บทที่ 2 ตรวจเอกสาร

2.1 มะพร้าวน้ำหอม

มะพร้าวน้ำหอมมีน้ำในผลที่มีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นหอมของใบเตย ซึ่งเป็นคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวที่มะพร้าวพันธุ์อื่นไม่มีจึงได้ชื่อว่า "มะพร้าวน้ำหอม" มะพร้าวน้ำหอมส่วนใหญ่ปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลเป็นมะพร้าวอ่อนสำหรับการบริโภคสดเป็นหลัก นอกจากนี้มะพร้าวน้ำหอมยังมีได้เปรียบกว่าไม้ผลอื่น เนื่องจากมะพร้าวน้ำหอมเป็นไม้ผลที่ปลูกง่าย ให้ผลผลิตเร็วและสม่ำเสมอ เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยคือเป็นเขตร้อนชื้นมีแสงแดดตลอดวัน ทำให้มะพร้าวน้ำหอมเติบโตได้ดี นอกจากนี้ยังทนทานต่อสภาพแห้งแล้งและน้ำท่วมขังได้นาน มีปัญหาเรื่องศัตรูพืชน้อย และยังเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย บริโภคได้ทั้งปี โดยไม่มีฤดูกาล (สุพจน์ ตั้งจตุพร, 2543) ปัจจุบันการส่งออกมะพร้าวไปต่างประเทศมีแนวโน้มดีขึ้นเรื่อยๆ โดยตลาดที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ ฮ่องกง อเมริกา และตะวันออกกลาง เป็นต้น (จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ, 2544)

2.2 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมะพร้าว

รูปที่ 2.1 มะพร้าวน้ำหอม
ที่มา : ดัดแปลงจาก Yuwanda (2011)

มะพร้าวเป็นพืชสวน ชื่อภาษาอังกฤษคือ Coconut palm ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocosnucifera* L. อยู่ในวงศ์ Arecaceae (สุพจน์ ตั้งจตุพร, 2543) มีลักษณะสัณฐานวิทยาดังนี้

2.2.1 ลำต้น มะพร้าวมีทรงต้นที่สูง ไม่มีการแตกกิ่งก้านหรือตาข้าง โดยปกติมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงจะมีความสูงประมาณ 15-20 เมตร ส่วนพันธุ์ต้นเตี้ยมีความสูงประมาณ 8-10 เมตร ภายในลำต้นจะมีตา

ยอดเพียงตาเดียว ถ้าหากตายอดเกิดตาย ส่วนของลำต้นมะพร้าวก็จะตายตาม ส่วนโคนต้นของมะพร้าวพันธุ์ต้นสูงจะมีสะโพกต้นขยายออกขนาดใหญ่ ส่วนต้นมะพร้าวพันธุ์เตี้ยจะมีรอยแผลบริเวณของก้านใบ

2.2.2 ใบ ลักษณะของใบมะพร้าวจะเป็นแบบใบรวม ลักษณะคล้ายขนนกประกอบด้วยก้านใบ และใบย่อย สามารถแยกออกได้ประมาณ 200-250 ใบย่อย ต่อ 1 ใบรวม ความยาวของก้านใบจะขึ้นอยู่กับขนาดของอายุและลักษณะพันธุ์ มีความยาวประมาณ 4.5-6 เมตร ส่วนก้านของใบใหม่ หรือใบอ่อนมีลักษณะเรียวยาวคล้ายดาบ โดยแตกออกตรงใจกลางของส่วนยอดใบจะมีลักษณะคลี่ขยายออกเมื่อมีอายุมากขึ้น การเกิดใบใหม่บริเวณลำต้นจะเรียงตัววนไปทางด้านใดด้านหนึ่ง

2.2.3 ราก รากของต้นมะพร้าวนั้น แผ่ขยายไปตามแนวดิ่งในระดับความลึกประมาณ 50-90 เซนติเมตร และแผ่ขยายออกไปรอบๆ ต้นประมาณ 6 เมตร มะพร้าวไม่มีรากขนอ่อน แต่มีรากขนาดเล็ก แตกแขนงออกช่วยในการดูดน้ำและอาหาร ส่วนรากอากาศทำหน้าที่ลำเลียงอากาศจากผิวดินสู่รากอีกทางหนึ่ง

2.2.4 ช่อดอก มะพร้าวถือเป็นพืชที่มีสองเพศในต้นเดียวกัน คือมีทั้งดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียเพียงแต่แยกกันอยู่คนละดอก แต่บางครั้งก็พบว่าในหนึ่งช่อดอกมีดอกตัวผู้ หรือดอกตัวเมียเพียงอย่างเดียวเหมือนกัน การเกิดช่อดอกจะแทงออกมาจากมุมใบ โดยมีกาบโค้งหุ้มในขณะที่ยังอ่อนอยู่ ส่วนช่อดอกจะมีกาบมะพร้าวที่เรียกว่าจั่น จั่นจะทำการขยายตัวให้มีขนาดใหญ่ และจะบานแตกออกพร้อมที่จะแพร่พันธุ์ต่อไป

2.2.5 ผล ในส่วนของผลมะพร้าวสามารถแบ่งเนื้อได้ 3 ส่วนดังนี้

2.2.5.1 ส่วนเปลือกนอกสุด มีตั้งแต่สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล สีน้ำตาลแดง สีงาช้าง เป็นต้น

2.2.5.2 ส่วนเนื้อเยื่อ อยู่ถัดจากเปลือกชั้นนอก มีลักษณะเป็นเส้นใยและมีความหยุ่น หนาประมาณ 2-15 เซนติเมตร

2.2.5.3 ส่วนของกะลา เป็นส่วนที่มีความแข็งที่สุด มีลักษณะเป็นทรงกลมมีขั้วที่ตา 3 ตา ภายในประกอบด้วยเนื้อเยื่อบางๆ สีน้ำตาล ถัดออกมาจะเป็นส่วนของเนื้อ และน้ำมะพร้าว เมื่อผลแก่จะมีเนื้อแข็งหนาประมาณ 4-20 มิลลิเมตร เมล็ดคือส่วนที่ถูกห่อหุ้มไว้ด้วยกะลา ส่วนของคัพภะ นั้นแทรกอยู่ตรงตานิ่ม เมื่อผลเริ่มแก่จัดและอยู่ในสภาพที่เหมาะสมจะมีการเจริญเติบโต ทำให้หน่อแทงตัวออกมานอกกะลา (นฤมล มานิพพาน, 2548)

2.3 พันธุ์มะพร้าว

มะพร้าวที่ปลูกทั่วๆ ไปแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.3.1 มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ย เป็นมะพร้าวที่ปลูกเพื่อบริโภคผลอ่อน มีลักษณะลำต้นขนาดเล็ก ที่โคนต้นไม่มีสะโพกหรือมีเล็กน้อย โตเต็มที่มีความสูงโดยเฉลี่ยไม่เกิน 12 เมตร ใบสั้นกว่าพันธุ์ต้นสูง

มีอายุตกจั่นเร็ว หลังจารกปลูกประมาณ 3 ปีก็เริ่มเก็บผลได้ มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยมีหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์หมูสี พันธุ์ทุ่งเคล็ด พันธุ์ปะทิว เป็นต้น แต่ที่นิยมปลูกคือพันธุ์น้ำหอม เนื่องจากมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ความหอม (จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ, 2544)

2.3.2 มะพร้าวพันธุ์ต้นสูง เป็นมะพร้าวที่ปลูกเพื่อใช้น้ำมันในเนื้อมะพร้าวสำหรับประกอบอาหาร หรือใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ มีลักษณะลำต้นที่สูง ใบยาว อายุยืน ต้นโตเต็มที่สูงถึง 18 เมตร เริ่มตกผลเมื่ออายุ 5-6 ปีขึ้นไป มะพร้าวพันธุ์ต้นสูงมีหลายพันธุ์เช่น พันธุ์กะโหลก พันธุ์กลาง พันธุ์ปากจก พันธุ์กะทิ พันธุ์น้ำตาล เป็นต้น แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกคือพันธุ์ใหญ่ เนื่องจากมีผลใหญ่ ผลดก และมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูงถึง 65 เปอร์เซ็นต์ (ศักดิ์ศิทธิ์ ศรีวิชัย, 2544)

2.4 แหล่งปลูกมะพร้าว

แหล่งปลูกมะพร้าวกระจายทั่วทุกภาคของประเทศไทยแต่พื้นที่ปลูกได้ดีทั้งปริมาณและคุณภาพนั้นคือที่ราบภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคตะวันตก เนื่องจากมีปัจจัยเรื่องดินและน้ำที่ดี และพื้นที่ในการปลูกมะพร้าวอ่อนนั้นอยู่ในเขตที่ลุ่ม จังหวัดฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร นครปฐม และราชบุรี เนื่องจากเป็นพื้นที่ลุ่ม ระดับน้ำใต้ดินต่ำ ทำให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของมะพร้าวอ่อน (จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ, 2544)

2.5 การเก็บเกี่ยวมะพร้าว

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวแบ่งผลมะพร้าวออกเป็น 3 ประเภท โดยดูจากความหนาของเนื้อเป็นเกณฑ์คือ

มะพร้าวชั้นเดียว มะพร้าวที่เริ่มสร้างเนื้อภายในกะลามีลักษณะเป็นวุ้นบางๆ ประมาณครึ่งผล ไม่เหมาะต่อการบริโภค เนื่องจากน้ำมะพร้าวยังไม่หวาน วัดความหวานได้ประมาณ 5-5.6 องศาบริกซ์ มีอายุหลังจากจั่นบาน 170 วัน

มะพร้าวชั้นครึ่ง มะพร้าวสร้างเนื้อเพิ่มขึ้นจนเกือบเต็มกะลา แต่บริเวณส่วนชั้นของผลยังคงมีลักษณะเป็นวุ้นอยู่บ้าง เริ่มบริโภคได้ เนื่องจากน้ำเริ่มหวานขึ้น วัดความหวานได้ประมาณ 6-6.6 องศาบริกซ์ มีอายุหลังจากจั่นบาน 180-185 วัน

มะพร้าวสองชั้น จะมีเนื้อเต็มกะลา เนื้อหนาอ่อนนุ่มกำลังพอเหมาะ สามารถบริโภคเนื้อได้ทั้งผล น้ำมีความหวาน วัดความหวานได้ประมาณ 6.6-7 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ มีอายุหลังจากจั่นบาน 200-210 วัน

สำหรับการเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อนนั้นเพื่อให้ได้ผลที่อยู่ในระยะพอเหมาะมีข้อสังเกตบางประการดังนี้

2.5.1 การสังเกตลักษณะของมะพร้าว

ชาวสวนที่มีความชำนาญจะสังเกตลักษณะของมะพร้าวดังนี้

2.5.1.1 สีเปลือก มีสีเขียว สีไม่อ่อนหรือแก่เกินไป

2.5.1.2 การดีดผล เสียงที่ดีดจะแตกต่างไปตามอายุผล

2.5.1.3 สีรอบกลีบเลี้ยง ผลมะพร้าวที่อ่อนเกินไปจะพบว่าสีขาวรอบๆ กลีบเลี้ยงที่ติดกับขั้วผลจะเป็นวงกว้าง ถ้ามีเพียงเล็กน้อยจะอยู่ในระยะเก็บเกี่ยว

2.5.2 การสังเกตจั่นและทะลายที่อยู่เหนือทะลายที่ต้องการจะเก็บเกี่ยว

การเรียงตัวของใบมะพร้าวจะเป็นชุด มีทั้งหมด 5 ชุดรอบต้น ซึ่งแต่ละชุดจะเรียงตัวในแนวเดียวกัน โดยทำมุมเฉียงเล็กน้อย จากใบล่างถึงยอด ในการเก็บเกี่ยวถ้าสังเกตจั่นและทะลายในทางใบแต่ละชุดจะพบว่าถ้าเริ่มจากทะลายที่พร้อมจะเก็บเกี่ยวเหนือขึ้นไปจะเป็นผลอ่อนใหญ่กว่ากำปั้นเล็กน้อย และเหนือทะลายอ่อนนี้ขึ้นไปอีกจะเป็นจั่นที่บานแล้ว และดอกตัวเมียเพิ่งได้รับการผสมพันธุ์ ถ้าดอกตัวเมียได้รับการผสมพันธุ์แล้ว และติดผลอ่อนขนาดผลหมากหรือโตกว่า เนื้อมะพร้าวของทะลายที่จะเก็บเกี่ยวจะค่อนข้างหนา แต่ถ้าจั่นที่บานยังมีดอกตัวผู้อยู่มากและดอกตัวเมียยังไม่บาน เนื้อมะพร้าวที่จะเก็บเกี่ยวจะบางเป็นวุ้น

2.5.3 การนับระยะเวลาเก็บเกี่ยว

การนับระยะเวลาเก็บเกี่ยวโดยการนับเวลาการออกจั่น ซึ่งต้นมะพร้าวที่สมบูรณ์ และออกจั่นสม่ำเสมอตลอดปีจะแทงจั่นโดยเฉลี่ยทุก 3 สัปดาห์ เพราะฉะนั้นจะต้องเก็บเกี่ยวทุกๆ 3 สัปดาห์ ซึ่งมะพร้าวสามารถให้จั่นได้เกือบ 20 จั่น ต่อต้นต่อปี (จุลพันธ์ เพ็ชรพิรุณ, 2544)

2.6 ปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอม

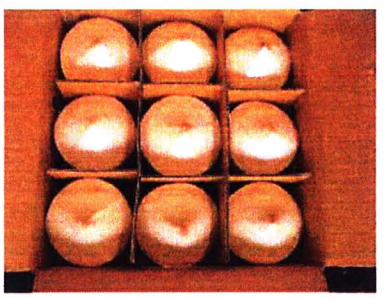
การจำหน่ายมะพร้าวน้ำหอมส่วนใหญ่จะปอกเปลือกสีเขียวออกแล้วแต่งผลให้ได้รูปทรง เพราะทำให้เฉาะรับประทานได้ง่ายและยังดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวดังนี้

2.6.1 การแต่งผล ผลมะพร้าวอ่อนที่ตัดออกจากทะลายจะทำการแต่งผลเป็น 2 วิธีคือ แต่งผลแบบหยาบ เพื่อเอาเปลือกนอกออก และแต่งให้ได้รูปทรงกระบอกปลายสอบ และด้านขั้วตัดตรงเพื่อให้สามารถตั้งวางได้ การแต่งผลควรทำอย่างระมัดระวังเพื่อให้มีเปลือกสีเขียวติดน้อยที่สุด ตัดแต่งตำหนิต่างๆ เช่น รอยชำ รอยแผลต่างๆ ที่สำคัญอย่าแต่งเปลือกลึกเกินไปจนเห็นกะลา เพราะนอกจากจะทำให้ไม่สวยแล้วยังจะเป็นตำหนิได้อีกด้วย

2.6.2 การรักษาสีผิว มะพร้าวที่แต่งผลจะต้องแช่ในสารเคมีรักษาสีผิวทันที เพราะหากปล่อยไว้จะทำให้ผิวเปลือกมีสีน้ำตาลซึ่งเกิดจาก Browning Reaction และเมื่อสีผิวเปลี่ยนไปแล้วก็ไม่สามารถนำมาจุ่มสารเคมีให้ขาวดังเดิมได้ นอกจากจะแต่งผลใหม่อีกครั้ง โดยตัดส่วนที่คล้ำออก เมื่อจุ่มสารเคมีแล้วนำมาผึ่งให้หมาด โดยวางเรียงในภาชนะที่สะอาด

2.6.3 การบรรจุหีบห่อ เนื่องจากมะพร้าวที่ผ่านการแต่งผลแล้วจะสูญเสียความชื้น ทำให้ผิวแห้ง ดังนั้นเมื่อผ่านการจุ่มสารเคมีแล้วควรห่อผลด้วยฟิล์มพลาสติก หรือบรรจุในถุงพลาสติกก็ได้ เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องผลเหี่ยว นอกจากนี้การหุ้มผลด้วยฟิล์มยังทำให้ผลสวยด้วย

สำหรับภาชนะบรรจุจะต้องมีความแข็งแรง สามารถป้องกันการกระทบกระเทือนของผลไม้ได้ เช่น กล่องกระดาษลูกฟูก และต้องมีกระดาษลูกฟูกกั้นระหว่างผล เพื่อป้องกันการกระแทกของผล ซึ่งจะทำให้เปลือกช้ำ ขนาดและจำนวนบรรจุในแต่ละกล่องขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ซื้อ ส่วนใหญ่จะบรรจุ 9 ถึง 10 ผลต่อกล่อง



รูปที่ 2.2 การบรรจุหีบห่อมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง
ที่มา : Surasak (2011)

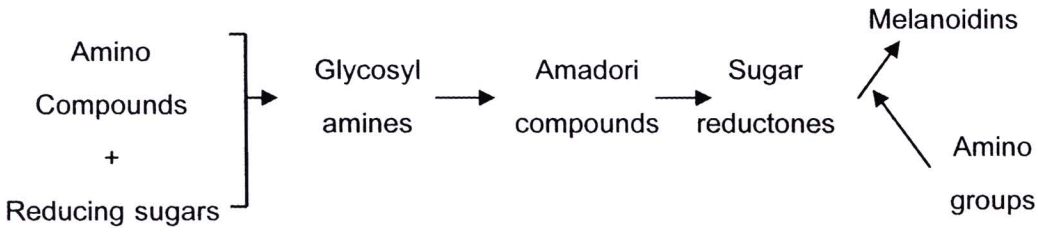
2.6.4 การเก็บรักษาและขนส่ง การขนส่งผลมะพร้าวอ่อนตัดแต่งทางเรือนั้นอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 4 องศาเซลเซียส ส่วนมะพร้าวอ่อนตัดแต่งเอาเปลือกสีเขียวออกบางส่วนนั้นจำเป็นต้องเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงขึ้น คือ 10 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันความเสียหายจากความเย็นเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลเล็กๆ สำหรับการขนส่งทางอากาศให้บรรจุหีบห่อแล้วก็ขนส่งได้เลย แต่เมื่อถึงปลายทางหากยังไม่วางจำหน่ายควรเก็บในอุณหภูมิต่ำ ในการขนส่งนอกจากอุณหภูมิในการเก็บรักษาแล้ว เรื่องการรักษาอุณหภูมิให้สม่ำเสมอก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะเป็นการป้องกันการควบแน่นของไอน้ำ ซึ่งนอกจากจะทำให้มีปัญหาเรื่องรา หยดน้ำที่ควบแน่นจะไปชะสารที่เคลือบผิวของมะพร้าวออก ทำให้สีผิวเปลี่ยนแปลงเป็นสีคล้ำทำให้ไม่น่ารับประทาน (นฤมล มานิพพาน, 2548)

2.7 การเกิดสีน้ำตาล

2.7.1 สาเหตุการเกิดสีน้ำตาล การเกิดสีน้ำตาลมี 2 สาเหตุคือ

2.7.1.1 การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ (Non enzymatic browning reaction) การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ เกิดได้ 2 ปฏิกิริยาคือ ปฏิกิริยา carbonyl-amine browning หรือ maillard reaction ซึ่งเป็นการเกิดสีน้ำตาลที่เกิดจากปฏิกิริยาคาร์โบไฮเดรต หรือหมู่คาร์บอนิลและหมู่อะมิโนร่วมกับการให้ความร้อน ทำให้เกิดเม็ดสีน้ำตาลของ melanoidin ดังรูปที่ 2.3 และ ปฏิกิริยา sugar browning หรือ caramelization เกิดจากน้ำตาลเกิดการแตกสลายโดยความ

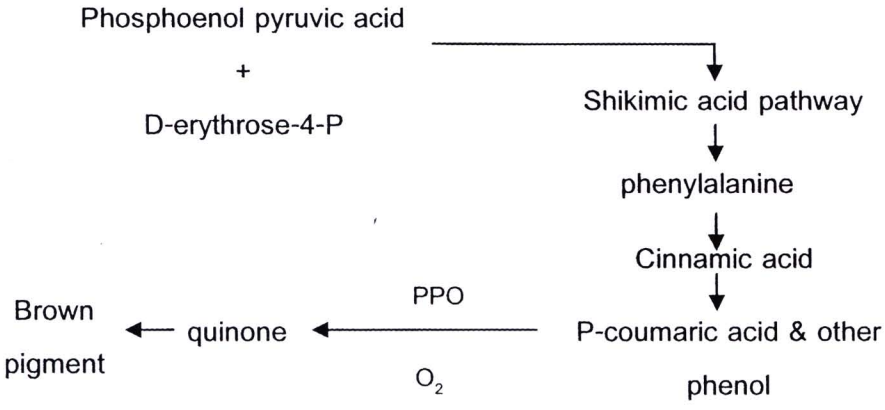
ร้อน เผาไหม้น้ำตาลที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวทำให้สูญเสียน้ำกลายไปเป็นคาราเมล (Walker, 1995)



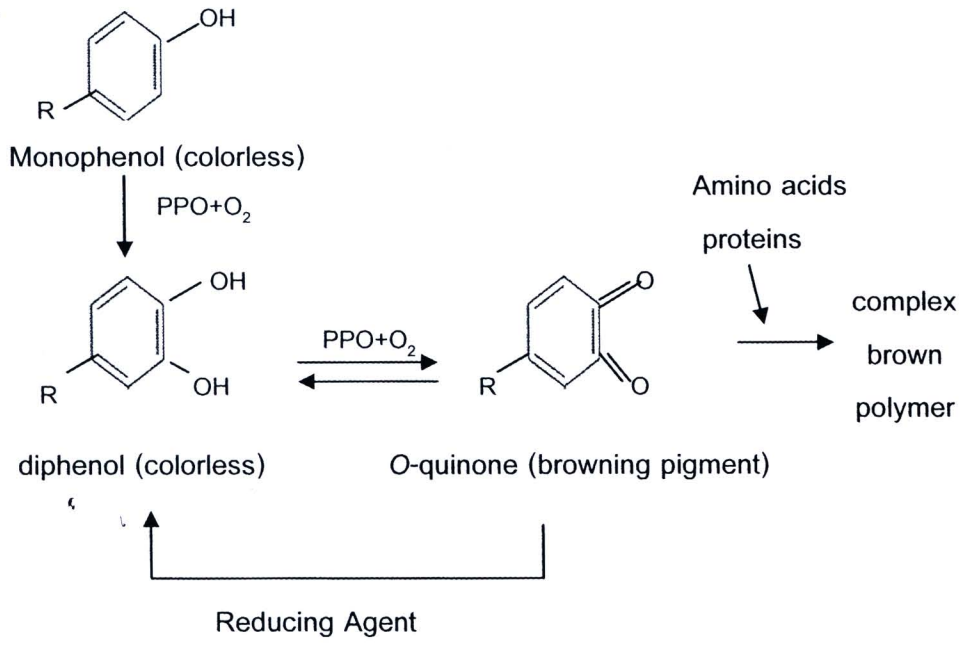
รูปที่ 2.3 การเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุจากเอนไซม์ (Non enzymetic browning reaction)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Walker (1995)

2.7.1.2 การเกิดสีน้ำตาลที่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ (Enzymatic browning reaction)

การเกิดสีน้ำตาลที่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ คือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดหนึ่ง ซึ่งมักพบในอาหาร โดยเฉพาะผัก ผลไม้ และอาหารทะเล โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวหน้าของอาหาร เมื่อสัมผัสกับอากาศ enzymatic browning reaction จะเกิดขึ้นได้โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารในกลุ่มฟีนอลเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาและเอนไซม์ในกลุ่ม Phenolase เช่น polyphenol oxidase (PPO) ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันโดยทำงานร่วมกับออกซิเจน ปฏิกริยาออกซิเดชัน (oxidation) จะเกิดขึ้นเมื่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิตเกิดการช้ำ ฉีก ขาด ถูกกระแทก บด หั่น หรือสับ ทำให้ เอนไซม์ ซับสเตรท และออกซิเจนสัมผัสกัน สาร monophenol ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี จะถูกออกซิไดซ์เป็นไดฟีนอล และถูกออกซิไดซ์ต่อเป็น *O*-quinone ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อน และจะรวมตัวกันเป็นโพลิเมอร์เกิดเป็นสารโมเลกุลใหญ่มีสีน้ำตาล เช่น เมลานิน (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลและการเกิดสีน้ำตาล
ที่มา : ดัดแปลงจาก จริงแท้ ศิริพานิช (2546)



รูปที่ 2.5 การเกิดสีน้ำตาลที่มีสาเหตุมาจากเอนไซม์ enzymetic browning reaction

ที่มา : Walker (1995)

2.7.2 ปัจจัยในการเกิดสีน้ำตาล

2.7.2.1 การเกิดบาดแผลและรอยช้ำ

การเกิดบาดแผลหรือในระหว่างกระบวนการปอกเปลือกหรือตัดแต่งผลิตผลนั้นเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้เซลล์พืชเกิดความเสียหาย เป็นผลให้เกิดการผิดปกติทางด้านลักษณะปรากฏโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านสี ซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียน้ำที่ผิวชั้นนอก หรือเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ โดยเมื่อผ่านกระบวนการดังกล่าวจะทำให้สารประกอบฟีนอล ถูกปลดปล่อยออกมาออกซิไดซ์กับออกซิเจนในอากาศโดยมีเอนไซม์ในกลุ่ม Phenolase เป็นตัวเร่งในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2545; Garcia และ Barrett, 2002) ซึ่งการเกิดสีน้ำตาลนั้นขึ้นอยู่กับออกซิเจน Oxidizing enzyme Copper และสารตั้งต้น (Ahvenainen, 2000)

2.7.2.2 สารประกอบฟีนอล (phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลเป็นสารประกอบที่มีฟีนอลเป็นองค์ประกอบสำคัญ และอาจจะมีหมู่อื่นเข้ามาเกาะที่ตำแหน่งต่างๆ โดยสารประกอบฟีนอลเหล่านี้พบบริเวณ vacuole ซึ่งรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือไม่ละลายน้ำ สารในกลุ่มนี้ได้แก่ cinnamic acid caffeic acid chlorogenic catechol anthocyanin และ tannin (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) (Macheix และคณะ, 1990) สารประกอบฟีนอลเป็นปัจจัยในการเกิดสีน้ำตาล เนื่องจากสารประกอบฟีนอลเป็นสารตั้งต้นที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ซึ่งความเข้มข้นของปริมาณ

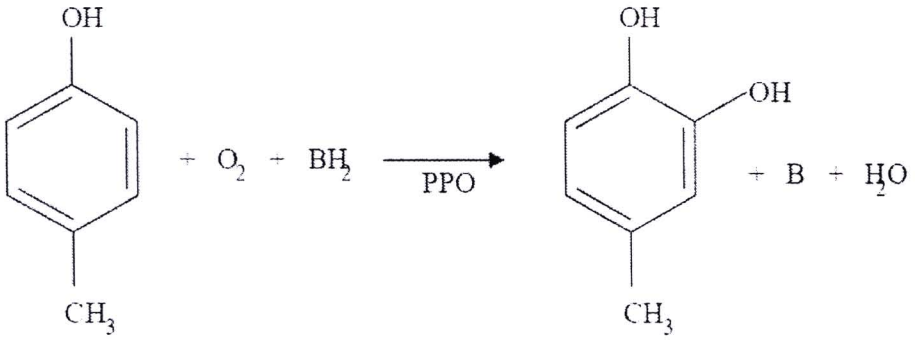
สารประกอบฟีนอลมีผลต่อความรุนแรงในการเกิดสีน้ำตาลดังที่พบในผลแอปปิคอทและผลแอปเปิล พันธุ์ต่างๆ (Heller, 1994)

2.7.2.3 เอนไซม์ Phenylalanine amonialyase (PAL)

เอนไซม์ Phenylalanine amonialyase (PAL) พบบริเวณ cytoplasmic plastids mitochondria และ microbodies เอนไซม์ PAL นี้ทำงานได้ดีที่ pH 8.0-8.7 (Hanson และ Harvir, 1981) เป็นเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ในการเร่งให้ phenylalanine เปลี่ยนไปเป็น cinnamic acid และสารประกอบฟีนอลอื่นๆในกรณีพืชมีบาดแผลจะชักนำกิจกรรมของเอนไซม์ PAL ทำให้การสลายสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อพืชและจากนั้นรวมเป็นโมเลกุลใหญ่ขึ้นเกิดเป็นสารสีน้ำตาล

2.7.2.4 เอนไซม์ Polyphenol oxidase (PPO)

เอนไซม์ Polyphenol Oxidase (PPO) เป็นเอนไซม์ที่มีทองแดง (Cu^{2+}) เป็นองค์ประกอบ พบทั่วไปในพืช เอนไซม์ชนิดนี้สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ 2 ปฏิกิริยา (Garcia และ Barrett, 2002) คือ ปฏิกิริยา hydroxylation เป็นปฏิกิริยาเติมหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ให้แก่สารประกอบชนิด Monophenol เกิดเป็น *O*-Dihydroxyphenol เช่น ปฏิกิริยา hydroxylation ของพารา-ครีซอล (*p*-Cresol) ซึ่งจะได้ 4-Methylcatechol หรือ 3,4-ไดไฮดรอกซีโทลูอีน (3,4-Dihydroxytoluene) ดังรูป 2.6



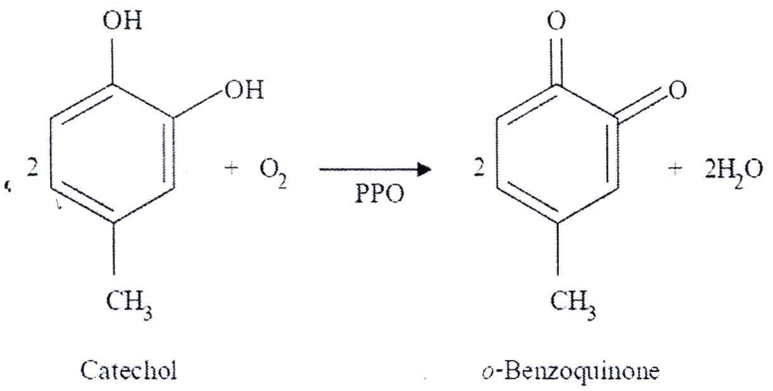
รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่น

BH_2 หมายถึง สารเร่งปฏิกิริยา เช่น catechol

ที่มา : Whitaker และ Lee (1995)

ปฏิกิริยา hydroxylation ที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องมีลักษณะแตกต่างไปจากปฏิกิริยาอื่นๆ ที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง เนื่องจากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เกี่ยวข้องมักมีช่วงการเหนี่ยวนำเพียงเสี้ยววินาที แต่ในกรณีของปฏิกิริยา hydroxylation ต้องใช้เวลานานถึง 2-3 นาที ถ้าไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา (BH_2) แต่หากมีการ

เติม catechol ประมาณ 1×10^{-7} โมลาร์ เป็นสารเร่งปฏิกิริยาจะมีผลทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น นอกจากทำหน้าที่ในการเร่งปฏิกิริยา hydroxylation แล้วเอนไซม์ PPO ยังทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา oxidation ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่เอนไซม์ PPO เปลี่ยนออร์โธ-ไดไฮดรอกซีฟีนอล (*O*-dihydroxyphenol) ไปเป็น ออร์โธควิโนน (*O*-quinone) เช่น การ oxidation ของ catechol ไปเป็นออร์โธ-เบนโซควิโนน (*O*-Benzoquinone) ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation)
ที่มา : Whitaker และ Lee (1995)

เอนไซม์ PPO เป็นเอนไซม์ก่อให้เกิดการสูญเสียเป็นอย่างมากกับผักและผลไม้ โดยผลไม้เขตร้อนเกือบ 50 เปอร์เซ็นต์ มักเกิดความเสียหายเนื่องจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ทำให้ผลิตผลมีสีคล้ำขึ้น เกิดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ และมีคุณค่าทางอาหารลดลง เป็นผลให้ไม่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค

2.7.2.5 เอนไซม์ Peroxidase (POD)

เอนไซม์ Peroxidase (POD) เป็นเอนไซม์ที่มีโครงสร้างเป็นไกลโคโปรตีนที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ โดย POD จะเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปอยู่ในรูป active form โดยอาศัยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ จากนั้นจึงพร้อมที่จะเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับสารประกอบฟีนอลิค ซึ่งเป็นซับสเตรทของเอนไซม์ (Dawson, 1988) ไปเป็นควิโนน

2.7.2.6 ออร์โธ-ควิโนน

ออร์โธ-ควิโนน เป็นสารที่ได้จากปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์ฟีนอลเลสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา จัดเป็นพรีเคอร์เซอร์ (Precursor) ที่สามารถทำปฏิกิริยาต่อกับสารอื่นๆ เกิดสารที่มีสีน้ำตาลในผลิตผลที่ถูกปอกหรือเกิดรอยช้ำ ออร์โธ-ควิโนนมีสีออกเหลือง (Yellowwish) และจัดเป็น intermediate ที่ว่องไวต่อปฏิกิริยามากที่สุดตัวหนึ่งที่พบในสิ่งมีชีวิต โดยปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจัดเป็นหนึ่งในปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นค่อนข้างเร็ว การเกิดสีน้ำตาลเป็นผลมาจากที่ออร์โธ-ควิโนนไปทำปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นๆ

ดังนี้ ออร์โธ-ควิโนน สามารถเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ใช้เอนไซม์กับออกซิเจนนำไปสู่ปฏิกิริยาต่างๆ ที่ทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีน้ำตาล นอกจากนี้ ออร์โธ-ควิโนน ทำปฏิกิริยากับ สารประกอบเอมีน (Amine compound) หรือ ออร์โธ-ควิโนน หรือ สารประกอบฟีนอล โดยทำปฏิกิริยาแบบโควาเลนต์ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีเข้มขึ้น โดยอาจจะเป็นสีน้ำตาล เขียว ดำ น้ำเงิน แดง และเหลือง (อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ, 2545)

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

2.8 การควบคุมการเกิดสีน้ำตาล

2.8.1 การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์

การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โดยการทำให้เอนไซม์เกิดการเสียสภาพ (protein denaturation) สามารถทำได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

2.8.1.1 การใช้ความร้อน เช่น การลวก (blanching) การลวกเป็นการใช้ความร้อนระยะเวลาสั้นๆ เพื่อทำให้เอนไซม์สูญเสียสภาพธรรมชาติ ซึ่งทำให้ไม่สามารถเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้

2.8.1.2 การปรับให้ผลผลิตเป็นกรด เป็นการทำให้เอนไซม์ที่สำคัญในปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล เช่น เอนไซม์ polyphenol oxidase ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากสภาพที่เอนไซม์ทำงานได้ดีคือ pH ที่อยู่ระหว่าง 5-7 ดังนั้นเมื่อปรับ pH ของสารละลายที่นำมาใช้ในการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลให้อยู่ใน pH ประมาณ 3 หรือต่ำกว่าเอนไซม์จะถูกยับยั้งการทำงาน เพราะสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ซึ่งกรดอินทรีย์ที่ใช้เป็นสารละลายการยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล เช่น กรดออกซาลิก เป็นกรดอินทรีย์ที่ได้จากพืช เช่น บล็อกโคลี่ มะเขือเทศ และ ผักกาด มีคุณสมบัติสามารถต้านการเกิดสีน้ำตาลได้โดยการยับยั้งกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) (Langdon, 1987) จึงมีการนำกรดออกซาลิกมาใช้ในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผัก และผลไม้ ดังการวิจัยของ Whangchai และคณะ (2006) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้กรดซิตริก แอสคอร์บิก และออกซาลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับการใช้โอโซนในลำไย พบว่ากรดออกซาลิกสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลและกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ได้มากที่สุดที่ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ อติณัฐ จรดล และคณะ (2549) ศึกษาการใช้กรดออกซาลิกความเข้มข้นต่างๆ ในการลดการเกิดสีน้ำตาลในลิ้นจี่ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าที่ระดับเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของลิ้นจี่ได้ดีที่สุด ในขณะที่ Zheng และ Tain (2006) ศึกษาการใช้สารละลายกรดออกซาลิกที่ระดับความเข้มข้น 2 และ 4 มิลลิโมล เพื่อควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกของลิ้นจี่ พบว่ากรดออกซาลิกทั้งสองความเข้มข้นสามารถลดการเกิดสีน้ำตาลที่เปลือกได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และ Zheng และคณะ (2007) ทดลองจุ่มลูกพีชในสารละลายกรดออกซาลิกความเข้มข้น 1 และ 5 มิลลิโมล พบว่าทั้งสองความเข้มข้นสามารถชะลอการสุกและลดอัตราการหายใจในลูกพีชได้ และยังรักษาค่าความแน่นเนื้อของลูกพีชได้เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 10 ก.ค. 2555
เลขทะเบียน 247713
เลขเรียกหนังสือ

การใช้ Chelating agent เช่น EDTA เพื่อจับกับโลหะที่เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ เกิดเป็นสารคีเลต สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้

2.8.2 การใช้สารรีดิวส์ซิงเอเจนท์ (reducing agent)

การใช้สารรีดิวส์ซิงเอเจนท์เพื่อรีดิวส์ออร์โธ-ควิโนน (*O*-quinone) กลับเป็นสารฟีนอลซึ่งไม่มีสี ซึ่งรีดิวส์ซิงเอเจนท์ที่ใช้ได้แก่

2.8.2.1 ซัลไฟท์ (sulfites) เช่น การรมผัก และผลไม้ด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือแช่ในสารละลายโซเดียมเมตตาไบซัลไฟท์ (Sodium metabisulphite)

2.8.1.1 กรดอิริโธรเบท และ เกลือของกรดอิริโธรเบท เช่น โซเดียมอิริโธรเบท (Sodium erythorbate)

2.8.3 การป้องกันการสัมผัสกับออกซิเจน

2.8.3.1 โซเดียมคลอไรด์

การจุ่มสารละลายโซเดียมคลอไรด์จัดเป็นการเคลือบผิวของผักและผลไม้อย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถป้องกันการสัมผัสกับอากาศ นอกจากนี้สารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล และนำมาใช้กับผัก ผลไม้หลายชนิด (Benjamin และ Montgomery, 1973 ; Rouet-Mayer และ Phillippon, 1986) นอกจากนี้โซเดียมคลอไรด์ยังสามารถควบคุมความชื้นโดยการลดค่า water activity (a_w) ของน้ำทำให้เกิดสภาพที่ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อรา ดังการทดลองของ โสภิดา ริยะกุล (2549) ที่ใช้เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเกิดสีน้ำตาลได้ดีและลดการเกิดเชื้อราในมะพร้าวน้ำหอมกว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์อย่างเดียว ในขณะที่

2.8.3.2 การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงต่างๆ

การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลงเป็นวิธีการเก็บรักษาผลิตผลในสภาพที่มีปริมาณออกซิเจนต่ำ หรือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าบรรยากาศปกติ โดยสามารถทำได้หลายวิธี

Active Modified Atmosphere Packaging (Active MAP) เป็นการดูดอากาศออกจากภาชนะบรรจุให้เป็นสุญญากาศและไล่หรือแทนที่บรรยากาศในภาชนะบรรจุกลับเข้าไปด้วยก๊าซผสมที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ข้อดีของ Active-MAP คือได้ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซที่ต้องการ โดยภายในบรรจุภัณฑ์อาจจะใส่สารดูดซับหรือดูดซึม เพื่อลดปริมาณก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เอทิลีน และความชื้น โดยการเพิ่มตัวดูดซับเอทิลีนเพื่อชะลอการกระตุ้น การหายใจ ส่วนดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อป้องกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไปจนอาจถึงระดับที่ก่อให้เกิดอันตราย (Zagory และ Kader, 1988)

Passive Modified Atmosphere Packaging (Passive MAP) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจของผลิตผลที่มีความเหมาะสมกับการซึมผ่านก๊าซของฟิล์มที่เป็นภาชนะบรรจุสภาพบรรยากาศดัดแปลงจะสามารถดำเนินแบบค่อยเป็นค่อยไปภายในภาชนะบรรจุที่ปิดผนึกจนถึงสมดุล โดยมีการใช้ก๊าซออกซิเจนและมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการหายใจของผลิตผล เพื่อที่จะสามารถรักษาสภาพบรรยากาศที่ได้ภายในภาชนะบรรจุตามที่ต้องการ อัตราการซึมผ่านของฟิล์มที่เลือกใช้ต้องยอมให้ก๊าซออกซิเจนเข้ามาภายในภาชนะบรรจุในอัตราที่สามารถชดเชยการใช้ก๊าซออกซิเจนของผลิตผล เช่นเดียวกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถออกจากภาชนะบรรจุได้ในปริมาณที่พอเหมาะกับการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เช่นกัน นอกจากนี้สภาพบรรยากาศที่ต้องการควรเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยไม่เกิดอันตรายหรือการผิดปกติเนื่องจากระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินไป หรือเป็นการสร้างสภาวะบรรยากาศที่ต้องการภายในภาชนะบรรจุ โดยการเลือกฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เหมาะสมกับอัตราการหายใจของพืช ณ อุณหภูมิการเก็บรักษา พืชจะใช้ก๊าซออกซิเจนภายในภาชนะทำให้ความเข้มข้นลดลง จึงเกิดแรงขับดันให้ก๊าซออกซิเจนภายนอกซึมผ่านฟิล์มเข้าไปภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการหายใจของพืชจะซึมผ่านฟิล์มออกไปภายนอก ทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในภาชนะบรรจุ ณ สมดุลความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองนี้จะคงที่และถูกกำหนดโดยค่าอัตราการซึมผ่านของฟิล์มของก๊าซทั้งสองและอัตราการหายใจของพืช (Zagory และ Kader, 1988; งามทิพย์ ภู่โรดม, 2537)

2.8.3.3 การใช้ฟิล์มในการหุ้มผล

ฟิล์มหุ้มผล polyvinyl chloride (PVC) เป็นพลาสติกที่สามารถแปรเปลี่ยนคุณสมบัติได้ โดยการเติมสารเคมีปรุงแต่งต่างๆ เช่น plasticizer modifier และ fillers ทำให้โพลิไวนิลคลอไรด์นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆมากกว่าบรรจุภัณฑ์ ส่วนการใช้ polyvinyl chloride กับผลิตภัณฑ์อาหาร นิยมนำใช้สำหรับห่อเนื้อสด ผัก และผลไม้ เนื่องจากความใสและความมันวาวทำให้เห็นผลิตภัณฑ์ได้ดีและมีอัตราการซึมผ่านของก๊าซและไอน้ำอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

คุณสมบัติของฟิล์ม PVC

1. โปร่งใส ไม่เป็นฝ้าขุ่นมัว แม้จะอยู่ในที่ๆอุณภูมิต่ำ
2. มีความเหนียวสูง
3. ดูดซึมน้ำได้ค่อนข้างสูง
4. ป้องการซึมผ่านไอน้ำได้ต่ำ
5. ป้องกันการซึมผ่านของก๊าซได้อยู่ในเกณฑ์ปานกลางจนถึงต่ำ ป้องกันการซึมผ่านของไขมันและน้ำมันได้ดี

นอกจากนี้ฟิล์ม PVC เป็นฟิล์มที่ใช้ห่อหุ้มผลไม้เพื่อป้องกันการแห้งของผลไม้ และป้องกันการปนเปื้อนเชื้อราที่ติดที่ผิวที่ปอกเปลือกออกแล้ว ทำให้ผิวสวยช่วยรักษาความสดของผลมะพร้าวได้

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

และช่วยลดไอน้ำที่เกิดจากการควบแน่นระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งหรือจำหน่าย (จริงแท้ ศิริพานิช, 2546) และยังมีงานวิจัยของเพ็ชรรัตน บุญเจิม (2533) ได้นำทุเรียนพันธุ์ชะนีแกะเฉพาะเนื้อบรรจุถาดโฟมหุ้มด้วยฟลมพลาสติก PVC และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 4 สัปดาห์ ในขณะที่ สุริยัณห สุภาพวานิช (2543) พบว่าสับปะรดพันธุ์ภูเก็ตพร้อมบริโภคที่หุ้มฟลมพลาสติก PVC และ LLDPE มีอายุการเก็บรักษานานกว่าที่ไม่ได้หุ้มฟลมพลาสติก นอกจากนี้ยังพบว่าสับปะรดพร้อมบริโภคที่หุ้มด้วยฟลมพลาสติกทั้งสองชนิดนี้นั้นมีคุณภาพไม่แตกต่างกันในระหว่างการเก็บรักษา

2.8.4 การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำสามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิต โดยทำให้กระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์ให้เกิดช้าลง เช่น ชะลออัตราการหายใจและการสร้างเอทิลีน (Peiris และคณะ, 1997) เนื่องจากผลผลิตทุกชนิดที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังมีชีวิตหรือการหายใจ ซึ่งจะใช้พลังงานจากอาหารสะสมในตัวผลผลิตมาเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนซึ่งเรียกว่า ความร้อนจากการหายใจ โดยผลผลิตที่มีการหายใจสูงก็จะมีการเสื่อมสภาพเร็ว เนื่องจากมีการใช้อาหารจากภายในเปลี่ยนเป็นพลังงานในอัตราที่สูง ดังนั้นการเก็บรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพดีอยู่ได้นานจะต้องมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเพื่อลดอัตราการหายใจให้น้อยที่สุด (Damen, 1984)

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรักษาคุณภาพของมะพร้าวน้ำหอม

การตัดแต่งมะพร้าวน้ำหอมเพื่อจำหน่ายทำให้เปลือกมะพร้าวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเวลาอันรวดเร็ว ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสีเปลือกมะพร้าว โดยการจุ่มมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งในน้ำสารส้ม หรือน้ำมะนาว (กลุ่มเกษตรสัญจร, 2531) Tongdee และคณะ (1991) ได้ใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการหุ้มผลด้วยถุง polyethylene (PE) ในการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในมะพร้าวอ่อนได้นาน 7 วัน ส่วนประชิต อยู่หว่าง (2540) พบว่าการใช้ ascorbic acid ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับ citric acid ความเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลได้มากที่สุด ลัดดาวัลย์ โกวิทย์เจริญ (2552) ได้ศึกษาการป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่ง โดยการใช้กรดกลุ่ม carboxylic acid ประกอบด้วย citric acid, malonic acid, oxalic acid และ tartaric acid และอีกกลุ่มคือ sulfur-containing amino acid ประกอบด้วย cystein, glutathione และ *N*-acetylcysteine ที่ระดับความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นและโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกลุ่ม carboxylic acid ที่ได้ผลดีที่สุดคือ oxalic acid และสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในกลุ่ม sulfur-containing amino acid ที่ได้ผลดีที่สุดคือ

N-acetylcysteine แต่เนื่องจาก *N*-acetylcysteine มีราคาที่แพงมากจึงไม่เหมาะที่จะนำใช้ ในขณะที่ oxalic acid เป็นกรดที่ราคาไม่แพงจนเกินไป และยังสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลได้ดีจึงเหมาะที่จะนำมาใช้พัฒนาใช้ในอุตสาหกรรมการส่งออกมะพร้าวตัดแต่งมากกว่า วรภัทร ลัคนทินวงศ์ และปิยะพงษ์ สอนแก้ว (2554) ได้ศึกษาการทำ pre-treatment มะพร้าวส่งออกโดยการ blanching ที่อุณหภูมิ 60 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส มีการเกิดโรคน้อยที่สุด นอกจากนี้ได้มีการศึกษาการจุ่มมะพร้าวน้ำหอมตัดแต่งในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 เปอ์เซ็นต์ พบว่าสามารถป้องกันการเกิดเชื้อราและลดการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกมะพร้าวได้ดีกว่าการจุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 เปอร์เซ็นต์ เพียงอย่างเดียว (โสภิดา ริยะกุล, 2549)