้านต่างๆ

ไคโตซานมีการนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในเกือบทุกอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นเครื่องสำอาง อาหาร การแพทย์ ในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศที่เป็นผู้นำทางเทคโนโลยี เช่น สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น อังกฤษ ได้มีการศึกษาเรื่องไคโตซานอย่างกว้างขวาง แต่ในประเทศไทยยังมีการศึกษาน้อยมาก

เชื้อราและองค์ประกอบของเชื้อรา

เชื้อรา (fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีนิวเคลียสแบบ ยูคารีโอต (eucaryote) ไม่มีคลอโรฟิลล์ สร้างสปอร์ไม่ได้ มีการสืบพันธุ์ที่อาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ โครงสร้างเป็นแบบเซลล์เดียวและแบบหลายเซลล์เรียงตัวแนวเดียวกัน โดยจะเจริญตามแนวยาวไม่มีขอบเขตที่จำกัด ผนังเซลล์ประกอบด้วยสารพวกไคตินหรือเซลล์ลูโลสกับไคติน ลักษณะโครงสร้างของเชื้อราเป็นเซลล์เดียวหลายเซลล์ เชื้อราหลายเซลล์จะประกอบด้วยเซลล์เรียงตัวเป็นแนวเดียวกันเป็นเส้นไยหรือไฮฟา ส่วนพวกเซลล์เดียวเรียกว่ายีสต์ ส่วนพวกที่มีไฮฟาเรียกว่ารา เซลล์เชื้อรามีลักษณะทั่วไปคล้ายเซลล์พืช

องค์ประกอบทางโครงสร้างที่สำคัญของเชื้อรา

1. ผนังเซลล์ของเชื้อราส่วนมากจะประกอบด้วยสารพวกไคติน หรือเซลลูโลสกับไคติน บางชนิดจะมี ลิปิด โปรตีน และสารประกอบอื่นๆ อีกด้วย ในผนังเซลล์ยีสต์จะมีไคตินเพียงเล็กน้อย แต่ส่วนมากจะประกอบด้วยพอลิแซ็คคาไรด์สองชนิด คือ glucan (พอลิเมอร์ของกลูโคส) และ mannan (พอลิเมอร์ของแมนโนส) เป็นจำนวนมากถึงสองในสาม ของสารทั้งหมดในผนังเซลล์

ส่วนสารอื่น ได้แก่ heteropolysaccharide, chitosan, amino sugar, lignin โปรตีน และลิปิด อย่างไรก็ตาม สารประกอบเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงได้ตามอายุการเจริญ และสภาวะแวดล้อมภายนอก

2. เซลล์เมมเบรน ประกอบด้วยลิปิดและโปรตีนที่จัดเรียงตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อน ของ lipoprotein ซึ่งชนิดและจำนวนของลิปิดกับโปรตีนจะแตกต่างกันไป ในเซลล์เมมเบรนของยีสต์มีลิปิดประกอบด้วย mono-, di- และโปรตีนจะมาเรียงตัวเป็นของเซลล์เมมเบรน

3. ออร์แกเนลล์ ที่พบในเซลล์เชื้อราจะคล้ายของเซลล์สัตว์ชั้นสูงได้แก่ ไมโตคอนเดรีย ใช้สร้างพลังงานในกระบวนการ oxidative phosphorylation เอนโดพลาสมิคเรติคูลัม มีความสำคัญเกี่ยวกับการเจริญขยายขนาดไฮฟา ไรโบโซม ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน และกอลไจแอพพาราตัส ทำหน้าที่สังเคราะห์สารโมเลกุลใหญ่ เช่น lipoprotein

4. โลมาโซม เป็นโครงสร้างที่มีเมมเบรนห่อหุ้ม จะพบในของเหลวที่อยู่ระหว่างผนังเซลล์ และเซลล์เมมเบรน ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสร้างผนังเซลล์

5. นิวเคลียส ในแต่ละเซลล์จะมีหนึ่งนิวเคลียสหรือมากกว่า สามารถมองเห็นเมื่อทำการย้อมสี

6. เซลล์อินคลูชั่น ที่สำคัญในเซลล์เชื้อรา ได้แก่ อาหารสะสม ซึ่งมีสองชนิด คือ ไกโคเจน และลิปิด โดยไกลโคเจนจะพบมากที่เซลล์ทั่วไปส่วนลิปิดจะพบที่สปอร์

การจัดจำแนกหมวดหมู่

เนื่องจากเชื้อรามีมากกว่า 100,000 ชนิด บางชนิดมีสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกันมาก บางชนิดสัณฐานวิทยาแตกต่างกันชัดเจน ทำให้นักราวิทยาพยายามที่จะจำแนกเชื้อราเป็นหมวดหมู่ในสมัยแรกๆ การจัดจำแนกหมวดหมู่ยังไม่ถูกต้องอย่างแท้จริงเพราะขาดความรู้เรื่องวิทยาการ ในปัจจุบันความรู้ทางวิทยาการเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว การจัดจำแนกหมวดหมู่ของเชื้อราจึงมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น เชื้อราทั้งหมดจัดอยู่ใน Division Eumycophyta มี Class คือ

1. Class Phycomycetes มีลักษณะทั่วไป ดังนี้

1.1 เส้นใยไม่มีผนังกั้น

1.2 สร้างสปอร์ภายใน sporangium อย่างไม่จำกัดจำนวน

1.3 สร้าง zoospore ภายใน zoosporangium แต่ละ zoospore มีแฟลกเจลลา 1-2 หรือบางชนิด

1.4 สร้างสปอร์ที่ไม่มีแฟลกเจลลาหรือ aplanospore

1.5 สืบพันธุ์แบบมีเพศจะสร้าง oospore หรือ zygospore มีผนังหนาทำให้ทนต่อสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมได้ดี

1.6 การดำรงชีวิตเป็นแบบ saprophyte และปรสิต

1.7 ต้องการความชื้นค่อนข้างสูงในการเจริญ สมาชิกส่วนใหญ่มากจึงเป็นเชื้อราที่อยู่ในน้ำ

เชื้อราในกลุ่มนี้มีหลายชนิดที่สำคัญ ได้แก่ *Rhizopus*, *Mucor*, *Albugo*, *Saprolegnia*, *Pythium*, *Synchytrium* และ *Phythophthora* เป็นต้น

2. class Ascomycetes มีลักษณะทั่วไป ดังนี้

2.1 เส้นใยมีผนังกั้น

2.2 สร้างสปอร์ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ การสร้างสปอร์ทั้งแบบมีเพศเกิดใน ascus จำนวน 8 ascospore

2.3 ไม่ต้องการความชื้นในการเจริญ

เชื้อรากลุ่มนี้ที่สำคัญ ได้แก่ *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gibberella* และยีสต์

3. Class Basidiomycetes มีลักษณะทั่วไป ดังนี้

3.1 เส้นใยมีผนังกั้น

3.2 เส้นใยเป็นชนิด binucleate mycelium ในแต่ละเซลล์มี 2 นิวเคียส

3.3 การสืบพันธุ์แบบมีเพศจะสร้าง basidiospore บน basidium สมาชิกที่สำคัญ ได้แก่ เห็ดหอม เห็ดนางรม เห็ดฟาง

4. Class Deuteromycetes มีลักษณะทั่วไป ดังนี้

4.1 เส้นใยมีผนังกั้น

4.2 มีเฉพาะการสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศเท่านั้น และการสร้างสปอร์แบบ conodia

เชื้อราในกลุ่มนี้ยังไม่พบระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศ คงพบเฉพาะระบบสืบพันธุ์แบบไม่มีเพศเท่านั้น จึงมีชื่อสำคัญว่า fungi imperfecti หากมีการศึกษาจนสามารถพบระยะที่มีการสืบพันธุ์แบบมีเพศก็จะจัดไว้ในกลุ่มอื่นๆ เช่น ถ้าพบมีการสร้าง ascospore ก็จัดไว้ใน class Ascomycetes หรือถ้าพบมีการสร้าง basidiospore ก็จัดไว้ใน class Basidiomycetes เชื้อราใน class Deuteromycetes ประกอบด้วยสมาชิกเกือบ 2,000 สกุล และ 15,000-20,000 ชนิด

ชีวสังเคราะห์ไคตินและไคโตซาน

ชีวกำเนิดเวซิเคิลและผนังเซลล์

ราเป็นจุลินทรีย์พวกยูคารีโอต มีเวซิเคิล (vesicle) ที่อยู่ในไซโตพลาซึม มีบทบาทสำคัญในการเจริญของผนังเซลล์ เวซิเคิลจะเป็นตัวชักนำสารที่จำเป็นต่อการสร้างผนังเซลล์ (precursor ผลิตภัณฑ์ เอนไซม์) การศึกษาโครงสร้างในราพบว่า เกิดการสะสมของเวซิเคิลเหล่านี้เป็นออร์แกเนลล์

มีความสำคัญต่อการเจริญของผนังเซลล์ ปัจจุบันพบว่า มีเวซิเคิล 2 ชนิด ที่ทำหน้าที่ต่างกัน คือ มาโครเวซิเคิลและไมโครเวซิเคิล

การสร้างผนังเซลล์ของราจะมีการแบ่งอย่างชัดเจนของเวซิเคิลที่สร้างผนังเซลล์พอลิเมอร์และเอนไซม์ที่ใช้ในการสร้างผนังเซลล์ในระยะที่ยังไม่มีรูปร่างของผนังเกิดขึ้นจะถูกซ่อนอยู่ภายในไมโครเวซิเคิล ด้วยเหตุนี้ เอนไซม์ chitin synthetase ซึ่งใช้สร้างโครงร่างไคติน (microfibrllar chitin) ของผนังราสามารถแยกได้จากไมโครเวซิเคิล เรียกไมโครเวซิเคิลเหล่านี้ว่า ไคโทโซม ซึ่งถูกแยกให้บริสุทธิ์และทำการวิเคราะห์ได้ ส่วนมาโครเวซิเคิลตัวอื่นมีลักษณะพิเศษเปราะต่อวิธีการแยกออกจากโครงสร้างเวซิเคิลอื่นๆ ที่มีอยู่ใน cell homogenates

เหตุหลักของราที่มีเวซิเคิล 2 ชนิด คือ ความเกี่ยวข้องในการเจริญของผนังเซลล์ ซึ่งมีผลรวมความต้องการที่แตกต่างกันในการสังเคราะห์ทางชีวภาพ โดยพบการผลิตส่วนประกอบโครงสร้าง 2 ส่วน ที่ต่างกันอย่างมากของผนังรา ได้แก่ เส้นไยพอลิแซ็กคาไรด์ (microfibrillar polysaccharide) และที่ไม่ใช่เส้นใย (nonfibrillar matrix polysaccharide) ไมโครไฟบริลจะไม่เริ่มสร้างภายในไซโทพลาสซึม แต่ถูกประกอบขึ้นใน situ ที่อยู่ใกล้ผนังหรือผิวระหว่างเมมเบรน ด้วยเหตุที่ส่วนประกอบผนังที่ไม่ใช่เส้นใย เช่น ไกลโคโปรตีน จะถูกสังเคราะห์ภายในระหว่างกระบวนการของ endomembrane อยู่ตลอดเวลา ปล่อยเข้าไปในผนัง ดังนั้นจึงมีส่วนประกอบพื้นฐานที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบสำหรับการสร้างเซลล์ผิวหน้า คือ ขั้นแรก การเตรียมพอลิเมอร์ (พอลิแซ็คคาไรด์หรือไกลโคโปรตีน) น้ำเข้าไปในรูเมน (lumen) ของไมโครเวซิเคิล ขั้นที่สอง เอนไซม์ (chitin synthetase zymogen) ถูกส่งไปในไมโครเวซิเคิล

ไคโทโซมและการสังเคราะห์ไคติน

ไมโครเวซิเคิล ชนิดพิเศษป้องกันการแพร่ผ่านของเอนไซม์ ไคติน ซินเทนเทสสู่ไซโทพลาสซึม และพบว่าการอัดแน่นของเอนไซม์ ไคติน ซินเทนเทส จะเป็นจุดเริ่มของบริเวณผิวหน้าในการสร้างผนังเซลล์ จากหลักการที่พบสามารถสรุปเกี่ยวกับไคโทโซมอย่างย่อๆ ดังนี้

1. ส่วนหลักของ ไคติน ซินเทนเทส ในเซลล์ราอยู่ในไซโทพลาสซึมในรูปของไมโครเวซิเคิล (ไคโทโซม) ถึงแม้ว่าพลาสมาเมมเบรนโดยทั่วไปเชื่อว่าเป็นที่ตั้งหลักสำหรับ chitin synthetase ใน *Saccharomyces cerevisiae*

2. ไคโทโซมเป็น unique subcellar organelle ซึ่งเป็นเวซิเคิลที่มีขนาดเล็กที่สุดเส้นผ่าศูนย์กลาง 40-70 นาโนเมตร อยู่ใน cell homogenelle และพวกมันมีความหนาแน่นของการลอยตัวต่ำกว่าเวซิเคิลของโครงสร้างเมมเบรนอื่นๆ เพราะว่าลักษณะที่แตกต่างเหล่านี้ ไคโทโซมของ *Mucor rouxii* สามารถแยกได้จากส่วนประกอบอื่น โดยสกัดเซลล์อิสระอย่างหยาบๆ โดยอาศัยความเร็วหรือการตกตะกอน isopycnic ใน sucrose density gradient

3. หน้าที่ของไคโทโซมเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ไคตินเท่านั้น ไคโทโซมที่ขาดแคลนเอนไซม์จะขึ้นอยู่กับชนิดของรูปแบบที่แตกต่างกันของเยื่อออร์แกเนลล์รา (ATPase, mannosyl transferase, glucan synthetade, glucuronosyn transferase, succinic dehydrogenase, cytochrome C reductase, manosidase, manosidase, chitinase, protase)

4. chitin synthetase มีไคโทโซมในรูป zymogenic ซึ่งต้องการ proteolysis เป็นตัวจำกัดสำหรับการกระตุ้นการทำงาน ไซโมจินิกซิตี้ (Zymogenicity) เป็นการชะลอเอนไซม์ ไคติน ซินเทนเทส หลังจากไคโทโซมบรรลุถึงปลายทาง

5. เปลือกหรือเมมเบรนของไคโทโซมถูกสร้างโดย chitin synthetase เชิงซ้อน (16 subnit; ca 500,000 ดาลตัน) สามารถนำกลับมาใหม่ด้วยดิจิโทนิน (digitonin) บ่อยครั้งที่เกิดการสูญเสียกิจกรรมเอนไซม์ไป หน่วยย่อยของไคโทโซมสามารถประกอบตัวเองในโครงสร้างเวซิเคิล

6. เมื่อบ่มในหลอดทดลองกับสับสเตรท (UDP-GLcNac) และตัวกระตุ้น (N-acetyl-D-glucosamine และ protease) ไคโทโซมจะสังเคราะห์เส้นใยขนาดยาว แต่ละหน่วยย่อยของไคโทโซมจะทำการสังเคราะห์สายโซ่ไคตินและเริ่มทำการสะสมผลึกสายโซ่อย่างรวดเร็วในเส้นใยขนาดยาว การสังเคราะห์ของเส้นใยไคตินเป็นกระบวนการเส้นตรง (vectorial process) UDP-GLcNac ถูกนำมาจากด้านนอกและไคตินถูกวางลงในลูเมนของไคโทโซมที่ซึ่งบางครั้งมันสามารถพบการขดตัวของเส้นใยขนาดเล็กหรือเส้นใยสังเคราะห์ข้างในโดยเฉพาะรอยแยกของไคโทโซม เส้นใยสังเคราะห์ปกติแสดงความต่อเนื่องของความยาวของเส้นใยแผ่ขยายออกไป

7. ทั้งไคตินที่สร้างโดยไคโทโซมและการแยก 16s subunit อยู่ในรูปของเข็มสั้นๆ มีความแตกต่างในด้านลักษณะภายนอก ด้วยเหตุที่ไคโทโซมผลิตเส้นใยขนาดยาวทนทาน ไคตินที่ได้จาก 16s subunit ในไมโครเวซิเคิลอาจกำหนดให้จุดเส้นใยขนาดยาวประกอบกันได้ง่าย

8. ไคโทโซมเปรียบเสมือนการห่อ zymogenic chitin synthelase เอาไว้ โดยให้เคลื่อนไปในไซโทพลาสซึม ไคโทโซมได้ให้ความเข้าใจเกี่ยวกับสารสร้างและควบคุมการทำงานของเอนไซม์ ไคติน ซินเทนเทส ไคโทโซมเหมือนเวซิเคิลอื่นๆ ที่รู้จักกันดีถึงเป้าหมายบนเซลล์ ราสามารถบังคับส่วนบริเวณที่แตกต่างกันของการสังเคราะห์ผนัง ไม่เพียงเกิดในรูปแบบยอดของไฮฟาของราเท่านั้นแต่ยังกำหนดลักษณะทางกายภาพของราแต่ละชนิดด้วย

การสังเคราะห์ไคโตซาน

อาราคิและไอโต้ (Araki and Ito, 1975) ได้แสดงความเห็นว่าไคโตซานเกิดจากไคตินโดยเอนไซม์ดีอะเซทิลแต่หลักฐานนี้เป็นการสรุปบางอย่าง ตั้งแต่การละลาย deacetylase ที่พวกเขาแยกได้จากรา *Mucor rouxii* มีผลต่อสับสเตรทเทียมคือ ไกลคอลไคติน (glycol chitin) แต่ไม่มีผลต่อไคตินจริง ดังนั้นการสังเคราะห์ไคโตซานในหลอดทดลองที่ศึกษาจึงยังไม่บรรลุผลสำเร็จ

การค้นหาอย่างกว้างๆ สำหรับวิถีอิสระเกี่ยวกับการสังเคราะห์ไคโตซาน โดยผ่าน polymerization โดยตรงของ unacetyed glucosamine residue จาก UDP-GlcNAc (ยูริดีนไดฟอสเฟส-ดี-กลูโคซามีน) ในการพิสูจน์ยังไม่เป็นผล แต่ความเป็นจริงแล้วไคตินแท้จากแหล่งต่างๆ ไม่เป็นสับสเตรทที่ดี สำหรับเอนไซม์ดีอะเซทิล หลักฐานทางอ้อมบอกว่าไคโตซานเป็นอนุพันธุ์จาก UDP-GlcNAc; สับสเตรทสำหรับการสังเคราะห์ไคติน เรื่องนี้ค้นพบ โดยเดวิสและบาร์ทินิกิ-การ์เซีย (Davis and Bartiniki-Garcia, 1984) พบเอนไซม์ deacetylase ซึ่งสอดคล้องกับ อาราคิและไอโต้ (Araki and Ito, 1975) ที่ได้รายงานไว้ว่า deacetylase สามารถทำงานในสายโซ่ไคตินเหมือนกันเมื่ออยู่ในรูปเบื้องต้น เช่น การควบคุมการกระตุ้นและการทำงานของ chitin synthetase และ chitin deacetylase ที่เกิด พร้อมกันในการสังเคราะห์ไคโตซาน เป็นที่แน่ชัดว่าเอนไซม์ 2 ชนิดทำงานในลักษณะตามกัน การต่อ 1 หน่วย GlcNAc จาก UDP-GlcNAc เคลื่อนย้ายอะซิเตต ระหว่างเกิดสายโซ่

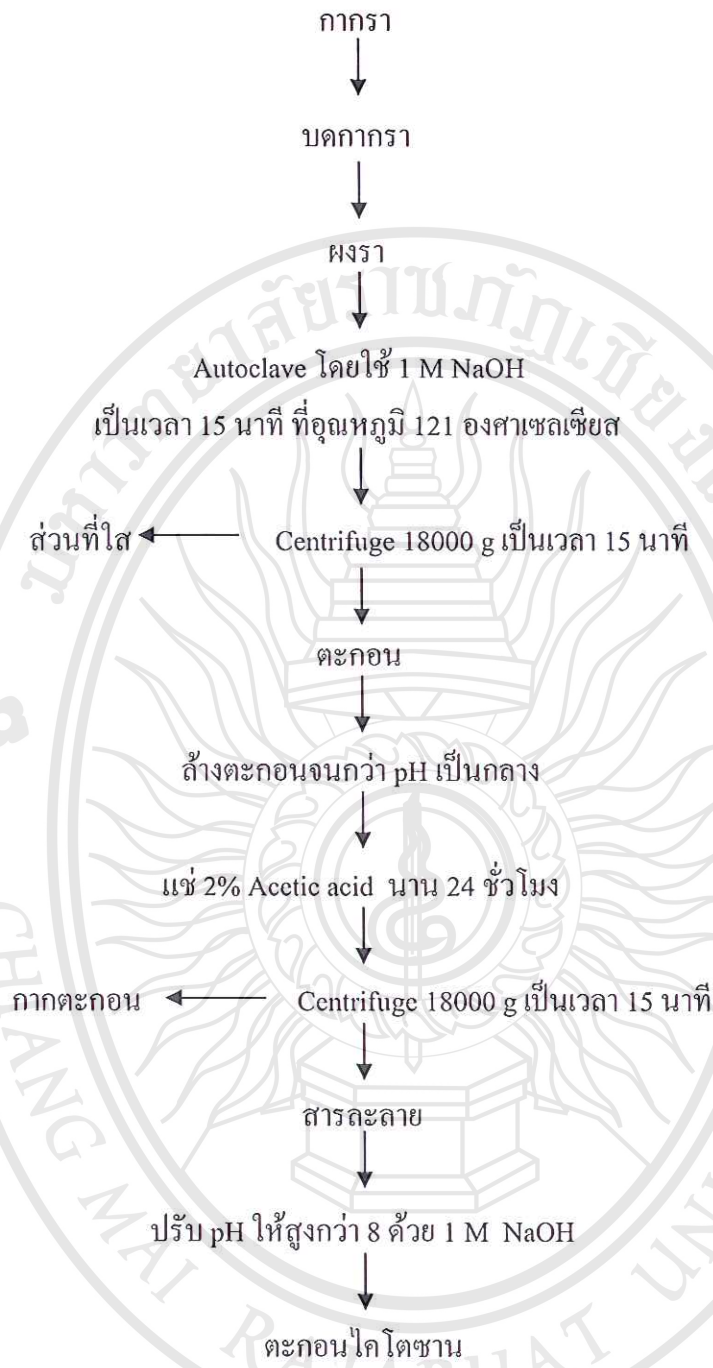
การสังเคราะห์ไคโตซานและไคตินวัดเป็นนาโนโมลกุลของการปลดปล่อยอะซิทิลและ เกิดพอลิเมอร์ของ GlcNAc ตามลำดับในการบ่มสารผสมที่ประกอบด้วย UDP-[*Ac*-^{14c}]GlcNAc

การสังเคราะห์ไคโตซานจาก UDP-GlcNAc โดยการทำงานที่เชื่อมโยงกันของ chitin synthetase และ chitin deacctylase เอนไซม์ทั้ง 2 ชนิดไม่เร่งการสังเคราะห์ไคโตซานเดี่ยวๆ การรวม หลักฐานว่าเป็นไคตินเป็น precursor ของไคโตซานได้โดยการเติมเอนไซม์ไคติเนสลงไปในไคโตซาน วิเคราะห์สารผสมที่มีไคติเนสอยู่เป็นเหตุให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์ไคโตซานอย่างแรง เป็นที่ทราบ แน่ชัดว่าภายใต้สภาวะทดสอบไคติเนสมีผลต่อการแข่งขันมากกว่า deacetylase สำหรับซับสเตรท ที่เหมือนกันกับไคติน ชาร์ทเทอร์จีและคณะ (Chatterjee *el al*., 2005) ได้ยืนยันว่า chitin synthetase และ deacetylase เป็นที่ต้องการสำหรับการสังเคราะห์ ไคโตซานใน *Mucor rouxii* พวกเขาพบ deacetylase ทั้งสองในส่วนที่ละลายและในส่วนเมมเบรน และคาดคะเนว่าขอบเขตเมมเบรน deacetylase เริ่มต้นกระบวนดึงหมู่อะเซทิล เกิดขึ้นในช่องว่างพอลิพลาสมิคโดย deacetylase ที่ละลายได้ ตัวอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของ deacetylase จะเห็นว่าขอบเขตเมมเบรน deacetylase เป็น เอนไซม์ที่ละลายน้ำได้มีอยู่ในลูเมนในช่องว่างของพอริพลาสมิคโดย deacetylase ที่ละลายได้ ตัวอย่างที่อธิบายเกี่ยวกับการเพิ่มขึ้นของ deacetylase จะเห็นว่าขอบเขตเมมเบรน deacetylase เป็น เอนไซม์ที่ละลายน้ำได้มีอยู่ในลูเมนของ secretory vesicle ของเหลวที่หลั่งออกจากต่อมปลดปล่อย เอนไซม์จะนำเข้าไปในกระบวนการดึงหมู่อะเซทิล

กระบวนการสกัดไคโตซานจากเชื้อรา (พิมพ์ทิพย์ โภชนะวนิชย์, 2542)

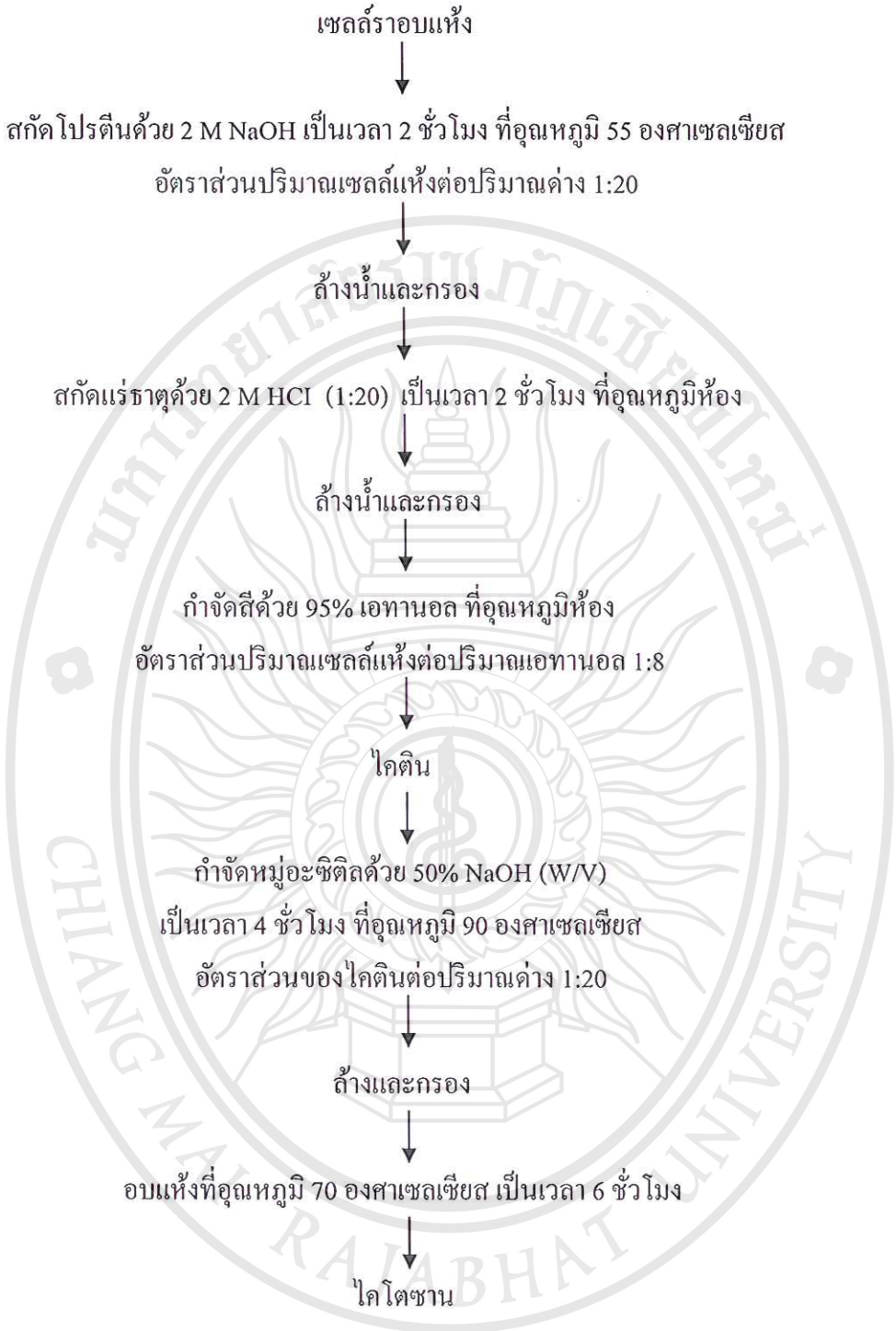
1. กระบวนการสกัดไคโตซานจากเชื้อรา วิธีที่ 1 การสกัดไคโตซานจากเชื้อราโดยการเปลี่ยนไคตินให้เป็นไคโตซาน และใช้คุณสมบัติไคโตซานที่สามารถละลายในกรดอินทรีย์ได้เป็นตัวแยกไคโตซานออกจากกลูแคน โดยด่างที่จำเป็นต้องใช้ที่ความเข้มข้นประมาณ 1 M เพื่อกำจัดหมู่อะซิติลของไคติน แต่เนื่องจากเชื้อรามีโปรตีนอยู่น้อยและไม่มีสารพวกแคลเซียมเหมือนสัตว์ที่มีเปลือกแข็งห่อหุ้มจึงไม่จำเป็นที่ต้องแยกโปรตีนหรือแคลเซียมออกนำด่างความเข้มข้น 1 M สกัดได้ดังภาพที่ 2.4

2. กระบวนการสกัดไคซานจากเชื้อรา วิธีที่ 2 นำเซลล์ราอบแห้งมาสกัดโปรตีนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 M เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55 ± 2 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนของเซลล์แห้งต่อปริมาณด่างเป็น 1:20 ล้างน้ำและกรองด้วยผ้าขาวบาง สกัดแร่ธาตุโดยการใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 M เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนเซลล์แห้งต่อปริมาณกรดเป็น 1:20 ล้างด้วยน้ำจนเป็นกลาง กรองแล้วทำการกำจัดสีด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ โดยอัตราส่วนต่อปริมาณเซลล์แห้ง 1:8 นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จะได้ไคติน นำไคตินที่ได้ไปกำจัดหมู่อะซิติลด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ (w/v) เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อัตราส่วนไคตินต่อปริมาณด่าง 1:20 กรองและล้างด้วยน้ำจนเป็นกลาง นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้ไคโตซาน ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 กระบวนการสกัดไคโตซานจากเชื้อรา (วิธีที่ 1)

ที่มา : พิมพ์ทิพย์ โภชนะวนิชย์ (2542)



ภาพที่ 2.4 กระบวนการสกัดไคโตซานจากเชื้อรา (วิธีที่ 2)

ที่มา : พิมพ์ทิพย์ โภชนะวนิชย์ (2542)

การใช้ประโยชน์ของไคโตซาน (ไคติน ไคโตซาน, 2553)

การใช้ประโยชน์จากไคโตซานสามารถแบ่งได้ 7 ด้าน ได้แก่ ด้านการเกษตร ด้านเครื่องสำอาง ด้านอาหารและเครื่องดื่ม ด้านการแพทย์และเภสัช ด้านการเพาะเลี้ยงเซลล์และตรึงเซลล์ ด้านการแยกผลิตภัณฑ์และการเก็บเกี่ยว ด้านการบำบัดน้ำดีและน้ำเสีย ซึ่งนอกจากนี้ไคโตซานยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีก

1. การใช้ไคโตซานกับพืชผักผลไม้ ไคโตซานในด้านการเกษตรกรรมนั้น ได้มีการนำไคโตซานมาใช้เป็นอาหารเสริมให้แก่พืชเพื่อช่วยควบคุมการทำงานของพืชผลไม้และต้นไม้ให้ทำงานได้ดีขึ้น คล้ายๆ กับการเพิ่มปุ๋ยพิเศษให้แก่พืชผักผลไม้ นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในการป้องกันโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์ และเชื้อราบางชนิดอีกด้วย

1.1 ช่วยเร่งการเจริญเติบโตและเสริมสร้างความแข็งแรงทุกส่วนของพืช ให้กับพืชทุกชนิด

1.2 ช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับระบบราก ใบ ดอก และผล

1.3 ช่วยลดการหลุดร่วงของดอกและผล ทำให้ขั้วดอกและผลเหนียวขึ้น ป้องกันผลแตก

1.4 ช่วยให้พืชผักและผลไม้ มีน้ำหนักดีขึ้น 30-80%

1.5 ช่วยกระตุ้นต้นพืชสร้างสารลิกนิน และสร้างภูมิต้านทานโรค เพื่อป้องกันและต่อต้านการกัดกินของแมลง ฯลฯ

1.6 ช่วยป้องกันและยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคพืช เช่น โรครา ราน้ำค้าง ราสนิม ราแป้ง ใบจุด แอนแทรคโนส แบคทีเรีย ไวรัสที่ก่อโรคพืช เป็นต้น ฯลฯ

1.7 ช่วยป้องกันและยับยั้งการเกิดโรคซึ่งเกิดมาจากเชื้อจุลินทรีย์ในดิน ฯลฯ

1.8 ช่วยปรับสมดุลย์ระบบนิเวศน์ดินและน้ำ ปรับสภาพดินที่เสียให้กลับดีขึ้นเรื่อยๆ ดินอุ้มน้ำได้ดี ร่วนซุย

1.9 ทำให้ผลผลิตสูงขึ้นและมีคุณภาพที่ดีสม่ำเสมอ

1.10 ช่วยกระตุ้นในการสร้างภูมิต้านทานให้แก่เมล็ดพืชที่จะนำไปเพาะขยายพันธุ์ ทำให้มีอัตราการขยายพันธุ์เพิ่มขึ้น และอัตราการงอกดีขึ้น

1.11 ช่วยลดปริมาณ การใช้ปุ๋ยและสารเคมียาฆ่าแมลง ต่ำกว่า 30-50%

2. การใช้ไคโตซานในวงการประมงและอาหารสัตว์ ไคโตซาน ในวงการประมงนั้น ขณะนี้ได้มีการนำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ในด้านการยืดอายุการรักษา และเก็บถนอมอาหารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ และในขั้นต้นนี้ได้สกัดโปรตีนจากหัวกุ้ง ด้วยกระบวนการย่อยด้วยแบคทีเรียกรดแล็คติก (lectic acid bacteria) เพื่อนำโปรตีนนั้นมาใช้เป็นสารเสริมคุณค่าอาหารและของว่างที่ทำจากสัตว์น้ำ การปรุงแต่งรส และกลิ่นในอาหารขบเคี้ยวที่เป็นผลิตภัณฑ์จากสัตว์น้ำ เป็นต้น

นอกจากนี้ฝ่ายเอกชนหลายแห่งได้นำไคโตซานมาใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ วิธีการนั้นมีหลายรูปแบบ ได้แก่ การคลุกกับอาหารเม็ด ในอัตราส่วนต่างๆ กัน เพื่อให้กุ้งกิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการไปกระตุ้นภูมิต้านทานโรคในตัวกุ้ง และเพื่อเป็นส่วนไปกระตุ้นการย่อยอาหาร และการเจริญเติบโต ประโยชน์อีกด้านหนึ่งที่ผู้ขายโฆษณาไว้ก็คือ การช่วยให้เม็ดอาหารคงรูปอยู่ในน้ำได้นานกว่า โดยการเคลือบสารไคโตซานบนอาหารที่จะหว่านให้กุ้งกิน บางรายก็แนะนำให้เติมลงไปในน้ำเพื่อช่วยปรับสภาพแวดล้อมให้ดีอยู่เสมอ

ไคโตซาน ในด้านอาหารสัตว์ ในไก่เนื้อและสุกร ปัจจุบันไคโตซานใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในไก่เนื้อและสุกร ช่วยลดอัตราการป่วยของไก่และสุกรได้ดี ไก่และสุกรสุขภาพดีแข็งแรง อัตราการป่วยตายของไก่และสุกรลดลง อีกทั้งยังสามารถช่วยลดต้นทุนในการใช้ยาปฏิชีวนะในฟาร์มอีกด้วย และการวัดค่า FCR ก็ต่ำ ในปัจจุบันได้มีการนำสารไคโตซานไปใช้กันอย่างแพร่หลายมากในกลุ่มของเกษตรกร ฯลฯ

3. การใช้ไคโตซานในวงการแพทย์ ไคโตซานที่ใช้ในการแพทย์และมีผลที่เชื่อถือได้ได้ดำเนินการมาหลายปีแล้ว เช่น การใช้ประโยชน์โดยนำมาประกอบเป็นอาหารเพื่อลดน้ำหนัก ทำผลิตภัณฑ์เสริมความงาม เช่น ครีมทาผิว ทำเป็นแผ่นไคโตซานเพื่อปิดปากแผลที่เกิดจากการผ่าตัดเฉพาะที่ ซึ่งพบว่าแผ่นไคโตซานจะช่วยให้คนป่วยเกิดการเจ็บปวดแผลน้อยกว่าการใช้ผ้าก๊อซชุบน้ำมัน หรือวาสลินมาปิดแผลเหมือนที่เคยปฏิบัติมาในสมัยก่อน นอกจากนี้เวลาที่แผลปิดดีแล้วและมีการลอกแผ่นไคโตซานออก ยังสะดวกและง่ายกว่าการลอกแถบผ้าก๊อซเพราะจะไม่มีการสูญเสียเลือดที่เกิดจากการลอกแผ่นปิดแผลออกทำให้ผู้ป่วยไม่เจ็บปวดเท่ากับการใช้แถบผ้าก๊อซปิดแผล นอกจากนี้ยังใช้ไคโตซานไปเป็นส่วนผสมของยาหลายประเภท เช่น ยาที่ใช้พ่นทางจมูกเพื่อบรรเทาอาการโรคทางเดินหายใจ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปิยะวรรณ ขวัญมงคล (2551) ศึกษาความเข้มข้นของไคโตซานพอลิเมอร์ที่เหมาะสมในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. โดยเพาะเชื้อบน potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารละลายไคโตซานให้มีความเข้มข้น 0.05, 0.25, 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ไคโตซานพอลิเมอร์ความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Lasiodiplodia* sp. ได้อย่างสมบูรณ์

พรพิมล สีดำ (2549) ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคติน-ไคโตซานกับเชื้อรา พบว่าสารไคติน-ไคโตซานที่ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช 4 ชนิดคือ *Colletotrichum gloeosporoides* PenZ., *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *Sclerotium rolfsii* Sacc. และ *Ustilago scitaminea* Syd. ได้ 31.33, 69.89, 69.78 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ฉัตรวรุณ พจนการุณ (2548) รายงานว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้โดยการกระตุ้นให้เนื้อเยื่อพืชเกิดความต้านทาน ซึ่งการใช้ไคโตซานในลักษณะของการเป็นสารกระตุ้นพืชนี้จะต้องใช้ไคโตซานที่มีขนาดโมเลกุลเล็กและความเข้มข้นต่ำ และไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราหลายชนิด เช่น *Alternaria alternate Fusarium oxysporum Rhizopus stolonifer* และ *Penicillum* spp.

สายชล โนชัย (2548) ศึกษาผลการทดสอบประสิทธิภาพของไคโตซานในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *F. moniliforme* โดยทดลองเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA ผสมไคโตซาน พบว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 5,000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 73.56%

พิมพ์ใจ สีหะนาม (2548) ศึกษาผลของการเคลือบผิวด้วยไคโตซานต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรี่พันธุ์พระราชทาน 72 โดยการเคลือบผิวผลสตรอเบอรี่ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ไม่เคลือบผิว และจุ่มในน้ำกลั่น แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส) ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ ผลสตรอเบอรี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะปรากฏดีที่สุด และมีการเข้าทำลายของเชื้อราน้อยที่สุด

สุดคนึง พึ่มชัย (2546) ทดสอบไคโตซานต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการงอกของสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* บนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ละลายอยู่ในกรดอะซิติกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไคโตซานที่ระดับความเข้มข้น 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยและการสร้างสปอร์ได้สูงสุด

นวลพรรณ ณ ระนองและคณะ (2541) ศึกษาการผลิตไคโตซาน จาก *Mucor rouxii* โดยทำการเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว BG สูตรดัดแปลงโดยใช้แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว แป้งสาลี และแป้งข้าวเจ้า เป็นแหล่งคาร์บอนในฟลาสก์บนเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าอาหารเหลวที่เติมแป้งข้าวเจ้า 2 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณไคโตซานสูงสุด ในวันที่ 3 คือ 940 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำหนักเซลล์แห้ง 7.32 กรัมต่อลิตร

พรทิพย์ วงศ์แก้ว (2549) ทดสอบกิจกรรมของไคโตซานในการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* ที่เป็นสาเหตุโรคเหี่ยวเขียวของมะเขือเทศ โดยใช้ไคโตซานที่มีค่า degree of deacetylation (DD) ต่างกัน 4 ระดับคือ 80, 85, 90 และ 95 %DD พบว่าไคโตซานทั้ง 4 ชนิดมีผลต้านเชื้อและอัตราความเข้มข้นต่ำสุด (minimal inhibitory concentration) ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ *R. solanacearum* ได้คือที่อัตราความเข้มข้น 2.5 มก./มล. ส่วนการศึกษาความว่องไวในการตอบสนองของปฏิกิริยาต่อต้านเชื้อโดยไคโตซานแต่ละชนิดที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0 ถึง 30 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ที่วัดได้จากการปรากฏบริเวณใสของการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย พบบริเวณใสขนาดกว้างขึ้นตามอัตราความเข้มข้นของไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ซึ่งผลของไคโตซานในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *R. solanacearum* ที่พบ มีความใกล้เคียงกับผลการใช้ยาปฏิชีวนะคลอแรมเฟนิคอล และให้ผลดีกว่ายาปฏิชีวนะสเตรปโตมัยซิน และเตตร้าซัยคลิน รวมทั้งดีกว่าสารเคมีคอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ และคอปเปอร์ออกซีคลอไรด์เป็นอย่างมาก

วู และคณะ (Wu *et al.*, 2005) ศึกษาสารไคตินและไคโตซานที่สกัดได้จากเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* และ *Mucor rouxii* ที่ถูกเพาะเลี้ยงในสารละลายของยีสต์และน้ำตาลเป็นเวลา 15 และ 20 วันตามลำดับ พบว่า สารสกัดจากเชื้อราชนิด *Mucor rouxii* มีทั้งสารไคตินและไคโตซาน แต่เชื้อราชนิด *Aspergillus niger* มีแต่สารไคติน โดยปริมาณสารไคตินที่สกัดได้จากเชื้อราชนิด *Aspergillus niger* และ *Mucor rouxii* คือ 24.01 เปอร์เซ็นต์ และ 13.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารไคโตซานที่สามารถสกัดได้จากเชื้อราชนิด *Mucor rouxii* คือ 12.49 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของสารไคโตซานที่สามารถสกัดได้จากเชื้อราชนิด *Mucor rouxii* คือ 19.5 เปอร์เซ็นต์ และไคโตซานที่สกัดได้ในความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดปริมาณของ *Salmonella* ได้ อีกทั้งยังลดการช้ำในแอปเปิลซึ่งเกิดจากเชื้อ *Botrytis cenerea* และ *Peninillium expansum*

บูทิสต้า บานอสและคณะ (Bautista Banos S. *et al.*, 2003) ศึกษาการยับยั้งการเกิดโรคจากเชื้อรา *Fusarium graminearum* ของไคโตซานที่เคลือบผิวผลแอปเปิลพันธุ์ Jonagold โดยพิจารณาจากภาพที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (Scanning Electron Microscope) พบว่า ไคโตซานสามารถยับยั้งการงอกของ conidia และการเจริญของ hypha ในเชื้อ *Fusarium graminearum* ได้ โดยการเกิด phytoalexin และเอนไซม์บางชนิดที่ถูกกระตุ้นด้วยไคโตซานให้ไปยับยั้งการงอกของ conidia และลักษณะผิวที่ตึงเรียบ ไม่มีรอยแตกของผลแอบเปิลที่เคลือบผิวด้วยไคโตซาน ดังนั้นจึงเกิดการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ยาก

บาสคารา อาร์ และคณะ (Bhaskara R. *et al.*, 2000) ศึกษาผลของการพ่นไคโตซานก่อนเก็บเกี่ยวต่อการเสียของสตรอเบอร์รี่หลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากเชื้อ *Botrytis cinerea* โดยต้นสตรอเบอร์รี่ที่ถูกพ่นด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 2, 4 และ 6 กรัม/ลิตร ขณะที่ผลกำลังเปลี่ยนเป็นสีแดง

แล้วพ่นซ้ำครั้งที่สองคือ 10 วันทำการหลังจากครั้งแรก จากนั้นนำผลสตรอเบอร์รี่ที่เก็บเกี่ยวหลังจากพ่นด้วยไคโตซานมาทดลองกับเชื้อ *Botrytis cinerea* พบว่าการพ่นด้วยไคโตซานช่วยลดการเน่าเนื่องจากเชื้อราหลังการเก็บเกี่ยวลงและรักษาคุณภาพการเก็บรักษาของผลเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมได้อย่างมีนัยสำคัญ

เชฟเฟริด (Shepherd, 1997) ศึกษาการเคลือบไคโตซาน 1, 2 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ในแครอท พบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าจากเชื้อ *Sclerotina sclerotiorum* 88 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 18 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม