

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ปทุมมาเป็นไม้ดอกประเภทหัวแบบ rhizome อยู่ในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) สกุลขมิ้น (*Curcuma*) (อรวรรณ, 2548) ส่วนใหญ่มีการกระจายตัวอยู่ในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อน (Keng, 1969) สำหรับในประเทศไทยพบทั่วไปในป่าโปร่งตามเนินดินหรือได้ร่มไม้ใหญ่ และในท้องทุ่ง ในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พืชสกุลขมิ้นนั้นยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 สกุลย่อยตามลักษณะของใบประดับ ช่อดอก อับเรณู และลักษณะสีของปาก (สุรวิช, 2539ก) คือ

1. สกุลย่อย *Eucurcuma* หรือ กลุ่มกระเจียว

มีลักษณะเด่น คือ ไม่มีสีกลุ่มม่วงแดงที่ปาก กลีบปากของกลุ่มนี้มักมีสีขาวหรือเหลือง พืชในกลุ่มกระเจียวนี้มีโครโมโซมแตกต่างกัน แต่มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 21 ความหลากหลายในสกุลย่อยนี้ มีทั้งรูปแบบการออกดอก ช่อดอก รูปร่างและขนาดของใบ ทรงพุ่ม ช่อดอก และสีใบประดับ เป็นต้น ตัวอย่างพืชสกุลนี้ ได้แก่ ฉัตรทิพย์ ฉัตรทอง อุษา พลอยชมพู พลอยทักษิณ และ ว่านกระบี่ทอง เป็นต้น

2. สกุลย่อย *Paracurcuma* หรือ กลุ่มปทุมมา

มีลักษณะเด่น คือ มีสีกลุ่มม่วงแดงที่ปาก ช่อดอกเกิดจากตายอดของลำต้นเทียม พืชในสกุลปทุมมามีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันมาก ซึ่งโครโมโซมพื้นฐานอยู่ระหว่างช่วง 12 ถึง 18 ความหลากหลายของกลุ่มนี้มีทั้งรูปร่างดอก รูปร่างและขนาดช่อดอก สีใบประดับ รูปร่างและขนาดใบและรูปทรงลำต้นเทียม ตัวอย่างพืชสกุลนี้ ได้แก่ ปทุมมา พลอยมยุรา แววอุบล มณีกาญจน์ และ เทพระลิก หรือเทพอัปสร เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของปทุมมา (สุรวิช, 2539ก; อรวรรณ, 2548)

ราก เป็นระบบรากฝอย รากส่วนหนึ่งมีปลายที่ขมออกมีลักษณะเป็นตุ่ม ทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำและอาหาร เพื่อใช้ในช่วงพักตัวและช่วยในการงอก ไม่สามารถตัดไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้

ต้น พืชสกุลนี้มีลำต้นใต้ดินทำหน้าที่สะสมน้ำและอาหาร เรียกว่า เหง้า (rhizome) ตาข้างของเหง้าจะเจริญเติบโตเป็นลำต้นเทียม (pseudostem) โผล่ขึ้นมาอยู่เหนือดิน โดยลำต้นเทียมนั้นเกิด

จากกาบใบที่ห่อตัวกันแน่น สำหรับเหง้า่นั้นจะมีลักษณะการเจริญเติบโตแตกต่างกันไป เช่น พวกที่แตกเป็นแฉงคล้ายนิ้วมือเหมือนขิง พวกที่มีเหง้าซี่คยาวครอบคลุมพื้นที่กว้าง พวกที่สร้างเหง้าใหม่ทีโคนของลำต้นเทียมซึ่งเกิดจากตาข้างของเหง้าเดิม และพวกที่สร้างเหง้าในแนวตั้ง โดยทั่วไปลำต้นเทียมของพืชสกุลนี้เกือบทั้งหมดมีก้านใบแยกออกจากลำต้นเทียมในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกันคล้ายของใบกล้วย

ใบ ประกอบด้วยกาบใบซึ่งห่อรวมตัวกันแน่นเกิดเป็นลำต้นเทียม ก้านใบซึ่งชูออกจากลำต้นเทียมในมุมที่แตกต่างกัน และแผ่นใบซึ่งเป็นใบเดี่ยวมีรูปร่างเป็นวงรีแคบข้างป้อมข้าง สำหรับใบนั้นอาจมีโคนใบมนหรือเรียว ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่นปลายใบป้านหรือแหลม เส้นใบขนานแบบเฉียงขึ้น

ช่อดอก เป็นแบบช่อแน่น (compact spike) เกิดจากปลายลำต้นเทียม เช่น ปทุมมา และพลอยมยุรา หรือเกิดจากเหง้าโดยตรง เช่น ว่านไก่แดง และว่านเชิงมดลูก ช่อดอกมีใบประดับ (bract) ทีแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นใบประดับส่วนล่างมีลักษณะเป็นใบประดับที่มีสีเขียว บริเวณโคนใบเชื่อมกันเป็นถ้วยโอบรอบโคนดอกจริงทำให้เห็นใบประดับเรียงซ้อนกันเกิดเป็นช่อทรงกระบอก โดยอาจเวียนแบบตามหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ ส่วนที่ 2 เป็นใบประดับส่วนบนอยู่ที่ส่วนบนของช่อดอกจะไม่พบดอกจริง ใบประดับส่วนบนนี้เรียกว่า coma bract ซึ่งจะมีสีสันแตกต่างกันตามพันธุ์ของปทุมมา

ดอกจริง เป็นดอกที่ไม่มีก้านดอกมีกลีบเลี้ยง 3 กลีบ กลีบดอก 3 กลีบ โดยกลีบดอก 1 กลีบจะเปลี่ยนรูปเป็นปาก ดอกจะอยู่ในซอกของใบประดับส่วนล่างซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วย ดอกที่อยู่ในใบประดับบริเวณโคนช่อจะบานก่อนดอกที่อยู่บริเวณปลายช่อ ดอกจะบานห่างกัน 4-6 วัน และจะมีจำนวนดอก 2-7 ดอก

ผลและเมล็ด จะมีรูปหน้าตัดเป็นเหลี่ยม 3 เหลี่ยม พัฒนาเป็น 3 พู ภายในแต่ละพู เป็นที่อยู่ของเมล็ดคล้ายเมล็ดองุ่น ผลมีอายุประมาณ 1-2 เดือน ผลแก่มีผนังบางและภายในเห็นเมล็ดแก่สีน้ำตาลเข้มและเมล็ดจะงอกในฤดูฝน

พันธุ์ปทุมมาในประเทศไทย (กรมวิชาการเกษตร, 2545; อรวรรณ, 2548)

1. พันธุ์ที่ปลูกเป็นไม้ตัดดอก เช่น พันธุ์เชียงใหม่สีชมพู พันธุ์ทรอปิคอลสโนไวท์ และพันธุ์สโนไวท์ เป็นต้น
2. พันธุ์ที่ปลูกเป็นไม้กระถาง เช่น พันธุ์ไข่มุกสยาม พันธุ์บัวสวรรค์ชมพูเดี่ยว และพันธุ์บัวสวรรค์ขาวเดี่ยว เป็นต้น

ลักษณะประจำพันธุ์ของปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู เป็นพันธุ์ได้รับความนิยมมากเนื่องจากมีก้านดอกยาวเหนือพุ่มใบ ช่อดอกมีสีชมพูเด่นสวยงามใบประดับส่วนบนอยู่ชิดกันคล้ายกับดอกบัว และมีลักษณะคล้ายดอกทิวลิป (ภาพ 1) ซึ่งมีลักษณะประจำพันธุ์ ดังนี้

1. ลำต้นสูง 40-45 เซนติเมตร แตกกอจำนวน 10-15 หน่อต่อกอ
2. ใบแผ่ตั้งแข็งแรง ใบรีค่อนข้างกว้าง ใบมีความกว้างประมาณ 6 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร แผ่นใบสีเขียว เส้นกลางใบสีน้ำตาล
3. ก้านช่อดอกตรงแข็งแรงยาว 60-70 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางของก้านช่อดอกประมาณ 1 เซนติเมตร
4. ใบประดับส่วนล่างมีลักษณะเป็นถ้วยใบหนา และมีสีเขียว เป็นที่อยู่ของดอกจริง ใบประดับส่วนบนมีสีชมพู ชมพูอ่อน และชมพูเข้ม ตามชื่อของแต่ละพันธุ์ ใบประดับนี้มีลักษณะบางและมีจำนวน 13-15 กลีบ เรียงเป็นวงสลับกันคล้ายดอกบัวตูม
5. ดอกจริงของพันธุ์เชียงใหม่สีชมพูจะมีสีขาว ปากล่างสีม่วง พันธุ์สีชมพูอ่อนมีสีขาว ปากล่างสีม่วงอ่อน และพันธุ์สีชมพูเข้มมีสีขาว ปากล่างสีม่วงเข้ม
6. จำนวนดอก 5-8 ดอกต่อกอ



ภาพ 1 ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

การเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ปทุมมา (สุรวิช, 2539ก)

ปทุมมาและไม้ดอกในสกุลขมิ้นจะพักตัวเมื่ออากาศแห้งแล้งและมีช่วงวันสั้น โดยใบจะค่อยๆแห้งลงจนในที่สุดทั้งใบและลำต้นเทียมยุบตัวลงในระหว่างนี้จะคิให้น้ำ เมื่อหัวพันธุ์พักตัวก็จะขุดหัวพร้อมรากสะสมอาหารขึ้นมา โดยต้องระวังไม่ให้เกิดบาดแผลใดๆนำมาล้างทำความสะอาด แล้วฝังบนตะแกรงในที่ร่มระบายอากาศดี เนื่องจากถ้าหัวพันธุ์ยังมีความชื้นจะทำให้เกิดเชื้อราหรือโรคเน่าทำลายหัวพันธุ์ขณะเก็บรักษาได้ง่าย

การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

หัวพันธุ์ปทุมมาเก็บไว้ในถุงกระสอบตาข่ายหรือกล่องที่อากาศถ่ายเทได้ แล้วเก็บในที่ร่ม ซึ่งจะเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน โดยไม่มีผลต่อการนำไปใช้ในการผลิต การเก็บรักษาหัวพันธุ์เป็น

ระยะเวลาานจะทำให้รากสะสมอาหารเหี่ยว เนื่องจากเกิดการสูญเสียน้ำรวมทั้งยังทำให้น้ำหนักหัวพันธุ์ลดลง

การเก็บรักษาหัวพันธุ์

สามารถเลือกใช้วิธีการต่างๆได้ตามความเหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของหัวพันธุ์ วิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์ที่ใช้มีดังนี้

1. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (ambient temperature storage or room storage)

พืชหลายชนิดสามารถปรับตัวเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ ตัวอย่างเช่น ส่วนขยายพันธุ์ของพืชที่อยู่ในระยะพักตัว โดยปกติเมื่อการเจริญเติบโตของต้นหยุดลงแล้วส่วนที่ใช้ขยายพันธุ์เหล่านี้ยังคงอยู่ในแปลงหรือในดิน จนกระทั่งเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตอีกครั้งจึงเกิดการงอกหรือการพัฒนาขึ้น เช่น มันฝรั่ง หอม กระเทียม และจิง เป็นต้น วิธีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนี้เหมาะสำหรับ ผลผลิตที่ถูกส่งขายในระยะเวลาสั้นๆ ส่วนอีกกรณีคือ การเก็บรักษาผลผลิตที่มีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการเก็บเกี่ยวค่อนข้างช้า ได้แก่ พืชหัวชนิดต่างๆ อย่างไรก็ตามการเก็บรักษาในลักษณะนี้ยังมีความจำเป็นต้องปรับสภาพแวดล้อมต่างๆให้เหมาะกับการเก็บรักษาให้ผลผลิตมีอายุยืนนาน กล่าวคือสภาพการเก็บรักษาต้องมีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ สามารถป้องกันศัตรูธรรมชาติโดยเฉพาะแมลงและสัตว์อื่นๆ ได้ดี รวมทั้งควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือ อุณหภูมิต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในกรณีที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมมากๆ จะเกิดการรวมตัวของไอน้ำเป็นหยดน้ำเกาะอยู่บนผิวของผลผลิต ทำให้ผลผลิตเกิดการหัดตัวเสียคุณภาพและยังมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง

สถานที่เก็บรักษาเป็นสิ่งสำคัญต้องจัดสร้างให้มีการถ่ายเทและการหมุนเวียนอากาศภายในห้องเก็บอย่างดี เพื่อมิให้มีการสะสมความร้อนที่เกิดจากการหายใจของผลผลิต และไม่ให้มีปริมาณของก๊าซออกซิเจนต่ำและคาร์บอน ไดออกไซด์สูงเกินไป ตลอดจนไม่ให้ความชื้นสูงจนทำให้มีการเจริญของเชื้อรา ตัวอย่างของการเก็บรักษาวิธีนี้ได้แก่ การเก็บรักษาหอมและกระเทียมในประเทศไทย โดยภายหลังการเก็บเกี่ยวหอมและกระเทียมจะมีการนำผลผลิตไปตากให้แห้งแล้วนำไปเก็บรักษาไว้ในโรงเรือนที่มีหลังคาป้องกันฝนและแดดได้ แต่ด้านข้างทั้ง 2 ข้างของโรงเรือนมักเปิดเพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศดี มิเช่นนั้นอาจเกิดเชื้อราทำให้หอมและกระเทียมเน่าเสียหรืออาจเกิดการงอกขึ้นได้ ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาได้นานประมาณ 1-2 เดือน อีกตัวอย่างหนึ่งได้แก่ การเก็บรักษามันฝรั่งที่ผ่านการ curing มาแล้ว จะสามารถเก็บรักษาไว้ในสภาพแวดล้อมปกติ (ambient condition) ได้เป็นเวลานานแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศในระหว่างการเก็บรักษา (สายชล, 2528; จริงแท้, 2544)

สุรวิข (2539ก) พบว่าการเก็บหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่เพื่อปลูกเป็นไม้กระถางส่งตลาดสามารถเก็บหัวพันธุ์ในอุณหภูมิปกติได้ไม่เกิน 3 เดือน สอดคล้องกับสมยศ (2539) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาที่อุณหภูมิห้องนั้น เมื่อเก็บรักษาไว้นานกว่า 4 เดือน จะไม่มีการงอกเกิดขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากปทุมมามีการใช้อาหารสะสมและ/หรือสูญเสีย น้ำภายในหัวพันธุ์จนหมด โดยสังเกตได้จากหัวพันธุ์ปทุมมามีอาการเหี่ยวแห้ง แต่จากการทดลองของนิสาชล (2549) รายงานว่าหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26.4 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บรักษาได้นาน 8 เดือน แต่เปอร์เซ็นต์การงอกของหัวพันธุ์จะลดลงเหลือ 53.33 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การงอกจะลดลงอีกจนกระทั่งหัวพันธุ์ไม่สามารถงอกได้

2. การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature storage)

ผลผลิตโดยทั่วไปจะมีการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทั้งภายใน และภายนอกรวมทั้งกระบวนการเจริญเติบโตเมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงได้เร็วขึ้นและส่งผลให้ผลผลิตมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยลดกระบวนการต่างๆ ภายในผลผลิตให้เกิดช้าลง ทำให้อาหารสะสมถูกทำลายช้าลง รวมทั้งช่วยลดการเผาผลาญน้ำตาลทำให้คุณภาพของผลผลิตเสื่อมช้าลง (จิรา, 2531) ดังนั้นจึงควรเก็บรักษาผลผลิตไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่จะไม่เกิดอันตรายหรือก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง น้ำในเซลล์จะแข็งตัว ผลึกของน้ำแข็งที่เกิดขึ้นจะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ (organelle) ต่างๆ ฉีกขาด ทำให้เซลล์ตายได้ (จริงแท้, 2544) ในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาในห้องเย็น โดยให้อุณหภูมิห้องเย็นไม่ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน ส่วนหัวพันธุ์ที่ได้รับอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสหรือต่ำกว่า จะแสดงอาการสะท้านหนาว โดยหัวพันธุ์จะนึ่มและยุบตัว มีลักษณะคล้ายอาการเน่า (สุรวิข, 2539ก) เช่นเดียวกับที่ทดลองของสมยศ (2539) ที่เก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาในระยะเวลาไม่เกิน 4 เดือน พบว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้องทำให้อายุวันงอกและอายุที่ดอกจริงบานแล้ว 3 ดอกสั้นที่สุด ความยาวก้านช่อดอกสั้นที่สุด แต่ความสูงของต้นและจำนวนใบประดับส่วนบนไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิอื่น แต่ถ้าเก็บรักษานานกว่า 4 เดือน พบว่าหัวพันธุ์ปทุมมาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสยังคงมีชีวิต สามารถเจริญเติบโตได้ ส่วนที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าหัวพันธุ์ปทุมมาไม่งอก ซึ่งสอดคล้องกับเขวาลักษณ์ (2544) ที่รายงานว่า การเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาเพื่อเพิ่มช่วงเวลาในการส่งออกนั้น ควรเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถเก็บรักษาหัวพันธุ์ได้นานถึง 6 เดือน โดยที่น้ำหนักของหัวพันธุ์ลดลงเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

การเก็บรักษาหัวพันธุ์บัวสวรรค์ไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้ 12 สัปดาห์ แต่ถ้าเก็บรักษาไว้นานกว่านี้จะมีผลทำให้ตาดอกภายในหัวบัวสวรรค์ได้รับความเสียหาย

(สุทิน, 2527) ในกรณีของการเก็บรักษากระชายอายุ 12 เดือน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาคือ 10 และ 12 องศาเซลเซียส โดยกระชายจะมีหน่อใหม่งอกปานกลางและมีเชื้อราเกิดขึ้นเล็กน้อย ในขณะที่อุณหภูมิ 4 และ 8 องศาเซลเซียส กระชายเกิดหน่อใหม่น้อยกว่า แต่มีอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้น หน่อที่งอกออกมาจะฝ่อและยุบตัวไป (เพชรสุดา, 2546) ส่วนในเชิงควรเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส หากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส จะเกิดอาการสะท้านหนาว มีกลิ่นหมัก และมีการเหี่ยวเนื่องจากการสูญเสียน้ำ (กนกมณฑล, 2526)

หัวพันธุ์ทิวลิปเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17-20 องศาเซลเซียส เพื่อชักนำให้เกิดดอกภายในหัวนั้นๆ หลังจากนั้นจะลดอุณหภูมิของห้องที่เก็บรักษาหัวพันธุ์เป็น 5-6 องศาเซลเซียส เพื่อให้มีการพัฒนาของดอก เมื่อดอกพัฒนาสมบูรณ์แล้วจะลดอุณหภูมิลงอีกให้เหลือ 1 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการงอกของหัวพันธุ์ วิธีนี้จะเก็บรักษาได้เป็นเวลานาน (Shoub and De Hertogh, 1975; Thompson and Rutherford, 1977; Dosser and Larson, 1981) ในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ไอรินเป็นเวลานาน ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปปลูกให้กระตุ้นการงอกด้วยอุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส จะเก็บไว้ได้ไม่นานเนื่องจากจะทำให้ดอกฝ่อ และหากเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ที่ระดับอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานจะทำให้หัวพันธุ์สูญเสียและตายได้ (Urthing, 1973) หัวพันธุ์เกลดิโอลัสจะมีระยะเวลาของการพักตัวตามสภาพธรรมชาติอย่างน้อย 8 สัปดาห์ เมื่อนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 2-5 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาหัวพันธุ์ได้นานหลายเดือน โดยไม่มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตและการสร้างดอกของหัวเมื่อนำไปปลูก (Shillo and Simchon, 1973; Tsukamoto, 1974) สอดคล้องกับการทดลองของ Gonzalez *et al.* (1998) ที่พบว่าเมื่อนำหัวเกลดิโอลัสที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 และ 6 สัปดาห์ไปปลูก ดันที่ได้จะออกดอกก่อนดันที่ไม่ได้รับกรรมวิธีนี้ 20 และ 11 วัน ตามลำดับ และดันที่ได้รับอุณหภูมิข้างต้นนาน 6 สัปดาห์จะมีช่อดอกที่มีขนาดใหญ่และก้านยาว ในการเก็บรักษาหัวพันธุ์ดอกว่านมหาลาภที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิห้อง พบว่าหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้ที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บไว้ได้นาน 15 สัปดาห์ ส่วนหัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเก็บไว้ได้เพียง 3 สัปดาห์ ก็จะหมดระยะพักตัว และงอกช่อดอกออกมา หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปปลูกในแปลงมีแต่การเจริญเติบโตทางใบ เนื่องจากช่อดอกฝ่อไป แต่หัวพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปปลูกยังสามารถให้ช่อดอกที่เป็นปกติ (สุพจน์, 2537)

ระหว่างเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งกระบวนการหายใจจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล ซึ่งเมื่อได้รับน้ำตาลที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลขึ้น โดยอุณหภูมิในการเก็บรักษาและอายุ

ของหัวพันธุ์ก็มีผลต่อการสะสมน้ำตาลด้วย การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้มีรสหวานมากขึ้น แต่ถ้าหัวพันธุ์เมื่อมีอายุมากขึ้นความหวานก็จะลดลงเช่นกัน (Burton, 1989) สอดคล้องกับ Lyman and Mackey (1961); Samotus *et al.* (1974a, 1974b) ที่กล่าวว่า การเก็บรักษามันฝรั่งที่อุณหภูมิ 2-6 องศาเซลเซียส เป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมของน้ำตาลรีดิวิซ (reducing sugars) และที่อุณหภูมิห้อง (16-22 องศาเซลเซียส) การสะสมของน้ำตาลรีดิวิซก็ลดลง ซึ่ง Rees *et al.* (1981) รายงานว่าพืชจำนวนมากเมื่อได้รับอุณหภูมิต่ำ (< 10 องศาเซลเซียส) จะมีรสที่หวานขึ้นซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำตาล เช่นเดียวกับการทดลองที่เก็บหัวพันธุ์ ลิลี (*Lilium*) ที่อุณหภูมิต่ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นซูโครส (sucrose) และน้ำตาลรีดิวิซ (Matsuo and Mizuno, 1974; Miller and Langhans, 1990) นอกจากนี้แป้งที่อยู่ในหัวมันฝรั่งจะมีการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่มีความเข้มข้นสูงถ้ามันฝรั่งได้รับความเครียดระหว่างการเจริญเติบโตหรือการเก็บรักษา จะเกิดการสะสมของน้ำตาลรีดิวิซเช่น กลูโคส (glucose) และ ฟรุคโทส (fructose) ที่เปลี่ยนมาจากแป้งซึ่งเป็นอาหารสะสมที่เก็บสำรองไว้ในหัวพันธุ์ (Sowokinos *et al.*, 1987)

3. การเก็บรักษาในสภาพความดันต่ำ (hypobaric storage)

เป็นการเก็บรักษาผลิตผลโดยการลดความดันของบรรยากาศลงจากความดันปกติ เพื่อทำให้ความดันย่อยของก๊าซแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบของอากาศลดลง และช่วยเร่งให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ได้เร็วขึ้น เร่งกำจัดก๊าซที่อยู่ภายในผลิตผลและก๊าซซึ่งปล่อยออกมาจากผลิตผลสู่บรรยากาศภายนอก โดยถ้าลดความดันบรรยากาศลงจาก 1 บรรยากาศให้เหลือ 0.1 บรรยากาศ จะกำจัดก๊าซออกจากบรรยากาศและพืชได้เร็วขึ้น 10 เท่า (คณัยและนิธิยา, 2535) ซึ่งในการลดความดันจึงเป็นการลดอัตราการหายใจ ลดการสร้างเอทิลีน และการเปลี่ยนแปลงต่างๆเนื่องจากเอทิลีน ในการเก็บรักษาแบบนี้มักทำเป็นระบบเปิด เพราะถ้าเป็นระบบปิดเมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ระยะหนึ่งออกซิเจนจะถูกใช้ไปทำให้ปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงจนอาจเป็นอันตรายกับผลิตผลได้ ดังนั้นห้องเก็บรักษาความดันต่ำจึงต้องมีช่องทางให้อากาศผ่านเข้าได้เล็กน้อย เพื่อรักษาระดับความเข้มข้นของออกซิเจนให้อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการหายใจแบบ aerobic ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามในสภาพความดันบรรยากาศต่ำการระเหยน้ำเกิดได้เร็วขึ้น ผลิตผลจะสูญเสียน้ำมากกว่าปกติจำเป็นต้องเพิ่มความชื้นให้ ซึ่งทำได้ด้วยการผ่านอากาศลงไปในน้ำก่อนที่จะเข้าสู่ห้องเก็บรักษา อากาศที่ผ่านน้ำแล้วจะนำความชื้นเข้าไปในห้องเก็บรักษา

4. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere storage, MA storage)

เป็นการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพบรรยากาศที่มีก๊าซออกซิเจนน้อยและ/หรือมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าปกติ เนื่องจากปริมาณก๊าซออกซิเจนในอากาศมีผลต่อกระบวนการหายใจ การสร้างเอทิลีน และกระบวนการออกซิเดชันอื่นๆ เช่น การออกซิไดซ์สารประกอบฟีนอล

จนได้สารสีที่มีสีน้ำตาล นอกจากนี้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีปริมาณมากจะสามารถยับยั้งบางขั้นตอนของกระบวนการหายใจได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการจัดวางการทำงานของเอทิลีนด้วย โดยเชื่อว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไปแย่งที่ตำแหน่งของเอนไซม์ที่จะจับกับของเอทิลีน ดังนั้นจึงสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้ (จริงแท้, 2544)

5. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศควบคุม (controlled atmosphere storage, CA storage)

การเก็บรักษาในสภาพของบรรยากาศที่แตกต่างไปจากธรรมดาในแง่ของสัดส่วนของก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจนและ คาร์บอนไดออกไซด์ ภายในสถานที่เก็บรักษาให้คงที่ ซึ่งโดยปกติจะรวมถึงการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ การเก็บรักษาด้วยวิธีนี้มีประโยชน์มากที่สุดเห็นได้ชัด คือการชะลอการสุก แต่อัตราส่วนที่เหมาะสมของก๊าซออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อโรค ลดความผิดปกติทางสรีรวิทยาของผลิตภัณฑ์ ยับยั้งการเกิดเส้นใย และการสูญเสียคลอโรฟิลล์ แต่จะไม่เกิดประโยชน์ถ้าหากระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้นและ/หรือเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาเหมาะสมอยู่แล้ว (สายชล, 2528)

การใช้สารเคลือบผิว

ผิวของผลิตผลทุกชนิดมีเนื้อเยื่อผิวปกคลุมอยู่ได้แก่ epidermis และ periderm เนื้อเยื่อทั้ง 2 ชนิดนี้ทำหน้าที่เช่นเดียวกันคือ ป้องกันการสูญเสียน้ำและป้องกันตัวเองจากศัตรูต่างๆ ซึ่งในระหว่างการเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวต่างๆ เช่น การคัดเลือกขนาดและคุณภาพ การทำความสะอาด ชั้นของไขอาจหลุดหายไปทำให้ผลิตผลสูญเสียน้ำและอ่อนแอต่อการเข้าทำลายจากศัตรูภายนอกมากขึ้น เนื่องจากผลิตผลส่วนใหญ่ไม่สามารถสร้างไขขึ้นมาได้มากหลังการเก็บเกี่ยวและมักมีอายุภายหลังการเก็บเกี่ยวสั้น (จริงแท้, 2544) การใช้สารเคลือบผิวเป็นวิธีหนึ่งซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียน้ำและลดการแลกเปลี่ยนก๊าซทำให้ก๊าซออกซิเจนภายในผลิตผลลดต่ำลงและมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการหายใจของผลิตผล ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นนี้ยังสามารถจัดวางการทำงานของเอทิลีนและยับยั้งการสร้างเอทิลีนในผลิตผลด้วย (คณัย, 2540) โดยโครงสร้างของสารเคลือบผิวมีบทบาทต่อการยืดอายุการเก็บรักษา มากกว่าความหนาของสารเคลือบบนผลิตผล สารที่มีการซ้อนกันของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบมีคุณภาพดีกว่าสารเคลือบที่หนาแต่มีโครงสร้างไม่เป็นระเบียบ (จริงแท้, 2541) และในการใช้สารเคลือบผิวต้องเลือกชนิดและความเข้มข้นให้เหมาะสม เพราะสารเคลือบผิวมีคุณสมบัติในการป้องกันการสูญเสียน้ำและควบคุมการผ่านเข้าออกของก๊าซได้ไม่เท่ากัน ถ้าใช้สารเคลือบผิวที่มีความเข้มข้นต่ำหรือเคลือบผิวบางเกินไปจะลดการสูญเสียน้ำและการแลกเปลี่ยนก๊าซได้น้อย แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไปหรือเคลือบผิวหนาเกินไป นอกจากจะสิ้นเปลืองแล้ว ยังอาจทำให้

ปริมาณออกซิเจนภายในผลิตผลลดลงต่ำเกินไปจนกระทั่งเป็นอันตรายได้ (จริงแท้, 2544) เช่นทำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในสาถิและแอปเปิล เกิดการเปลี่ยนแปลงกลิ่นและรสชาติของกล้วยและมะเขือเทศ อันเนื่องมาจากสภาพออกซิเจนที่ต่ำเกินไปหรือ คาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินไป ทำให้เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากกระบวนการหายใจอาจจะสะสมอยู่มากถึงขั้นเป็นอันตรายกับเนื้อเยื่อได้เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูงสามารถยับยั้งกิจกรรมของ เอนไซม์ succinic acid dehydrogenase ทำให้กรด succinic สะสมอยู่มากจนอาจเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อได้ (Weichman, 1986) และยังอาจจะมีผลทำให้ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องในวัฏจักรเครบส์ (Krebs' cycle) เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (Voet and Voet, 1990) ข้อดีของการเคลือบผิว คือ สามารถผสมสารอื่นๆ ที่ส่งผลดีกับผลิตผลลงไปในสารเคลือบผิวได้ เช่น สารป้องกันเชื้อรา และสารเพิ่มสีส้ม การเคลือบผิวจะได้ผลดียิ่งขึ้นหากมีการใช้ร่วมกับอุณหภูมิต่ำ (Kader *et al.*, 1985)

สารเคลือบผิวที่ใช้มีหลายชนิดและหลายสูตร มีบริษัทหลายแห่งที่ผลิตออกจำหน่าย แต่สูตรและส่วนผสมมักเป็นความลับทางการค้า โดยไซที่ใช้ในการเตรียมสารเคลือบผิว อาจได้จากแหล่งต่างๆ ดังนี้ (Hample and Hawley, 1973; จริงแท้, 2544)

1. ไซจากพืช (vegetable wax) เป็นไซที่แยกได้จากพืชซึ่งมีอยู่หลายชนิด แต่ที่นิยมนำมาใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งของสารเคลือบผิวผลไม้คือ carnauba ซึ่งเป็นไซที่แยกได้จากผิวของใบปาล์มบราซิล (Brazilian palm) *Copernicia cerifera* เป็นไซที่ถือว่ามีความบริสุทธิ์ที่สุด มีความแข็งและเป็นมันเงามาก กลิ่นหอมและมีจุดหลอมเหลวสูงที่สุดคือ 84-96 องศาเซลเซียส ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือ candelilla เป็นไซที่แยกได้จากต้นของวัชพืช *Pedilanthus pavonis* มีความแข็งแรงและความมันเงารองมาจาก carnauba มีกลิ่นหอมแต่เปรี้ยว เมื่อรวมตัวกับกรด oleic จะเกิดผลึกน้อยลง และมีความอ่อนนุ่มมากขึ้น

2. ไซจากสัตว์ (animal wax) มีหลายชนิดที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวผลไม้ ได้แก่ shellac ซึ่งสกัดได้จากมูลครั่ง (*Laccifer lacca*) ประกอบด้วย 9, 10, 16-trihydroxy palmitic acid ester และ shelloic acid ester สามารถละลายได้ในสารละลายที่มีความเป็นด่าง หรือแอลกอฮอล์ได้ มีความเป็นมันเงาสูงมาก มีคุณสมบัติป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี แต่ยอมให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซออกซิเจน (Hagenmaier and Shaw, 1991) มีจุดหลอมเหลวที่ 72-80 องศาเซลเซียส สามารถเข้าได้กับไซหลายชนิด และนิยมใช้เป็นองค์ประกอบของสารเคลือบผิวแทบทุกชนิด ไซจากสัตว์อื่นๆ ได้แก่ spermaceti ซึ่งเป็นไซที่ได้จากวาฬ และ ขี้ผึ้งที่ได้จากผึ้ง เป็นต้น

3. ไขจากน้ำมันปิโตรเลียม (petroleum wax) เป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม มีสูตรเคมีเป็น C_nH_{2n+2} ตัวอย่างเช่น paraffin มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว อ่อนนุ่ม ลื่น ไม่มีกลิ่น มีความมันเงาเล็กน้อย แต่สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำได้ดี เมื่อรวมตัวกับตัวทำละลายมักจะมีลักษณะเหนียว และ microcrystalline wax เป็นไขจากน้ำมันปิโตรเลียมอีกชนิดหนึ่ง เป็นผลึกขนาดเล็กเหนียว และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักโมเลกุลสูง มี tensile strength และจุดหลอมเหลวสูงกว่า paraffin มีความมันเงาเล็กน้อย ลื่นมือ สามารถรวมกับ vegetable wax และ resin ซึ่งมีผลให้จุดหลอมเหลวและความแข็งเพิ่มขึ้น

4. ไขจากฟอสซิล (mineral wax) สกัดได้จากฟอสซิล

5. ไขจากการสังเคราะห์ (synthetic wax) ได้แก่ polyethylene wax, polyoxyethylene glycol (carbowax), chlorinated naphthalene (halowax), polyoxyethylene sorbitol, polyethylene glycols และ ethylene glycol monostearate เป็นต้น สังเคราะห์ได้จากเอทิลีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันดิบและจากการแยกก๊าซธรรมชาติ ไขที่ได้จากการสังเคราะห์อีกชนิดหนึ่งซึ่งมิได้เกิดจากเอทิลีน ได้แก่ sucrose fatty acid ester เป็นการสังเคราะห์จากเอสเทอร์ ของน้ำตาลซูโครสและกรดไขมันชนิดต่างๆ ที่รับประทานได้ เช่น oleic acid, stearic acid และ palmitic acid ไขสังเคราะห์นี้มีคุณสมบัติเป็น emulsifier ที่ดี เมื่อนำมาเคลือบผิวพบว่า ขัดขวางการผ่านเข้าออกของก๊าซออกซิเจน แต่ยอมให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านได้สะดวก

วงเดือน (2546) ได้ศึกษาผลของสารเคลือบผิวโดยเคลือบผิวผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งด้วย carnauba 15 เปอร์เซ็นต์ shellac 15 เปอร์เซ็นต์ carnauba 7.5 เปอร์เซ็นต์ + shellac 7.5 เปอร์เซ็นต์, Johnson's wax และ ZIVDAR พบว่า ZIVDAR ช่วยลดการสูญเสียน้ำหนัก และทำให้ผลส้มมีอัตราการหายใจต่ำ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงสีผิว การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ และการยอมรับของผู้ทดสอบชิม ไม่แตกต่างกับผลส้มที่ไม่เคลือบผิว และปรีดา (2536) ได้ทดลองเคลือบผิวส้มเขียวหวานด้วย carnauba ความเข้มข้น 0-15 เปอร์เซ็นต์ และ shellac 0-20 เปอร์เซ็นต์ พบว่า carnauba สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 60 เปอร์เซ็นต์ สัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้น และไม่จำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซ ส่วน shellac สามารถป้องกันการสูญเสียน้ำหนักได้ 20 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทุกความเข้มข้น แต่สามารถจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซได้ดีสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้น สอดคล้องกับการทดลองของ Hagenmaier and Baker (1995) ซึ่งได้ทำการเคลือบผิวผลส้มเป็นชั้นๆ โดยอาศัยคุณสมบัติของสารเคลือบผิวแต่ละชนิดมาสนับสนุน พบว่าชั้นในซึ่งใช้สารเคลือบผิวที่จำกัดการคายน้ำ (moisture-barrier wax) จะลดการสูญเสียน้ำหนัก ส่วนชั้นนอกสารเคลือบผิวพวก polyethylene หรือสารผสมระหว่าง shellac และ resin ester จะให้ความมันเงา (gloss) แต่สารผสมระหว่าง shellac และ resin

ester จะจำกัดการแลกเปลี่ยนของก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ในลีนจ์ พันธุ์สูงช่วยได้มีการใช้สารเคลือบผิว พบว่าการเคลือบด้วย carnauba ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ chitosan ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และ shellac ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผล ลดการสูญเสียน้ำหนักผลได้ดีกว่าความเข้มข้นอื่นๆ ในสารเคลือบผิวชนิดเดียวกัน แต่เมื่อทำการทดลองเปรียบเทียบด้วยการเคลือบผิวผลด้วยสารเคลือบผิวที่ให้ผลดีจากการทดลองข้างต้น พบว่าการใช้ carnauba ความเข้มข้น 1.0 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลที่ดีกว่าการใช้สารเคลือบผิวชนิดอื่น (นิศากร, 2548) ในการทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์มหาชนก พบว่าการใช้ shellac ความเข้มข้น 6 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการสุก การลดลงของความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็ง ทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ดีกว่าชุดที่ไม่ได้เคลือบผิว (ดวงใจ, 2549)

ในการเตรียมสารเคลือบผิวจะต้องใช้อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้ไขมันแขวนลอยอยู่ในน้ำในรูปของสารแขวนลอยซึ่งเรียกว่า emulsion wax อิมัลชันเป็นระบบคอลลอยด์ที่พบในอาหารอีกชนิดหนึ่งของเหลวเป็นทั้งอนุภาคคอลลอยด์และตัวกลาง โดยมีของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆแขวนลอยอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง โดยจะอยู่ในรูปของเม็ดหรือหยด (droplets) มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.1 ไมครอน ชนิดของอิมัลชันแบ่งได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ อิมัลชันที่มีตัวกระจายมีขนาด 0.01-0.5 ไมครอน เรียกว่า ไมโครอิมัลชัน (microemulsion) และอิมัลชันที่มีตัวกระจายมีขนาด 0.5-10.0 ไมครอน เรียกว่า แมโครอิมัลชัน (macroemulsion) ในทางด้านอาหาร อิมัลชันที่พบส่วนใหญ่มี 2 ชนิดคือ

1. พวกที่ตัวกลางเป็นน้ำและอนุภาคคอลลอยด์เป็นน้ำมัน อิมัลชันชนิดนี้เรียกว่า oil-in-water emulsions (o/w) เช่น นำนม น้ำสลัด (salad dressing) และมายองเนส เป็นต้น
2. พวกที่ตัวกลางเป็นน้ำมันและอนุภาคคอลลอยด์เป็นน้ำ อิมัลชันชนิดนี้เรียกว่า water-in-oil emulsions (w/o) เช่น เนย และมาการีน เป็นต้น ส่วนมากจะใช้ระบบน้ำมันในน้ำในการเคลือบผิวผักและผลไม้ (นิธิยา, 2534; ณรงค์, 2538; Krochta *et al.*, 1994)

กลไกการเกิดอิมัลชัน เนื่องจากของเหลวทุกชนิดจะมีแรงตึงผิวและเมื่อนำของเหลว 2 ชนิดที่ไม่สามารถผสมกันได้มาเขย่ารวมกัน แรงตึงผิวของของเหลวแต่ละชนิดจะพยายามทำให้อนุภาคของของเหลวรวมตัวเข้าหากัน และแยกตัวออกจากของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เพื่อลดให้มีพื้นที่ผิวน้อยที่สุด เพราะเมื่อของเหลวมีอนุภาคใหญ่ขึ้นก็จะมีพื้นที่ผิวโดยรวมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับขณะที่กระจายเป็นอนุภาคเล็กๆ ของเหลวใดที่มีความถ่วงจำเพาะหรือความหนาแน่นน้อยกว่าก็จะแยกตัวลอยอยู่ชั้นบน ส่วนของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะสูงก็จะแยกตัวอยู่ชั้นล่าง ในการทำอิมัลชันต้องทำให้ของเหลวที่เป็นอนุภาคคอลลอยด์แตกตัวเป็นหยดเล็กๆ กระจายตัวอยู่ในตัวกลาง ของเหลวที่มีปริมาณเท่ากันถ้าทำให้มีขนาดของอนุภาคเล็กมากจะมีพื้นที่ผิวมาก แต่ถ้าขนาดของอนุภาคใหญ่จะ

มีพื้นที่ผิวน้อย เช่น การเขย่าน้ำมันในน้ำ น้ำมันจะแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆ กระจายตัวอยู่ในน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง อนุภาคน้ำมันเล็กๆ จะค่อยๆ รวมตัวกันเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ และแยกตัวออกจากน้ำ ทำให้อิมัลชันสลายไป การเกิดอิมัลชันชั่วระยะเวลาสั้นนี้ เรียกว่า temporary emulsion การทำให้เกิดอิมัลชันที่มีความคงตัวเรียกว่า permanent emulsion โดยเติม emulsifying agent ลงไปเป็น protective coating ให้กับอนุภาคน้ำมันเพื่อทำให้ความตึงผิวที่หน้าสัมผัสลดลง ทำให้เกิด electrical double layer ที่ interphase และสร้างฟิล์มที่แข็งแรงหุ้มรอบๆ เมื่อน้ำมัน emulsifying agent จะเข้าไปแทรกอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคและตัวกลางป้องกันไม่ให้เม็ดน้ำมันเคลื่อนเข้ามาจับตัวกันช่วยทำให้อิมัลชันคงตัวขึ้น สารอิมัลซิไฟเออร์จำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ (synthetic emulsifier) ได้แก่ soap, sulfated oil, amine salts และ monoglycerides เป็นต้น
2. สารอิมัลซิไฟเออร์ที่ได้จากธรรมชาติ (naturally occurring emulsifier) ได้แก่ phospholipid, sterol, lanolin, water soluble gums, proteins และ cellulose derivatives เป็นต้น
3. สารอิมัลซิไฟเออร์ที่เป็นของแข็งที่เป็นผงละเอียด (finely-divided solid) ได้แก่ carbon black, powdered silica clays และเกลือของโลหะบางชนิด เป็นต้น (รัตนา, 2525; นิธิยา, 2534; ณรงค์, 2538)

อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) หรือ emulsifying agent หรือ surface-active agent เป็นตัวช่วยลดแรงตึงระหว่างผิวของน้ำกับของเหลวอินทรีย์ที่ไม่รวมกับน้ำ ลดแรงตึงระหว่างผิวลงจาก 30-50 ไดน์ต่อเซนติเมตร เป็น 0-10 ไดน์ต่อเซนติเมตร แต่การลดแรงตึงผิวลงอาจไม่สามารถทำให้อิมัลชันคงตัวได้เสมอไป ในโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์จะมีลักษณะพิเศษคือ มีส่วนหนึ่งเป็น โพลาร์ (polar) สามารถละลายได้ในน้ำและอีกส่วนหนึ่งเป็นนอน โพลาร์ (non-polar) ที่เรียกว่า สารแอมฟิฟิลิก (amphiphilics) ซึ่งจะแทรกตัวเข้าไปอยู่ที่หน้าสัมผัส โดยจัดให้ส่วน โพลาร์ เช่น กลุ่ม $-OH$ และกลุ่ม $-CO_2H$ หันไปทางน้ำ และส่วนที่เป็นนอน โพลาร์หันไปทางไขมัน ตัวอย่างเช่น สบู่โซเดียมสเตียเรต ($C_{15}H_{33}COONa$) เมื่อละลายน้ำจะแตกตัวออกเป็น $C_{15}H_{33}COO^-$ ส่วนที่เป็น โพลาร์ ($-COO^-$) ละลายได้ในน้ำจะยื่นออกมานอกผิวของอนุภาคน้ำมันเพื่อละลายอยู่ในน้ำ ส่วนหมู่สเตียเรต ($C_{15}H_{33}$) ซึ่งเป็นนอน โพลาร์ละลายได้ในอนุภาคน้ำมัน ก็จะละลายอยู่ในอนุภาคน้ำมัน ดังนั้นจะทำให้อนุภาคน้ำมันมีประจุลบของ $-COO^-$ อยู่ที่ผิว และอนุภาคน้ำมันมีประจุลบเหมือนกันหมดทุกอนุภาค ทำให้มันผลักกันไม่รวมตัวกัน และยังช่วยลดแรงตึงผิวลงด้วยการแขวนลอยอยู่ในน้ำ ได้เป็นอิมัลชันที่มีความคงตัว นอกจากนั้นประจุลบ COO^- ที่อยู่ที่ผิวของอนุภาคน้ำมันยังสามารถที่จะจับกับ Na^+ ที่อยู่ในน้ำ ทำให้อนุภาคน้ำมันเกิด Helmholtz-Gouy double layer ขึ้น อนุภาคน้ำมันที่

กระจายตัวอยู่จึงมีประจุบวกของ Na^+ เหมือนกัน ทำให้มันผลึกซึ่งกันและกัน ไม่สามารถรวมตัวกัน ทำให้อิมัลชันที่คงตัว ดังนั้นการคงตัวของอิมัลชันจึงเป็น kinetic stability

นอกจากนั้น โมเลกุลของสารประกอบจำพวกแอลกอฮอล์ ก็มีทั้งหมู่ที่เป็น โพลาร์และนอน-โพลาร์ใน โมเลกุล ทำให้แอลกอฮอล์สามารถละลายได้ทั้งในตัวกลางที่เป็นน้ำและที่เป็นน้ำมัน แต่ ถ้าหมู่ alkyl มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายในน้ำมันเพิ่มขึ้นและ หมู่ไฮดรอกซิลจะละลายในน้ำได้น้อยลง ด้วยเหตุนี้จึงสามารถแบ่งสารอิมัลซิไฟเออร์ออกตามชนิด ของอนุโมลที่เกิดขึ้น ได้แก่ อิมัลซิไฟเออร์ที่มีประจุลบ (anionic emulsifiers) อิมัลซิไฟเออร์ที่มี ประจุบวก (cationic emulsifiers) อิมัลชันไฟเออร์ที่มีประจุลบและประจุบวก (amphoteric emulsifiers) และอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่มีประจุ (non-ionic emulsifiers) (นิธิยา, 2534; ณรงค์, 2538)

น้ำมันพืช

ไขมันหรือน้ำมัน หมายถึง สารที่ละลายได้ในตัวทำละลายไขมัน ซึ่ง ได้แก่ แอลกอฮอล์ อีเทอร์ และคลอโรฟอร์ม สารเหล่านี้ที่อุณหภูมิธรรมดามีสภาพเป็นของแข็ง เรียกว่า ไขมัน ถ้าเป็น ของเหลว เรียกว่า น้ำมัน (อรวิรินทร์และประชา, 2522) น้ำมันพืช คือ น้ำมันทุกชนิดที่ได้จากพืช ซึ่ง ส่วนใหญ่สกัดได้จากเมล็ดของพืช น้ำมันพืชแบ่งได้ 3 ประเภทคือ

1. น้ำมันพืชสำหรับบริโภค ใช้ในการประกอบอาหาร สกัดได้จากเมล็ดถั่วเหลือง ข้าวเจ้า เมล็ดฝ้าย เมล็ดทานตะวัน นุ่น งา ดอกคำฝอย และข้าวโพด เป็นต้น
2. น้ำมันพืชเพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม เป็นต้น
3. น้ำมันพืชสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมทาสี กาว วัตถุระเบิด หมึกพิมพ์ เกสซ์ภัณฑ์ และสิ่งทอ ตัวอย่างของน้ำมันประเภทนี้ได้แก่ น้ำมันมะเยา (Tung oil) และน้ำมันละหุ่ง เป็นต้น (ธีรงค์, 2521)

น้ำมันเมล็ดทานตะวัน

น้ำมันเมล็ดทานตะวันสกัดได้จากเมล็ดของทานตะวัน (*Helianthus annuus L.*) ซึ่งปลูกมาก ในประเทศรัสเซีย แคนาดา อเมริกา อังการี และอาร์เจนตินา เมล็ดทานตะวันมีน้ำมันประมาณ 20-36 เปอร์เซ็นต์ บางสายพันธุ์อาจมีน้ำมันสูงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ และมีโปรตีนประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ การสกัดน้ำมันออกจากเมล็ดทำได้โดยใช้ hydraulic หรือ screw pressing บีบเอาน้ำมัน ออกจากเมล็ดหรือใช้วิธีสกัด โดยใช้ตัวทำละลายสกัดน้ำมันออกมา ประโยชน์ของน้ำมันเมล็ด ทานตะวันคือ เป็นน้ำมันปรุงอาหาร เนยเทียม และเนยขาว

น้ำมันเมล็ดทานตะวันมีสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นเฉพาะซึ่งสามารถกำจัดออกได้โดยใช้วิธีการกำจัดกลิ่น องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันเมล็ดทานตะวัน ประกอบด้วยกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวประมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ (ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกรด oleic มีกรด linoleic 4-8 เปอร์เซ็นต์ และมีกรด linolenic น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์) และมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ (นิธิยา, 2548)

การใช้สารอิมัลชันเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

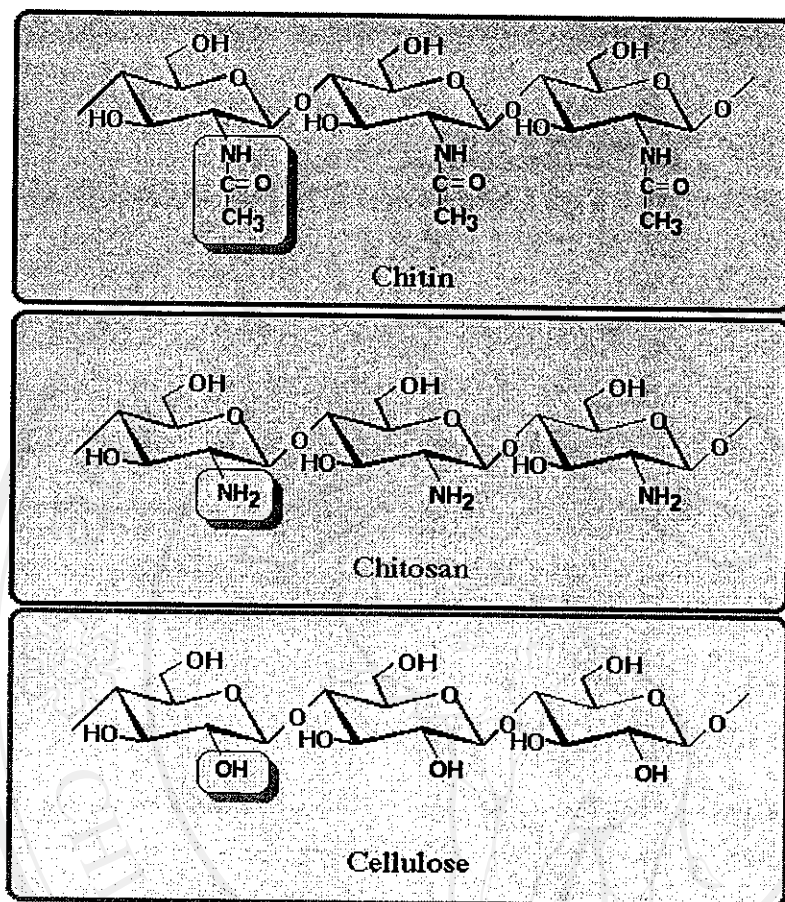
การเคลือบผิวผลกล้วยดิบด้วยอิมัลชันของเนยจืดต่อน้ำที่อัตราส่วนตั้งแต่ 10:1 ถึง 10:10 และอิมัลชันของน้ำมันปาล์ม โอเลอินต่อน้ำที่อัตราส่วนน้ำ 10-50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าอิมัลชันของเนยจืดต่อน้ำทุกอัตราส่วน และอิมัลชันของน้ำมันปาล์ม โอเลอินทุกสูตรสามารถชะลอการสุกของผลกล้วยไข่ได้นานขึ้น 3-5 วัน และเมื่อนำอิมัลชันของเนยจืดต่อน้ำอัตราส่วน 2:1 และ 4:1 และอิมัลชันของน้ำมันปาล์ม โอเลอินต่อน้ำอัตราส่วน 3:2, 1:1 และ 2:3 มาทดลองเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกพบว่าสามารถชะลอการสุก ยืดอายุการวางจำหน่าย และปรับปรุงคุณภาพของผลมะม่วงสุกได้เช่นเดียวกัน (คณัยและนิธิยา, 2546) ในการทดลองเคลือบผิวผลกล้วยไข่พบว่ากล้วยไข่ที่เคลือบผิวด้วยแป้งข้าวเหนียว 5 เปอร์เซ็นต์ แซนแทนกัม 0.5 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันปาล์ม น้ำมันข้าวโพดและน้ำมันถั่วลิสง มีการสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าและชะลอการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ดีกว่ากล้วยไข่ที่ไม่ได้เคลือบผิว (ชลิต, 2540) ซึ่งสมกิต (2536) ได้ทดสอบใช้สารเคลือบผิว ได้แก่ acacia gum แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันปาล์ม:น้ำมันถั่วเหลือง (1:1) เคลือบผลสับปะรดพบว่าโดยผลที่เคลือบผิวด้วยแป้งถั่วเขียวเก็บรักษาได้ 13.33 วัน โดยที่สีผิวของเปลือกยังคงอยู่ในสภาพดี เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่สามารถเก็บรักษาได้ 11.60 วัน ส่วนการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ชินพันธ์ (2539) ศึกษาถึงผลของสารเคลือบผิวผลลิ้นจี่พันธุ์สงสวยด้วยสารเคลือบผิวประเภทน้ำมัน (น้ำมันข้าวโพด น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วเหลืองผสมน้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วลิสง) และแป้ง (แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวโพด แป้งแอโรไวท์ แป้งถั่วเขียว แป้งมันสำปะหลัง) โดยสารเคลือบผิวประเภทน้ำมันสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักสด ยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าสารเคลือบผิวประเภทแป้ง และการทดลองของดวงใจ (2549) ที่ทดลองเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกด้วยอิมัลชันของน้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันเมล็ดทานตะวัน และน้ำมันรำข้าวพบว่า มะม่วงที่เคลือบผิวด้วยอิมัลชันของน้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดทานตะวันความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การลดลงของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และความแน่นเนื้อของผล ได้ดีกว่าชุดที่ไม่ได้เคลือบผิว ส่วน

อิมัลชันของน้ำมันต่างๆ ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และอิมัลชันของน้ำมันรำข้าวและน้ำมันถั่วเหลืองความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ จะเกิดกลิ่นหมักระหว่างการเก็บรักษา ในการเคลือบผิวแอปเปิล พันธุ์ Granny Smith ด้วยน้ำมันพืช พบว่าสามารถลดการเกิดแผลที่เกิดขึ้นจากอากาศสะท้อนหนาวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 เดือนได้ (Scott *et al.*, 1995)

ไคติน และไคโตซาน

ไคติน (chitin) และไคโตซาน (chitosan) เป็นโพลีเมอร์ชีวภาพในกลุ่มคาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็นเส้นใยที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส (cellulose) ไคตินมีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของผนังเซลล์ของพืช (Austin *et al.*, 1981) ไคตินมีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1-4)-N-acetyl-D-glucosamine เป็นสารอินทรีย์โมเลกุลยาวที่มีโครงสร้างคล้ายเซลลูโลส แต่แตกต่างกันที่ ไคตินจะประกอบด้วยอนุพันธ์ของน้ำตาลกลูโคสที่มีธาตุไนโตรเจน (ในรูปของหมู่อะซิโตนามิด -NHCOCH₃-) เกาะอยู่ภายในโมเลกุลที่ตำแหน่งคาร์บอนตัวที่ 2 แทนที่จะเป็น OH ดังในเซลลูโลส (ภาพที่ 2) ทำให้มีสมบัติ เฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับส่วนอื่นๆหลายชนิด เมื่อพิจารณาสูตรโครงสร้างของไคติน จะพบว่าไคตินเป็นสารโมเลกุลยาวที่ไม่มีประจุ (non-electrolytic polymer) ซึ่งทำให้ไคตินละลายได้ยากในสารละลายทั่วไป ดังนั้นการใช้ประโยชน์จากไคตินจึงไม่ค่อยแพร่หลาย แต่สามารถดัดแปลงไคตินโดยวิธีการทางเคมีเป็นไคโตซานเพื่อเพิ่มประโยชน์ในการใช้งานมากยิ่งขึ้น (Allan *et al.*, 1978; Hirano, 1989) ไคตินมีสูตรทางเคมีของโมโนเมอร์ คือ C₈H₁₃NO₅ ประกอบด้วย คาร์บอนร้อยละ 47.29% ไฮโดรเจนร้อยละ 6.45% ไนโตรเจนร้อยละ 6.89% และออกซิเจนร้อยละ 39.37% ปริมาณของไคตินที่พบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของสิ่งมีชีวิต ในสัตว์เราจะพบไคตินมากตามบริเวณ โครงร่างแข็งภายนอก (exoskeleton) ของสัตว์ในไฟลัมอาร์โทรโปดา (Phylum Arthropoda) โดยไคตินจะเป็น cuticle ที่ผิวหนังของ epithelium เช่นเปลือกนอกและกระดูกของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง นอกจากนี้ยังพบไคตินได้ในโครงสร้างของสัตว์ที่มีปล้อง และสามารถแยกสกัดออกมาจากเปลือก เช่น กุ้ง ปู เปลือกของตัวไหม และ แกนของหมึก เป็นต้น ในเปลือกเหล่านี้จะมีปริมาณของไคตินตั้งแต่ 0.01% จนสูงถึง 40% ของน้ำหนักแห้งของสัตว์ดังกล่าว นอกจากนี้ไคตินยังเป็นองค์ประกอบในแมลง รา และยีสต์อีกด้วย (Jeuniaux, 1978; วิสิฐและลูกจันทร์, 2543) ไคตินในธรรมชาติมีโครงสร้างของผลึกที่แข็งแรง 3 ลักษณะ ได้แก่ แอลฟาไคติน เบตาไคติน และแกมมาไคติน โดยไคตินที่เกิดในเปลือกกุ้งและเปลือกปู ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดแอลฟาไคติน ส่วนไคตินที่เกิดในแกน หรือกระดูกหมึก จะเป็นชนิดเบตาไคติน ในการจัดเรียงตัวของโครงสร้างตามธรรมชาติ พบว่าแอลฟาไคติน มีเสถียรภาพทางเคมีสูงกว่าเบตาไคติน (Sanford, 1989)



ภาพ 2 โครงสร้างของ ไคติน ไคโตซาน และเซลลูโลส (ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี-
มหานคร, 2549)

ไคโตซาน มีชื่อทางเคมีว่า poly- β -(1-4)-2-amino-2-deoxy-D-glucose เป็นสารธรรมชาติไม่
เป็นพิษ เป็นพอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ซึ่งแตกตัวหรือสลายตัวโดยขบวนการชีวภาพ บางครั้ง
เรียกไคโตซานว่า deacetylated chitin เนื่องจากไคโตซานเป็นอนุพันธ์ (derivative) ชนิดหนึ่งของ
ไคตินโดยการแยกเอาหมู่อะซิติก (acetyl group, $-\text{COCH}_3$) ออกจากโครงสร้างของไคติน โดย
การไฮโดไลซ์หมู่อะซิติกอะมิโน ($-\text{NHCOCH}_3$) ซึ่งจะถูกตัดออกเหลือเป็นหมู่ amino (NH_2) ที่
คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 เรียกว่าปฏิกิริยาคีอะเซทิเลชัน (deacetylation) ในสารละลายต่างเข้มข้น
ดังนั้นไคโตซานจึงเป็นพอลิเมอร์ของ D-glucosamine ซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยย่อยของ D-
glucosamine (2-amino-deoxy-D-glucan) ที่มีการเชื่อมต่อกันแบบอนุกรมที่ตำแหน่ง β -1,4 ด้วย
พันธะ glucosidic การเกิดไคโตซานขึ้นอยู่กับปริมาณการเกิด deacetylation ซึ่งวัดได้จากค่า degree
of deacetylation คิดเป็นหน่วยร้อยละ (percent of deacetylation; %DD) กล่าวคือการลดหมู่

อะเซทิล (acetyl) ในไคตินลง มีผลทำให้มีการเพิ่มของหมู่เอมีน (amine) ซึ่งเป็นการเพิ่มสมบัติการเป็น polycationic activity บนโพลิเมอร์ทำให้เกิดการเป็นสถานะไคซานเพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น %DD 80 หมายถึง สายโซ่ไคติน-ไคโตซานนี้มีหน่วยที่เป็นไคโตซานเป็นสัดส่วน 80 ในทั้งหมด (Shahidi *et al.*, 1999; รัตนา, 2544) โดยถ้ามีค่าเกินกว่า 60% ขึ้นไป การละลายของไคโตซานในกรดอินทรีย์จะเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะการเพิ่มขึ้นของหมู่เอมีนของ glucosamine ทำให้มีความสามารถในการรับโปรตอนจากสารละลายได้เพิ่มขึ้นซึ่งช่วยให้การละลายดีขึ้น เพราะมีสมบัติเป็นประจุบวกเพิ่มขึ้น (Chen, 1998; สุวดี, 2542) จึงสามารถละลายได้ในสารละลายหลายชนิด จึงทำให้การใช้ประโยชน์จากไคโตซานมีได้กว้างกว่าไคติน ไคโตซานสามารถละลายได้ดีขึ้นในกรดต่างๆ ที่มี pH น้อยกว่า 5.5 (Filar and Wirick, 1978; Du and Sun, 1994) โดยค่า pH และ ionic strength จะมีผลต่อค่าความหนืดสุดท้ายของสารละลาย (George, 1992) ไคโตซานจะไม่ละลายในสารอินทรีย์ที่เป็นกลางและด่าง และไม่ละลายในกรดซัลฟูริก (sulfuric acid) ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่อุณหภูมิห้อง ตัวทำละลายไคโตซานที่ดีที่สุดคือ กรดฟอร์มิก (formic acid) (Kienzle-Sterzer *et al.*, 1982) วัตถุประสงค์ที่นิยมใช้ในการผลิตไคติน และไคโตซาน เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมอาหารคือ ของเหลือจากกุ้ง (หัวและเปลือก) กุ้ง เศษ กระดองปู และของเหลือจากการหมักเชื้อรา (ธีระพล, 2534) กรรมวิธีในการผลิต ไคตินและไคโตซานแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนที่สำคัญคือ ขั้นที่ 1 เป็นการแยกเอาโปรตีนออกจากเปลือกสัตว์ที่มีไคตินเป็นองค์ประกอบ และขั้นที่ 2 เป็นการกำจัดแร่ธาตุจึงจะได้ออกมาเป็นไคติน จากนั้นเปลี่ยนไคตินให้กลายเป็นไคโตซานโดยการดึงหมู่อะเซทิลออกโดยวิธีทางเคมี (Knorr, 1984)

การใช้ไคโตซานเพื่อชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

สุทัศน์เทียม (2544) ศึกษาผลของการเคลือบผิวผลมะนาวด้วยสารไคโตซานความเข้มข้น 0.10, 0.25 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเคลือบผิวสามารถลดการสูญเสียน้ำหนักลงได้ โดยอัตราการสูญเสียน้ำหนักจะลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นของสารเคลือบผิวเพิ่มขึ้น แล้วจากการทดลองเคลือบผิวมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.75 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน ผลจะเกิดการสุกผิดปกติ โดยสีผิวยังคงมีสีเขียว แต่เนื้อภายในมีสีเหลืองซีด นิ่มและมีกลิ่นหมัก ส่วนผลที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส ทุกชุดทดลองมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวเล็กน้อย ในผลมะม่วงพันธุ์เขียวเสวยเคลือบไคโตซานความเข้มข้น 0.50, 0.75 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ แล้วเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อมีค่าลดลงต่ำกว่าการยอมรับในแง่รับประทานผลดิบภายใน 6 วัน แต่เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน สามารถชะลอการลดลงของความ

แน่นเนื้อและการเกิดโรค ได้ดีกว่าชุดทดลองอื่นๆ และ ไคโตซานที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 0.50 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงทั้ง 2 พันธุ์ได้ (วิเชียร, 2541) การเคลือบผิวผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ และการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกได้ดี สามารถเก็บรักษานานได้ 40 วัน ซึ่งนานกว่าชุดที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์และชุดที่ไม่ได้เคลือบผิวที่เก็บรักษาได้นาน 8 และ 12 วัน ตามลำดับ (นวรรตน์, 2544) ในผลมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือก การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และความแน่นเนื้อ ได้ดีกว่าชุดการทดลองอื่น (ดวงใจ, 2549) นอกจากนี้ยังมีการนำไคโตซานไปใช้เคลือบผิวผลมะเขือเทศที่ความเข้มข้น 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่าในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจและการสังเคราะห์เอทิลีนได้ และยังชะลอการเปลี่ยนสีผิวของมะเขือเทศให้ช้าลงได้ ซึ่งไคโตซานความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ ให้ผลในการยืดอายุการเก็บรักษา ได้ดีกว่า กลุ่มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และสามารถลดการเกิดโรค *Botrytis cinerea* ในผลมะเขือเทศ ได้ดีกว่าชุดควบคุม (El-Ghaouth *et al.*, 1992a)

ผลส้มเขียวหวานที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.00, 1.50 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการสูญเสียน้ำหนักและอัตราการหายใจ ได้ดีกว่าที่ไม่ได้เคลือบผิว และสามารถจำกัดการเข้าออกของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน (พฤตนิยา, 2545) ในผลลิ้นจี่ที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารเคลือบผิวมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ลดลงและช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก เป็นผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลิ้นจี่ได้ (Donglin and Peter, 1997) เช่นเดียวกันเมื่อใช้ไคโตซานความเข้มข้น 1.00, 2.00 และ 3.00 เปอร์เซ็นต์ ช่วยชะลอการสูญเสียน้ำหนัก และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ รวมทั้งช่วยลดกิจกรรมของเอนไซม์ PPO และเอนไซม์ peroxidase (POD) (Dong *et al.*, 2004) ส่วนไคโตซานความเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกผลลิ้นจี่ ลดการสูญเสียน้ำหนักได้ดี (นิสากร, 2548) และเมื่อนำไคโตซานความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ มาเคลือบผลลิ้นจี่ แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 วัน หลังจากนั้นนำออกมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง พบว่าสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ PPO การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้รวมทั้งลดการเน่าเสียลงได้ ซึ่งทำให้สามารถขยายเวลาในการนำผลลิ้นจี่มาไว้ที่อุณหภูมิห้องได้นานขึ้น (Jiang *et al.*, 2005) ส่วนไคโตซานความเข้มข้น 0.50, 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ นำมาเคลือบผิวผลลำไยแล้วเก็บรักษาที่

อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส สามารถลดอัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำได้ และชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผล และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO (Jiang and Li, 2001)

ไคโตซานนอกจากช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตผลแล้วยังมีคุณสมบัติยับยั้งการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวได้ ตัวอย่างเช่นผลสตอเบอรี่สดที่เคลือบผิวด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งโรคจากเชื้อราในช่วง 21 วันแรกของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 13 องศาเซลเซียสได้ไม่แตกต่างจากสารยับยั้งเชื้อรา Rovral หลังจากนั้นไคโตซานจะยับยั้งการเกิดโรคได้ดีกว่า นอกจากนี้สาร Rovral จะทำให้เกิดอาการเป็นพิษ (phytotoxicity) ต่อผลสตอเบอรี่ คือมีอาการฉ่ำน้ำ (water-soaked area) ทำให้เกิดโรคมากกว่าชุดไคโตซาน การที่ไคโตซานสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราโดยตรงจากไคโตซานเอง หรือการเหนี่ยวนำให้เกิดเอนไซม์ (chitinase และ β -1,3-glucanase) มาย่อยผนังเซลล์ของเชื้อรา และการกระตุ้นการสร้างสารต่อต้านเชื้อราของสตอเบอรี่ (phytoalexins) หรือทั้ง 3 สาเหตุร่วมกัน (El-Ghaouth *et al.*, 1991) จากการทดลองนำผลสตอเบอรี่สดที่ปลูกเชื้อด้วยสปอร์ของ *Botrytis cinerea* และ *Rhizopus stolonifer* แล้วเคลือบผลด้วยไคโตซานความเข้มข้น 1.00 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าไคโตซานทำให้การเกิดโรคจากเชื้อทั้ง 2 ชนิดลดลง และกลไกการเกิดโรคจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นตัวยับยั้งเชื้อรามากกว่าความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของ chitinase, chitosanase และ β -1,3-glucanase ไคโตซานมีผลอย่างมากในการยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญของเชื้อทั้ง 2 นี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ (El-Ghaouth *et al.*, 1992b) ส่วน Simpson (1997) ได้ใช้ไคโตซานความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* และ *Proteus vulgaris* ได้ดี