

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของลำไย

ลำไยเป็นพืชในตระกูล Sapindaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Euphoria longana* Lam. (เกศินี, 2528; พิชัย, 2532) นอกจากนี้ยังมีชื่อพ้องคือ *Nephelium longana* Cambess. (พิชัย, 2532; Subhadarabandhu, 1990) *Dimocarpus longana* Lour. (พิชัย, 2532) และ *Dimocarpus longan* (ฉพพร, 2536) มีชื่อภาษาอังกฤษว่า longan, longyen หรือ lonkeng (เกียรติเกษตรและคณะ, 2530) ลำไยจัดเป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ สามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่มีความสูง 300 ถึง 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล (Menzel, 1983) จำนวนโครโมโซมของลำไย $2n = 30$ (พาวิณ, 2543)

ลำต้น ลำไยมีลำต้นสูงขนาดกลางจนถึงใหญ่ ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด มีต้นตรง มีความสูงประมาณ 30-40 ฟุต แต่ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งมักแตกกิ่งก้าน สาขาใกล้ ๆ กับพื้น เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลหรือสีเทา (พาวิณ, 2543)

ใบ ลักษณะของใบลำไยเป็นใบรวมประกอบด้วยใบย่อยอยู่บนก้านใบร่วมกัน (pinnately compound leaves) มีปลายใบเป็นคู่ มีใบย่อย 2-5 คู่ ความยาวใบ 20-30 เซนติเมตร ใบย่อยเรียงตัวสลับหรือเกือบตรงข้าม ความกว้างของใบย่อย 3-6 เซนติเมตร ยาว 7-15 เซนติเมตร รูปร่างใบเป็นรูปรีหรือรูปหอก ส่วนปลายใบและฐานใบค่อนข้างป้านใบด้านบนมีสีเขียวเข้มกว่า ด้านล่าง ผิวด้านบนเรียบ ส่วนผิวด้านล่างสาเล็กน้อย ขอบใบเรียบไม่มีหยัก ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย และเห็นเส้นแขนง (vein) แยกออกจากเส้นกลางใบชัดเจน และมีจำนวนมาก (พาวิณ, 2543)

ช่อดอก ลำไยออกดอกเป็นช่อ ช่อดอกเป็นแบบ compound dichasia ที่มีการจัดเรียงดอกแบบที่มีก้านดอกยาวกว่าก้านอื่นๆ หรือมีก้านดอกจัดเรียงแบบ panicle ช่อดอกลำไยส่วนมากจะเกิดจากตาที่ปลายยอด (terminal bud) จึงมักพบช่อดอกตรงปลายกิ่ง บางครั้งอาจเกิดจากตาข้างของกิ่ง ความยาวของช่อดอกประมาณ 15-30 เซนติเมตร มีลักษณะอวบแข็งและอ่อนนุ่ม ช่อดอกขนาดกลางมีดอกย่อยประมาณ 3,000 ดอก (เกศินี, 2528)

ดอก ดอกลำไยมีสีขาหรือสีขาออกเหลืองมีขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6-8 มิลลิเมตร ช่อดอกหนึ่งๆ อาจมีดอก 3 ชนิด (polygamo-monoecious) คือดอกตัวผู้ (staminate flower) ดอกตัวเมีย (pistillate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) (พาวิณ, 2543)

ผล มีลักษณะกลมหรือทรงเบี้ยว เปลือกผลมีสีเขียวปนสีน้ำตาล เขียวปนเหลือง หรือน้ำตาลแดง แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ เปลือกถ้าไยเมื่อยังไม่แก่เต็มที่จะมีผิวขรุขระเล็กน้อย เมื่อแก่จัด เปลือกมีผิวค่อนข้างเรียบ ลักษณะผลจะพองโต (เกตุฉิม, 2528)

เมล็ด มีลักษณะกลมจนถึงแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีเขียวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน ส่วนของเมล็ดที่ติดกับขั้ว มีวงกลมสีขาวๆ บนเมล็ด (placenta) มีลักษณะคล้ายตามังกร (dragon's eye) จุดสีขาวมีขนาดเล็กหรือใหญ่ต่างกันไปตามพันธุ์ (พาวิณ, 2543)

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย

ถ้าไยมีถิ่นกำเนิดที่ประเทศจีนตอนใต้ ปลูกกันอย่างแพร่หลายในมณฑลกวางตุ้ง (Kwangtung) ฟุเกียน (Fukein) กวางสี (Guangxi) (นิพัทธ์และเฉลิม, 2542) และแพร่กระจายเข้าไปสู่อินเดีย ศรีลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินดีสตะวันออก เกาะมาดากัสกา และไทย แหล่งปลูกถ้าไยในประเทศไทยที่สำคัญคือ จังหวัดที่อยู่ในเขตภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย แพร่ น่าน และพะเยา นอกจากนี้ยังมี ปลูกในภาคกลาง เช่นจังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปัจจุบันถ้าไยได้แพร่กระจายไปใน จังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางจังหวัด เช่น จังหวัดเลย หนองคาย (พิชัย, 2532) ภาคใต้ เช่น จังหวัด พัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช (พาวิณ, 2543) และภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี และตราด

พันธุ์ถ้าไยที่ปลูกในประเทศไทย

พันธุ์ถ้าไยที่พบในปัจจุบันอาจแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะของผล เนื้อ เมล็ด และรสชาติ (กรมวิชาการเกษตร, 2545; พาวิณ, 2543; นพดลและคณะ, 2543; พิทยาและพาวิณ, 2545) ดังนี้

1. ถ้าไยเครือหรือถ้าไยเถา มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Dimocarpus longan* Lour. var. *obtusum* Leenh. มีลำต้นเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ ทรงพุ่ม ต้นคล้ายต้นเฟื่องฟ้าลำต้นไม่มีแก่น (pith) ใบขนาดเล็ก และสั้น ผลเล็ก ผิวผลสีชมพูปนน้ำตาล เนื้อผลบาง มีกลิ่นคล้ายกำมะถัน เมล็ดโต ปลูกเป็นไม้ประดับมากกว่าที่จะนำมาใช้รับประทานผล

2. ถ้าไยต้น แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 ถ้าไยพื้นเมืองหรือถ้าไยกระดุก

ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงต้นมกราคม

เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ให้ผลดก ผลมีขนาดเล็ก

ขนาดของผลเฉลี่ยกว้าง 1.8 เซนติเมตร หนา 1.6 เซนติเมตร สูง 1.7 เซนติเมตร รูปร่างของผลค่อนข้างกลม ผิวสีน้ำตาล เปลือกหนา เนื้อบาง สีขาวใส ปริมาณน้ำตาลประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดมีขนาดใหญ่ เปลือกดำตันขรุขระมาก ต้นตั้งตรงสูงประมาณ 20-30 เมตร ใบขนาดเล็กกว่าลำไยกะโหลก มักพบตามป่าของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย มีอายุยืนมาก ปัจจุบันไม่นิยมปลูก เนื่องจากผลมีขนาดเล็ก

2.2 ลำไยกะโหลก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะผลใหญ่เนื้อหนา และมีรสหวาน ปริมาณน้ำตาล 13-24 เปอร์เซ็นต์ มีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ ลำไยที่มีการส่งเสริมให้มีการปลูกกันมากในปัจจุบัน ได้แก่ ลำไยพันธุ์ดอ หรืออีดอ พันธุ์สีชมพู พันธุ์แห้วหรืออีแห้ว และพันธุ์เบี้ยวแต่ละพันธุ์มีลักษณะพิเศษแต่ต่างกันดังนี้

พันธุ์ดอ เป็นลำไยพันธุ์เบา คือออกดอก และเก็บเกี่ยวผลก่อนลำไยพันธุ์อื่น เกษตรกรนิยมปลูกมากที่สุดเพราะเก็บเกี่ยวได้ก่อน ตลาดต่างประเทศนิยมบริโภค สามารถจำหน่ายได้ทั้งผลสดและแปรรูป หรือลำไยกระป๋องและลำไยอบแห้ง เป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีโดยเฉพาะในดินอุดมสมบูรณ์และมีน้ำเพียงพอ ทนแล้งและทนน้ำได้ดีปานกลาง พันธุ์ดอ แบ่งตามสีของยอดอ่อนได้เป็น 2 ชนิดคือ คอยอดแดง และคอยอดเขียว

คอยอดแดง เจริญเติบโตเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับคอยอดเขียว ลำต้นแข็งแรงไม่หักได้ง่าย เปลือกดำตันสีน้ำตาลปนแดง ใบอ่อนมีสีแดง ปัจจุบันคอยอดแดงไม่ค่อยนิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่ค่อยดี และเมื่อผลเริ่มสุกถ้าเก็บเกี่ยวไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก ส่วนคอยอดเขียว มีลักษณะต้นคล้ายคอยอดแดงแต่ใบอ่อนเป็นสีเขียว ออกดอกติดผลง่าย

พันธุ์ชมพู เป็นลำไยพันธุ์กลาง ลำต้นสูงโปร่ง และแตกสาขา ไม่ทนแล้ง เปลือกดำตันสีน้ำตาลอ่อน ใบมีลักษณะแคบและค่อนข้างยาว ปลายใบแหลม ออกดอกติดผลง่าย แต่การติดผลไม่สม่ำเสมอ ผลกลมแป้น ผิวเปลือกของผลมีสีน้ำตาลอ่อนปนเขียว เนื้อสีชมพู ปริมาณน้ำตาลประมาณ 21.9 เปอร์เซ็นต์

พันธุ์เบี้ยวเขียว เป็นพันธุ์หนักเก็บเกี่ยวได้ช้ากว่าพันธุ์อื่น ผลอ่อนมีสีเขียว ลักษณะผลแบนเบี้ยว มองเห็นได้ชัด กว้าง 3.0 เซนติเมตร หนา 2.6 เซนติเมตร ยาว 2.8 เซนติเมตร ผิวเปลือกมีสีน้ำตาลอ่อนออกเขียวเล็กน้อย มีบ่าผลไม่เท่ากัน เนื้อกรอบสีขาวใส มีกลิ่นหอม ปริมาณน้ำตาลประมาณ 22 เปอร์เซ็นต์

พันธุ์แห้ว เป็นพันธุ์หนัก เกิดดอกและติดผลค่อนข้างยาก คืออาจให้ผลปีเว้นปี ขนาดผลกว้าง 2.8 เซนติเมตร หนาและสูง 2.6 เซนติเมตร ผลมีลักษณะกลมเบี้ยว ก้นผลบวม เนื้อหนา

สีขาวขุ่น แห้งและกรอบ เมล็ดเล็ก รสชาติหอมหวาน ผิวเปลือกสีน้ำตาลคล้ำ เปลือกหนา ทนแล้งได้ดี เก็บรักษาได้นาน

พันธุ์ใบดำ อีดำหรือกะโหลกดำ เป็นพันธุ์เบา ออกดอกติดผลสม่ำเสมอ เจริญเติบโตดี ทนแล้งและทนน้ำขังได้ดี แต่เมื่อผลโตเต็มที่มีขนาดเล็กกว่าพันธุ์อื่นๆ เพราะมีผลดกมาก ผลกว้าง 2.8 เซนติเมตร หนา 2.3 เซนติเมตร สูง 2.3 เซนติเมตร เมื่อผลแก่ก็มีเชื้อราเกาะที่เปลือก ทำให้ขายได้ราคาต่ำ

พันธุ์แดงหรืออีแดง เป็นพันธุ์กลาง ผลกลม และเนื้อมีกลิ่นคล้ายกำมะถัน เมื่ออยู่ในระยะออกดอก ใบที่บริเวณใกล้ช่อดอกมักจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และร่วงหล่น ผลกว้าง 2.6 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร และยาว 2.5 เซนติเมตร ผิวสีน้ำตาลอมแดง ผิวเรียบ เปลือกบาง เนื้อหนา ปริมาณน้ำตาลประมาณ 17 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้พันธุ์ลำไยสามารถแบ่งตามระยะเวลาการออกดอกและการเก็บผลผลิตได้ 3 ประเภท คือ 1. พันธุ์เบา ได้แก่ พันธุ์ลำไยที่ใช้เวลาตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 6 เดือน โดยออกดอกในช่วงเดือน ธันวาคม และเก็บเกี่ยวประมาณปลายเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม เช่น พันธุ์ดอและพันธุ์พวงทอง เป็นต้น 2. พันธุ์กลาง ได้แก่พันธุ์ลำไยที่ใช้เวลาตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 7 เดือน โดยออกดอกในช่วงเดือน มกราคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตได้กลางเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม เช่นพันธุ์แห้ว พันธุ์สีชมพู และพันธุ์แดง เป็นต้น 3. พันธุ์หนัก ได้แก่ พันธุ์ลำไยที่ใช้เวลาตั้งแต่ดอกบานจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 8 เดือน โดยออกดอกในช่วงเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ และเก็บเกี่ยวผลได้ประมาณเดือนสิงหาคม เช่นพันธุ์เขียวเขียว และพันธุ์ใบดำ เป็นต้น (ธนะชัย, 2545)

กระบวนการผลิตลำไยอบแห้ง

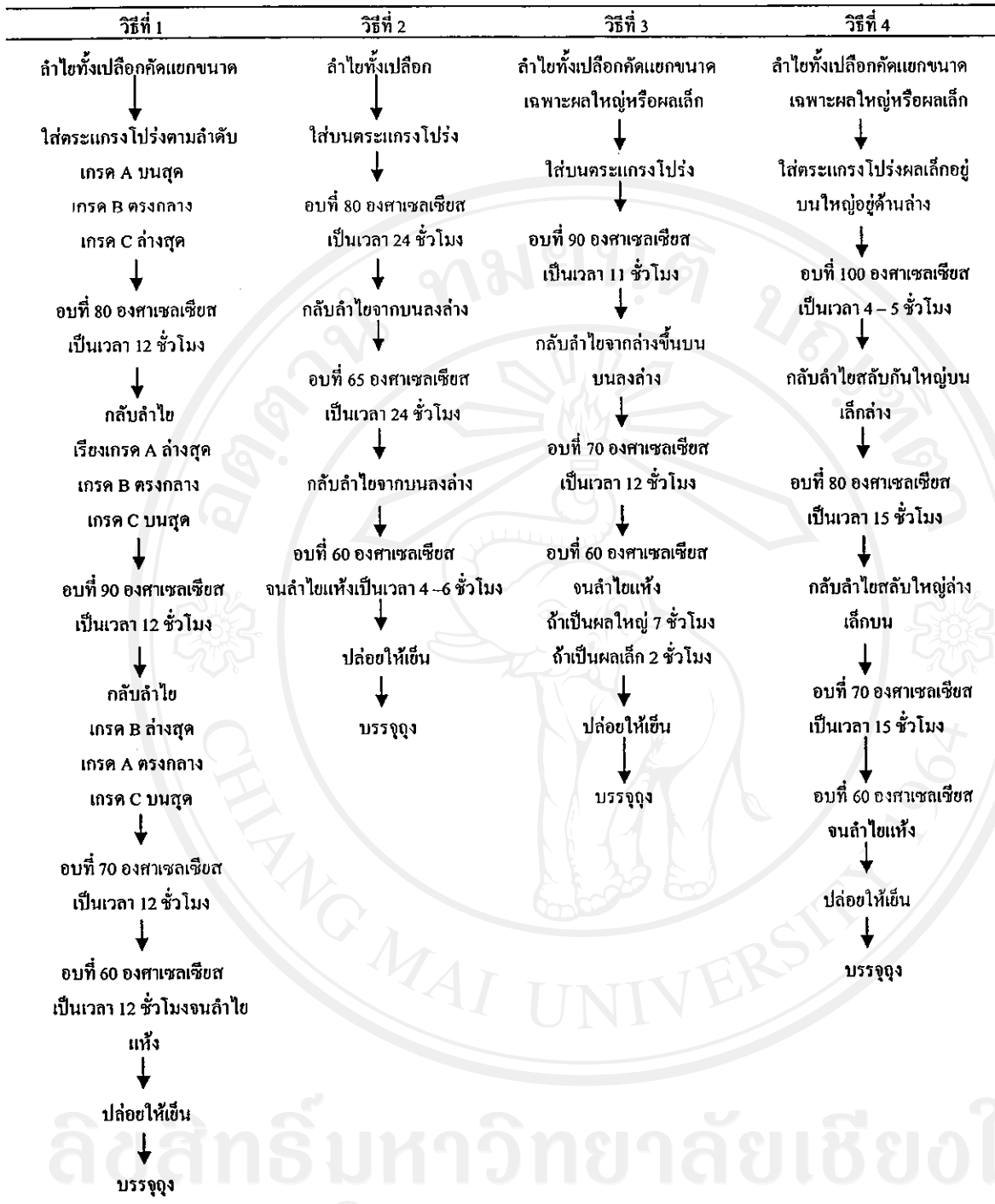
กระบวนการแปรรูปลำไยอบแห้งของผู้ประกอบการสามารถ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน (รัตนาและคณะ, 2541)

1. การแปรรูปลำไยอบแห้งเฉพาะเนื้อ เป็นการนำลำไยสดมาคว้านเอาเมล็ดในออกด้วยคัตเตอร์หรือด้วยปลายซ้อนสแตนเลสที่ลับจนคม แกะเปลือกออกนำเนื้อลำไยมาแช่ในสารละลาย จากนั้นเรียงบนตะแกรงโปร่งหรือกระด้ง นำเข้าอบด้วยความร้อนจนเนื้อลำไยแห้ง อุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการอบเนื้อลำไยแตกต่างกันไปตามชนิดของเตาหรือตู้อบ เช่นเดียวกับสีของเนื้อลำไยอบแห้งที่มีตั้งแต่สีเหลืองทองจนไปถึงสีดำ

2. การแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งเปลือก เป็นการนำลำไยทั้งเปลือกมาอบด้วยความร้อน กรรมวิธีการอบลำไยทั้งเปลือกยังไม่มีข้อกำหนดกรรมวิธีมาตรฐาน และไม่มี การให้การฝึกอบรม จากหน่วยงานของรัฐเหมือนกรรมวิธีการทำเนื้อลำไยสีทอง ดังนั้นกรรมวิธีการอบลำไยทั้งเปลือกที่ ทำกันจึงมีหลายวิธีซึ่งได้จากการทดลองดัดแปลงเองตามคำแนะนำทั้งจากทีมวิจัยของ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากพ่อค้าคนจีน จากบริษัทผู้จำหน่ายเตา และจากผู้ที่เคยทำมาก่อน จาก กรรมวิธีการอบที่แตกต่างกันจึงเป็นเหตุให้คุณภาพของเนื้อลำไยอบแห้งทั้งเปลือกมีสีตั้งแต่สีน้ำตาล แดงไปจนถึงสีดำ ความแห้งของเนื้อลำไยมีตั้งแต่ไม่ค่อยแห้งจนไปถึงแห้งมากจนเนื้อติดเมล็ดใน กลิ่นของลำไยมีตั้งแต่กลิ่นลำไยไปจนถึงกลิ่นน้ำตาลไหม้

จากโครงการวิจัย อุตสาหกรรมการแปรรูปลำไย โดยรัตนาและคณะ (2541) ได้รวบรวม วิธีการในการทำลำไยอบแห้งแบบทั้งเปลือก จากการสำรวจในปี 2539 ไว้ 4 วิธีดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 กรรมวิธีการทำลำไยอบแห้งทั้งเปลือกในปี 2539 ที่ใช้กับเตาอบกระบอกแบบได้หวั่น และ
เตาอบกระบอกแบบใช้แก๊สหุงต้ม (ที่มา: รัตนาและคณะ, 2541)

ตาราง 1 ส่วนประกอบของเนื้อลำไยสดและเนื้อลำไยอบแห้ง (พาวิณ, 2543 และธีรานุช, 2543)

ส่วนประกอบ	หน่วย	เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น	%	81.10	17.80
ไขมัน	%	0.11	0.40
เส้นใย	%	0.28	1.60
โปรตีน	%	0.97	4.60
เถ้า	%	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต	%	16.98	72.70
พลังงานความร้อน	กิโลแคลอรี/100 กรัม	72.79	311.80
แคลเซียม	มิลลิกรัม %	5.70	27.70
เหล็ก	มิลลิกรัม %	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม %	35.30	159.50
วิตามินซี	มิลลิกรัม %	69.20	137.80
โซเดียม	มิลลิกรัม %	-	4.50
โพแทสเซียม	มิลลิกรัม %	-	2012.00
ไนอาซีน	มิลลิกรัม %	-	3.03
กรดแพนโทธิก	มิลลิกรัม %	-	0.57
วิตามิน B ₂	มิลลิกรัม %	-	0.375

การสกัดสารสำคัญจากพืช (ขจรศักดิ์, 2539)

การสกัดสารสำคัญจากพืชอาจทำได้หลายวิธี สามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมของพืช วิธีการหลักที่ใช้ในการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพร (กฤษณา, 2537) มีดังนี้

1. Maceration คือ ขบวนการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยการหมักน้ำยาสกัดที่เหมาะสม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งองค์ประกอบที่ต้องการละลายออกมาหมดซึ่งวิธีการนี้เหมาะสำหรับพืชสมุนไพรที่มีโครงสร้างหรือเนื้อเยื่อที่ไม่แข็งแรงมากนัก เช่น ใบดอก และเหมาะกับสารสกัดที่องค์ประกอบไม่ทนต่อความร้อน

2. Percolation คือ ขบวนการสกัดองค์ประกอบสำคัญจากพืชสมุนไพร โดยการปล่อยให้ น้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรอย่างช้าๆ พร้อมกับละลายเอาองค์ประกอบสำคัญจากพืช เป็นวิธีการสกัดที่ดีสำหรับการสกัดองค์ประกอบสมุนไพร ให้สมบูรณ์โดยไม่ใช้ความร้อน แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ เปลืองน้ำยาสกัด แรงคน และเวลาที่ใช้ในการสกัด

3. Continuous extraction คือ ขบวนการสกัดองค์ประกอบจากพืชสมุนไพร เช่นเดียวกับ percolation แต่วิธีนี้ใช้ความร้อนเข้าช่วยโดยน้ำยาสกัดไหลผ่านผงสมุนไพรที่บรรจุอยู่ใน extractor แล้วลงมารวมกันในขวดที่ได้รับความร้อนจนน้ำยาสกัดระเหยขึ้นไปและควบแน่นตกลงมาผ่านผงสมุนไพรซ้ำอีกไปเรื่อยๆ

4. Expression เป็นการคั้นเอาองค์ประกอบสำคัญที่เป็นของเหลวออกจากพืชสมุนไพร ส่วนใหญ่ใช้สกัดพวกน้ำมันต่างๆ เช่น น้ำมันหอมระเหย และน้ำมันที่ไม่ระเหย

การเลือกตัวทำละลายในการสกัด (ขจรศักดิ์, 2539)

เนื่องจากสารประกอบในพืชมีมากมายหลายชนิดและมีคุณสมบัติต่างกัน การเลือกตัวทำละลายที่จะให้ได้สารทุกกลุ่มที่ต้องการจึงทำได้ยาก การสกัดจะได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับ การคัดเลือกตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยสารและตัวทำละลายมีคุณสมบัติความมีขั้วคล้ายคลึงกัน และสารละลายที่ต้องการออกมามากที่สุด ในขณะที่ละลายสารที่ไม่ต้องการออกมาน้อยที่สุด ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ คือ เป็นตัวทำละลายที่ละลายสารที่ต้องการสกัดได้ ไม่ระเหยง่าย หรือยากเกินไป ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด ไม่เป็นสารพิษและมีราคาถูก การสกัดมักใช้ตัวทำละลายหลายๆ ชนิด หรือใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีขั้วต่างกัน แต่การใช้ตัวทำละลายหลายชนิดอาจทำให้เสียเวลา บางคนจึงนิยมใช้ตัวทำละลายชนิดเดียวที่ใช้กันคือ แอลกอฮอล์หรือ ส่วนผสมของแอลกอฮอล์กับน้ำ เนื่องจากสามารถละลายได้ทั้งสารที่มีขั้วและไม่มีขั้ว และยังใช้ทำละลายเอทิลในพืชด้วย

เมื่อจัดเรียงลำดับความมีขี้ของตัวทำละลายจากน้อยไปหามากได้ดังนี้

มีขี้ว่น้อย

- 1) cyclohexane
- 2) cabontetrachloride
- 3) benzene
- 4) ether
- 5) chloroform
- 6) acetone
- 7) ethyl acetate
- 8) ethaol
- 9) methanol
- 10) water

มีขี้ว่มาก

สารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีววิทยา (ชีวภาพ) ในพืชสมุนไพรเป็น secondary metabolites อาจแบ่งทางเคมีได้ดังนี้ (วิฑูรย์, 2539)

1. แอลคาลอยด์ (alkaloid) เป็นสารที่มีรสขม มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ เช่น atropine จากต้นลำโพง มีฤทธิ์ลดการบีบตัวของลำไส้ จึงใช้ผสมในยาแก้ปวดท้อง เป็นต้น
2. น้ำมันหอมระเหย (volatile oil หรือ essential oil) เป็นสารที่มีอยู่ในพืชโดยทั่วไป มีกลิ่นหอม เป็นส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิด ส่วนใหญ่มีฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์
3. แทนนิน (tannin) เป็นสารประกอบที่พบในพืชทั่วไป มีรสฝาด จึงใช้บรรเทาอาการท้องร่วง และยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียด้วย
4. ไกลโคไซด์ (glycoside) หลายชนิดมีฤทธิ์เป็นสารพิษ เช่น saponin มีคุณสมบัติทำให้เม็ดเลือดแดงแตก เป็นพิษต่อสัตว์เลือดเย็น หรือ ไซยานิน ไกลโคไซด์ (cyanogenic glycoside) ในมันสำปะหลัง ข้าวฟ่าง เมื่อถูกย่อยด้วยเอนไซม์จะให้ไซยาไนด์ (cyanide) ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย เนื่องจากไปแย่งจับเม็ดเลือดแดงทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถจับกับออกซิเจนได้
5. สเตียรอยด์ (steroid) เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดีในไขมันหรือตัวทำละลายไขมัน สารกลุ่มนี้บางตัวใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ฮอร์โมนและการอักเสบและฮอร์โมน

6. ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นสารประกอบคาร์บอนและออกซิเจน มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาต่างๆ กัน เช่น ลดการอักเสบ ขยายหลอดเลือด ทำให้เม็ดเลือดกลายตัว ฆ่าเชื้อแบคทีเรีย

High Performance Liquid Chromatography (Brown and Hartwick, 1989)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกสารออกจากสารผสมโดยอาศัยความแตกต่างของการเกิดปฏิกิริยาของสารแต่ละชนิดระหว่างเฟสเคลื่อนที่ (mobile phase) ซึ่งเป็นของเหลวหรือตัวทำละลายขณะผ่านเฟสคงที่ (stationary phase) ซึ่งบรรจุอยู่ในคอลัมน์ ทำให้สารถูกจับไว้ในคอลัมน์นานต่างกันเฟสเคลื่อนที่ที่พาสารแต่ละชนิดผ่านเครื่องตรวจวัดที่เหมาะสมแล้วแสดงผลออกมาในรูปโครมาโทแกรม ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็ว มีความเฉพาะเจาะจงสูง ความไวสูง และมีประสิทธิภาพสูง แต่มีราคาแพงและผู้ใช้ต้องมีความเข้าใจและชำนาญเพื่อที่จะใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องและได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ โดย High Performance Liquid Chromatography (HPLC) มีส่วนประกอบดังนี้

1. **Solvent reservoir** ถังใส่ตัวทำละลายที่เคลื่อนที่ ทำด้วยขวดแก้วหรือสแตนเลสก็ได้ ควรต่อกับตัวทำละลายก๊าซหรือถังใส่ฮีเลียมเพื่อไล่ก๊าซออกซิเจนหรือไนโตรเจนที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายออก ปกติการใช้ตัวทำละลายเพียงตัวเดียวทำให้ใช้เวลาในการแยกนาน จึงควรใช้ตัวทำละลายผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นต้องมีถังใส่ตัวทำละลายที่เคลื่อนที่มากกว่า 1 ชุด และมีตัวเชื่อมและผสม โดยอาศัยโปรแกรมตัวทำละลาย เพื่อทำให้ตัวทำละลายสามารถผสมกันและเปลี่ยนความมีขั้ว (polarity) ได้อย่างต่อเนื่องหรือทำเป็นขั้น โดยเพิ่มความมีขั้วของตัวทำละลายเพิ่มขึ้นในช่วงหนึ่งๆ ต่อจากนั้นควบคุมให้คงที่สลับกันไปตลอดการทดลอง

2. **Solvent Delivery System หรือ Pump** ใน HPLC มีความต้านทานการไหลของเฟสเคลื่อนที่ ที่ไหลผ่านคอลัมน์ซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็กบรรจุอยู่ ความต้านทานการไหลนี้จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อใช้อนุภาคเล็กๆ และคอลัมน์มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กด้วย ปัมจึงทำหน้าที่ปั๊มตัวทำละลายเข้าคอลัมน์ด้วยความดันที่เหมาะสมและใช้ได้ดี คือ 100-3,000 psi (lbs/in²) ซึ่งทำให้อัตราการไหลของตัวทำละลายมีค่าประมาณ 1-2 ลูกบาศก์เซนติเมตร/นาที

3. **Injection Devices** เป็นอุปกรณ์ฉีดสารเข้าสู่ระบบ HPLC ซึ่งต้องมีคุณสมบัติที่เอื้ออำนวยให้สามารถฉีดสารตัวอย่างภายใต้ความดันสูง มีปริมาณการฉีดที่แม่นยำและสม่ำเสมอ ด้านหน้ามีช่องสำหรับเสียบเข็มแทงของกระบอกฉีดสารตัวอย่าง (syringe) ด้านหลังมีช่องสำหรับ

ต่อท่อพักสารตัวอย่าง (sample loop) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลางที่ถูกนำมาขดเป็นวง โดยมีปริมาณภายในท่อเป็นตัวกำหนดปริมาณของสารตัวอย่างที่ต้องวิเคราะห์

4. Column คอลัมน์ที่ใช้ใน HPLC ทำด้วยเหล็กปลอดสนิม (stainless steel) หรือ หลอดแก้วอย่างหนาซึ่งสามารถทนแรงดันสูงได้

Percolumn หรือ Guard column เป็นคอลัมน์ขนาดเล็กที่ใช้ต่อก่อนถึงคอลัมน์แยกสารหรือคอลัมน์วิเคราะห์ เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของคอลัมน์วิเคราะห์ ภายในมีอนุภาคเหมือนคอลัมน์แยกที่ใช้จริง แต่ขนาดอนุภาคของสารที่บรรจุอยู่ในช่วง 10-40 ไมครอนซึ่งใหญ่กว่าอนุภาคที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์แยกสารเล็กน้อยเพื่อไม่ให้ความดันเพิ่มมากเกินไป ควรมีขนาดเส้นในช่อง 3-5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4-7 เซนติเมตร ช่วงทำหน้าที่แยกสิ่งสกปรกที่อาจปนกับตัวอย่างสารละลาย ไม่ให้เข้าไปทำลายคอลัมน์วิเคราะห์

Analytical column เป็นคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ มีขนาดความยาว 10-25 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.0-4.6 มิลลิเมตร มีราคาแพง ขนาดอนุภาคของสารที่บรรจุจะเล็กกว่า Percolumn อยู่ในช่วง 3-10 ไมครอน

สารที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่เป็นของแข็งดูดซับ มีขนาดเล็กมาก มีรูปร่างได้หลายชนิดและชนิดที่เป็นของเหลวแบบบนของแข็งซึ่งมีทั้งแบบ normal phase และ reverse phase ตัวดูดซับที่นิยมใช้มากที่สุด คือ ซิลิกาเจล

5. Detector เครื่องตรวจวัดควรมีความไวต่อการตรวจวัดสารที่ออกมาจากคอลัมน์ได้อย่างต่อเนื่องและควรมีลักษณะดังนี้

- (1) มีความไวสูงและให้สัญญาณตอบรับที่คาดคะเนได้กับสารเกือบทุกชนิด
- (2) ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและอัตราเร็วของการไหลของเฟส

เคลื่อนที่

- (3) เชื้อติดได้และง่ายต่อการใช้งาน
- (4) ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นและสัญญาณตอบรับของเครื่องตรวจวัดควรมีสภาพเชิงเส้นในช่วงกว้าง
- (5) ไม่ทำลายสารตัวอย่าง
- (6) สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพวิเคราะห์สำหรับสารที่ต้องการทดสอบ

ในปัจจุบันจะนิยมใช้ detector ดังนี้

UV-VIS detector เป็นเครื่องตรวจวัดที่อาศัยการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ข้อดีคือไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงการไหลของอุณหภูมิและค่อนข้างมีความไวสูงกับสารประกอบอินทรีย์

Fluorescence detector มีความไว และมีความเฉพาะสูง เนื่องจากความสามารถวัดแสงของ fluorescence ที่มีความยาวคลื่นเฉพาะคอกมาจากสารบางชนิดเมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยรังสี UV

Conductivity detector นิยมใช้ในการวัดค่าความสามารถในการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของสาร ส่วนมากจะเป็นสารละลายที่มีประจุในเฟสเคลื่อนที่ ที่มีน้ำหรือบัฟเฟอร์ มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและระบบ gradient elution

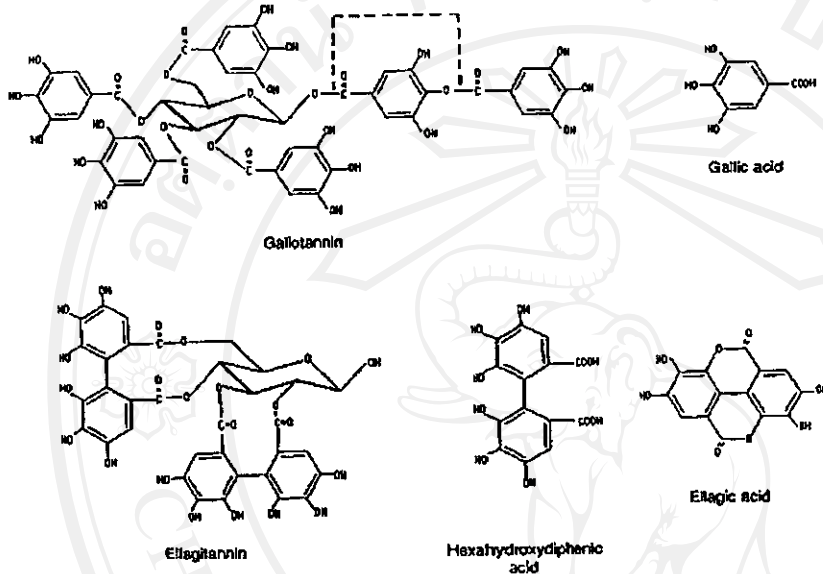
6. Differential refractometer เครื่องตรวจวัดที่นิยมตรวจสอบความแตกต่างของดรรชนีหักเหอย่างต่อเนื่อง มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของการไหล

ในการวิเคราะห์สามารถประยุกต์ใช้ HPLC ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ได้โดยการเปรียบเทียบ retention time (t_r) ของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน แต่สารหลายชนิดอาจมีค่านี้เท่ากันได้จึงควรใช้หลายระบบในการแยก นอกจากนี้ยังใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารได้อีกด้วย โดยการเปรียบเทียบ peak area ระหว่างสารมาตรฐานที่มีความเข้มข้นใกล้เคียงกับสารละลายตัวอย่าง หรืออาจเปรียบเทียบสารละลายมาตรฐานหลายๆ ความเข้มข้น เพื่อทำกราฟมาตรฐาน (standard curve) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง peak area กับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ ซึ่งไม่ว่าจะใช้วิธีใดต้องทำสารละลายมาตรฐานควบคู่ไปกับสารตัวอย่างในวันเดียวกัน โดยใช้สภาวะการทดลองเดียวกันเสมอ

กรดอีลลาจิก (Ellagic acid) (นิธิยา, 2545)

Ellagic acid ($C_{14}H_6O_8$) เป็นรงควัตถุที่อยู่ในกลุ่มของแทนนิน (tannin) ซึ่งเป็นแทนนินที่ไฮโดรไลซ์ได้ (hydrolyzable tannins) และเป็นอนุพันธ์ของสารประกอบฟีนอล (phenolic compounds) ซึ่งเป็นสารที่รู้จักกันในนาม anti-carcinogenic หรือ anti-mutagenic (สารต่อต้านมะเร็ง) โดยตามธรรมชาติ ellagic acid จะสามารถต่อต้านพวก แบคทีเรีย และ ไวรัส ได้ โดยตัวมันเองจะไม่ได้มีลักษณะคล้ายเป็นสารธรรมชาติในพืช โดยจะมีแทนนินที่เป็น polymer ของ ellagic acid ซึ่งจะมีสารประกอบ กลูโคส เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสารในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันมากที่สุดได้แก่ ellagitannins ซึ่งสาร ellagic acid นี้จะสามารถผลิตออกมาเพื่อเพิ่มมูลค่าของ ลำไยให้

สูงขึ้นได้ อีกทั้งยังสามารถผลิตออกมาเป็นยาต้านมะเร็งราคาถูกลงได้ด้วย ดังที่ต่างประเทศได้ผลิตออกมาจำหน่ายแล้วแต่จะมีราคาที่สูงมาก แต่ถ้าสกัดจากผลลำไยจะสามารถลดต้นทุนได้มากกว่าสั่งนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งปริมาณลำไยในตลาดมีมาก ซึ่งจะทำให้ได้ปริมาณสารมากอีกด้วย นอกจากนี้ อาจจะเป็นการเชิญชวนให้หันมาบริโภคลำไยกันมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ตลาดลำไยมีทางออกทั้งในประเทศเองและต่างประเทศซึ่งมีแนวโน้มการส่งออกที่เพิ่มขึ้นอีกด้วย



ภาพ 2 สูตร โครงสร้างของ ellagic acid, gallic acid และ ellagitannin

Yean-Yean S. และ Philip J. Barlow (2005) ได้ศึกษาปริมาณของ gallic acid และ ellagic acid ในเมล็ดของผลลำไยและส่วน kernel ของมะม่วงพบว่าในส่วนของเมล็ดลำไยมีปริมาณ gallic acid และ ellagic acid เท่ากับ 23.3 และ 156 (mg/100g) ตามลำดับ

Guadalupe *et al.* (1995) ทำการวิเคราะห์ผล antimutagenicity ของกรดอีลาจิกต่อ alfatoxin B₁ ในเชื้อ *Salmonella sp.* พบว่ากรดอีลาจิกปริมาณ 2.5, 5 และ 10 ng/tube จะมีผลดีที่สุดในการลดการเกิด antimutagenicity ได้

Bianco *et al.* (1998) ได้หาปริมาณกรดอีลาจิกในไม้กลุ่มที่มีเนื้อแข็ง พบว่าในต้นโอ๊กแดง (red oaks) มีปริมาณ 19-63 mg/g ต้นโอ๊กขาว (white oaks) มีปริมาณ 41 mg/g walnut มีปริมาณ 28 mg/g และ chestnut 89 mg/g

Nuchanart et al.(2005) ได้ทำการวิเคราะห์และแยกสารกลุ่ม phenolic compounds ในผลลำไยพบว่า ในส่วนของเมล็ดลำไยพันธุ์เขียวและพันธุ์ดอสนั้นจะมีปริมาณกรดอิลลาจิกในปริมาณมากที่สุด

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (นิธิยา, 2545)

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในอาหารเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อน เพราะไม่ได้เป็นปฏิกิริยาปฐมภูมิ (primary reaction) แต่เป็นปฏิกิริยาทุติยภูมิ (secondary reaction) หลากๆ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นร่วมกันและให้สารสีน้ำตาลที่ผันแปรไปตามชนิดของอาหาร ถึงแม้จะเป็นอาหารชนิดเดียวกันก็ตาม ตัวอย่างเช่น ปอกมันฝรั่งจะเกิดปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ ทำให้เกิดเป็นสีแดงสีน้ำตาล หรือสีดำ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลยังอาจเกิดขึ้นในวัตถุดิบที่มีการเติมวิตามินซี(กรดแอสคอร์บิก) ซึ่งถูกออกซิไดส์เป็นกรดไฮโดรแอสคอร์บิกแล้วทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลได้ โดยอาศัยปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง เรียกว่า ปฏิกิริยามอลลาร์ด (Maillard reaction)

จริงแท้ (2544) กล่าวว่า cinnamic acid, caffeic acid, chlorogenic acid, anthocyanin และ tannin รวมทั้ง tyrosine และ phenylalanine มีขั้นตอนการสังเคราะห์จาก shikimic pathway โดยได้จากการรวมตัวกันของโมเลกุล phosphoenol pyruvate จาก glycolysis และ erythrose-4-phosphate จาก Calvin cycle หรือ pentose phosphate pathway แต่มักจัดอยู่ในกลุ่มอะมิโน phenylalanine นั่นก็เป็นโมเลกุลต้นแบบ (precursor) ของสารประกอบฟีนอลอื่นๆ โดยการทำงานของเอนไซม์ phenylalanine ammonialyase (PAL) คึงเอา amino group ออกจาก phenylalanine ได้เป็น cinnamic acid รัตนา และคณะ (2541) กล่าวถึงการเกิดสีน้ำตาลขึ้นในเซลล์ของผักหรือผลไม้ เมื่อปอกผลไม้ทิ้งไว้สักพัก เนื้อของผลไม้ก็จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) เปลี่ยนโมเลกุลฟีนอล (p-coumaric acid) ไปเป็น quinone แล้วรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ (polymerization) และมี สีน้ำตาลเกิดขึ้น Helen and Ibrahim (1992) กล่าวว่าอย่างไรก็ตามสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากสาเหตุอื่นที่ไม่ใช่เกิดจากการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ (non-enzymic browning) ก็ได้ เช่น จากจุลินทรีย์บางชนิด เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนไซม์เกี่ยวข้อง (non-enzymatic reaction) ได้แก่ 1. การเกิดออกซิเดชันของวิตามินซี (oxidation of ascorbic acid) เมื่ออาหารสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ได้สารสีน้ำตาลเกิดขึ้น เช่น ในผลไม้ 2. การเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโน (amino acid) และน้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ได้สารสีน้ำตาล ทำให้อาหารมีการเปลี่ยนแปลงสีไปจากเดิม ได้สีคล้ำขึ้น และมีผลให้กลิ่นรสอาหารเปลี่ยนแปลงด้วย ปฏิกิริยานี้เรียกว่า ปฏิกิริยามอลลาร์ด (Maillard reaction) 3. การเกิดสีน้ำตาลอันเนื่องจากการ

ใหม่ของน้ำตาลหรือสารคาร์โบไฮเดรต เรียกว่า คาราเมลไลเซชัน (Caramelization) ทำให้อาหารมีสีน้ำตาลคล้ำ มีรสชาติขม และมีกลิ่นไหม้ แต่บางครั้งการเกิดคุณลักษณะเช่นนี้อาจเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค เช่น การทำขนมบางชนิด

1. ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์

ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อพืชเมื่อเซลล์ถูกทำลายทางกล เช่น การปอกเปลือก หรือการหั่นชิ้น ทำให้เกิดปฏิกริยาของสารประกอบโโมโนฟีนอลที่อยู่ในเซลล์พืชสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศและมีเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) ทำให้เกิดปฏิกริยาไฮดรอกซิเลชันได้เป็น o-diphenol สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อไปเป็น o-quinone เอนไซม์ PPO อาจมีชื่อเรียกว่า o-diphenol oxidase หรือ catechol oxidase ควิโนนเกิดขึ้นจากปฏิกริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์นี้ จะรวมตัวกันและเกิดปฏิกริยาเมลลาร์ด กับสารประกอบฟีนอลอื่นๆ หรือกับกรดอะมิโนได้เป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำตาล (ภาพ 3) จริงแท้, 2544

การควบคุมปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ในอาหาร

ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์เมื่อเกิดขึ้นในอาหารจะทำให้อาหารมีสีเปลี่ยนไปและรสชาติอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย การควบคุมไม่ให้เกิดปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ทำได้หลายวิธี เช่น

1. ใช้ความร้อนทำลายเอนไซม์ PPO เช่นการลวกผักด้วยไอน้ำ เอนไซม์ PPO จะถูกทำลายอย่างสมบูรณ์ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนถึง 100 องศาเซลเซียส ในการทำลายเอนไซม์ PPO โดยผักและผลไม้แต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิและระยะเวลาในการทำลายเอนไซม์ PPO ไม่เหมือนกัน
2. ใช้สารเคมียับยั้งการทำงานของเอนไซม์ PPO ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นสารเคมีที่ยับยั้งเอนไซม์ PPO ได้ดีที่สุดแต่เป็นการยับยั้งแบบไม่ถาวร นิยมใช้ในผลไม้แห้ง เช่น ลูกเกด แต่มีข้อเสียคือทำให้เกิดกลิ่น ถ้าใช้มากจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ และทำให้ผู้บริโภคบางคนแพ้ได้ ปัจจุบันได้มีการศึกษาหาสารชนิดอื่นที่สามารถยับยั้งปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาล โดยเฉพาะปฏิกริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์
3. การเติมรีดิวซิงเอเจนต์ เช่น กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้นประมาณ 0.1-0.3 เปอร์เซ็นต์
4. กำจัดออกซิเจน โดยบรรจุในภาชนะที่อากาศเข้าไปไม่ได้ หรือลดความดันของอากาศให้ต่ำกว่า 380 ทอร์ (torr) หรือเก็บรักษาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนต่ำมากๆ
5. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสับสเตรต (substrate) ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

2. ปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์

อาหารทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อนจะมีการสูญเสียน้ำ (dehydration) มีการสลายตัว (degradation) และมีการรวมตัว (polymerization) ของหมู่อะมิโนและสารประกอบรีดิวซิง พัฒนาเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลและน้ำตาลแดง และทำให้อาหารมีกลิ่นเฉพาะ โดยปฏิบัติการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่อาศัยเอนไซม์มี 2 แบบคือ

1. การเกิดคาราเมลเซชัน (Caramelization) เป็นการให้ความร้อนสูงสลายโมเลกุลของน้ำตาลให้แยกออก (thermolysis) และเกิดพอลิเมอร์เซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีน้ำตาล ปฏิบัติการนี้สารเริ่มต้นจะเป็นน้ำตาลเท่านั้น เช่น การเขาน้ำตาลซูโครสที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส น้ำจะถูกกำจัดออกไปจากโมเลกุลของน้ำตาลซูโครสโดยปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน สารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่จะมีพันธะคู่ และเป็นวงแหวน

2. การเกิดปฏิกิริยามอลดาร์ด์ (Maillard reaction) เป็นปฏิกิริยาระหว่างหมู่คาร์บอนิลจากโมเลกุลของน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่เอมีนที่อยู่ในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน หรือโปรตีน เป็น carbonyl-amine reaction เมื่อน้ำตาลแอลโดสหรือคีโตสซึ่งเป็นรีดิวซิงน้ำตาลได้รับความร้อน ในภาวะที่มีน้ำ ($a_w > 0.2$) และเอมีนจะทำให้เกิดสารประกอบต่างๆ มากมาย ซึ่งมีผลต่อสี กลิ่น และรสชาติของอาหาร และเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่พึงประสงค์ก็ได้ ปฏิบัติการเหล่านี้เกิดขึ้นขณะทอด อบ ปิ้งย่าง หรือระหว่างการเก็บรักษา น้ำตาลรีดิวซิงจะทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของแอมโมเนีย กรดอะมิโน และโปรตีนได้เป็นไกลซีนเอมีน (N-substituted glycosylamine) และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้สารสีน้ำตาล เรียกว่าปฏิกิริยามอลดาร์ด์ หรือ nonenzymatic browning

Phosphoenol pyruvic acid + D-erythrose-4-P

Shikimic acid pathway

phenylalanine

PAL

Cinnamic acid

p-coumaric acid + other phenols

PPO

O₂

quinone

Brown pigment

ภาพ 3 ขั้นตอนการสังเคราะห์สารประกอบฟีนอลและการเกิดสีน้ำตาล (จริงแท้, 2544)

หมายเหตุ

PAL = phenylalanine ammonialyase

PAO = Polyphenol oxidase

การเคลือบผิว

ผิวหรือเปลือกของผลไม้ทำหน้าที่ปกคลุมและป้องกันอันตรายให้กับส่วนที่อยู่ภายใน การเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปทางด้านชีวเคมีและกายภาพที่สำคัญหลายประการของผักและผลไม้สด หลังการเก็บเกี่ยวมักขึ้นอยู่กับสมบัติของผิวหรือเปลือกซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ที่เกิดขึ้น (สุรพงษ์, 2530) กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย

1. การแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างภายในผลิตผล หรือภายในผลิตผลกับก๊าซที่อยู่ภายนอก
2. การสูญเสียความชื้น หรือการสูญเสียน้ำหนักของผลิตผล
3. การถูกโรคเข้าทำลาย
4. การซึมผ่านของสารเคมีเข้าไปภายในผลิตผล
5. ความเสียหายอันเกิดมาจากทางกล
6. การที่ผลิตผลมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำ
7. การระเหยของสารมีกลิ่น
8. การเปลี่ยนแปลงด้านเนื้อสัมผัส (texture)

ผลไม้ในธรรมชาติมีสารประเภทแว็กซ์ (wax หรือ cutin) เคลือบอยู่บริเวณผิว เรียกว่า คิวติเคิล (cuticle) หรือนวลของผลไม้ปกคลุมเซลล์ผิว ชั้นของคิวติเคิลนี้มีบทบาทสำคัญในการลด การสูญเสียน้ำ และการแลกเปลี่ยนก๊าซบริเวณผิวของผลไม้ ชั้นของคิวติเคิลหรือนวลที่เคลือบผิว ผลไม้นี้จะหลุดไปเนื่องจากการเก็บเกี่ยว และการขนย้าย หรือการทำความสะอาด ทำให้เกิดความเสียหายแก่ผลไม้ทั้งในแง่ของความทนทานและความสวยงามของผิวของผลไม้ ทำให้ผลิตผลเสื่อม คุณภาพเร็วกว่าปกติ (สุรพงษ์, 2530 ; อรรถพ, 2532 ; คณัย, 2540) จึงได้มีการผลิตสารเคลือบผิว ขึ้นมาเพื่อเคลือบผิวผลไม้แทนไขธรรมชาติที่หลุดออกไป โดยเฉพาะสารเคลือบผิวที่สามารถ บริโภคได้ซึ่งเป็นที่สนใจกันมาก เนื่องจากค่านิยมของผู้บริโภคในปัจจุบันนิยมความเป็นอยู่ใกล้ชิด ธรรมชาติและตระหนักถึงสารพิษที่เป็นอันตรายทั้งกับสภาพแวดล้อมและสุขภาพ (จริงแท้, 2544)

สารเคลือบผิวที่ผลิตเป็นการค้าในปัจจุบันส่วนมากจะสกัดหรือผลิตมาจากพืชหรือสัตว์ เช่น canauba wax ได้จาก *Capernicin cerifera* cadelilla wax ได้จาก *Pedilanthus paronis* shellac ได้จาก lac ซึ่งเป็นสารที่ขับถ่ายมาจากครั่ง (laccifer) และ bee wax (มณฑาทิพย์, 2535 ; สายชล, 2536 ; คณัยและนิธิยา, 2543)

ชนิดของสารเคลือบผิวในกลุ่มที่บริโภคได้ (คณัยและนิริยา, 2548)

1. แป้ง อยู่ในรูปของอะไมเลส (amylase) และอะไมโลเพกทิน (amylopectin) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธัญพืช เช่น ข้าว และข้าวโพด จากรากและลำต้นใต้ดินของพืชบางชนิด เช่น มันฝรั่ง หัว ท้าวขาม่ม และมันสำปะหลัง เป็นต้น
2. น้ำมัน หมายรวมถึงน้ำมันทุกชนิดที่สกัดจากเมล็ดพืช เช่น ถั่วเหลือง ฝ้าย ปาล์ม งา ถั่วลิสง และทานตะวัน เป็นต้น
3. โปรตีน เช่น เจลาติน ซึ่งปกติสามารถละลายได้ในน้ำร้อน มีสภาพเป็นเจล
4. สารสกัดจากสาหร่ายทะเล เช่น วุ้น ซึ่งสามารถละลายได้ในน้ำร้อน เมื่อใช้เคลือบผิวผักและผลไม้จะมีลักษณะเป็นแผ่นใสหุ้มอยู่ด้านนอก
5. สารที่ได้จากกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ เช่น แขนแทนกัม ซึ่งละลายได้ในน้ำเย็น และมีลักษณะที่เหนียวมาก
6. โพลีแซคคาไรด์อื่นๆ ที่ได้จากพืช เช่น เซลลูโลส เพกทิน และยาง (gum)
7. สารสกัดจากสัตว์ เช่น ไคโตซาน

ไพฑูรย์ (2533) ใช้ sta-fresh 7055 ผสมในอัตราส่วน 1:5 1:7 และ 1:9 เคลือบทุเรียนและเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง สามารถการสูญเสียน้ำได้ประมาณ 25% และลดการแตกของผลได้ 50-85% รวมทั้งยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วัน คณัยและเสาวคนธ์ (2534) เคลือบผิวของผลทุเรียนด้วยสารอิมัลชันมีส่วนประกอบของน้ำมันปาล์มโอเลอินและน้ำ โดยใช้ไข่แดงเป็นสารอิมัลชัน พบว่าการใช้สารเคลือบผิวในอัตรา 1:4 ให้ผลในการชะลอการแตกของผลสาธิตดีกว่าชุดควบคุมที่ไม่ได้เคลือบผิว และชะลอการเปลี่ยนสีเปลือก รวมทั้งลดการสูญเสียน้ำหนักของผล แต่จะพบว่าการใช้สารอิมัลชันที่มีอัตราของน้ำมันปาล์มโอเลอินมากกว่า 1:4 จะช่วยชะลอการสุกของผลสาธิตได้ยาวนานขึ้น

สมคิด (2536) ใช้สารเคลือบผิวทั้งหมด 14 ชนิด เคลือบผลสับปะรด ได้แก่ acacia gum แป้งมันสำปะหลัง แป้งถั่วเขียว แป้งข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันปาล์ม และน้ำมันปาล์ม:น้ำมันถั่วเหลือง (1:1) หลังจากนั้นนำผลสับปะรดบรรจุในกล่องกระดาษลูกฟูกที่กรุด้วยพลาสติก polyethylene (PE) เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 26 °C พบว่าผลที่เคลือบผิวด้วยแป้งถั่วเขียวเก็บรักษาได้ 13.33 วัน โดยที่สีผิวของเปลือกยังคงอยู่ในสภาพดี เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่สามารถเก็บรักษาได้ 11.60 วัน ส่วนการสูญเสียน้ำหนักและความแน่นเนื้อของทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่พบว่ามีอาการเจริญของเชื้อราเกิดขึ้น ในวันที่ 7 ของทุกการทดลองรวมทั้งชุดควบคุม

Zambrano *et al.* (1995) รายงานการเคลือบผิวผลมะม่วง 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Palmer และ Keitt โดยเคลือบผิวด้วย pro-long และ primafresh เข้มข้น 1% แล้วนำผลมะม่วงบรรจุพลาสติก และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 85% ถึง 95% ทำการวิเคราะห์ผลในช่วงวันที่ 2-18 หลังเก็บเกี่ยว พบว่าสารเคลือบผิวทั้งสองให้ผลในการลดอัตราการสูญเสียน้ำหนักของผลมะม่วงไว้ดีกว่าซุกกอบกุ่มที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยสารทั้งสอง

Zhang and Quantick (1997) เคลือบผิวลิ้นจี่ด้วยสารละลายไคโตซานเข้มข้น 1.0 หรือ 2.0% หลังจากจุ่มในสาร thiabendazole (TBZ) และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) 90% สามารถชะลอการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของเปลือก ชะลอการสร้าง polyphenol oxidase (PPO) และ peroxidase (POD) และลดการสูญเสียน้ำหนักสดของผล

Nanda *et al.* (2001) ผลของการใช้ shrink film wrapping 2 ชนิด (BDF-2001 และ D-955) เพื่อรักษาคุณภาพของผลทับทิมพันธุ์ Ganesh และเคลือบผิวด้วย sucrose polyester (SPE) (semperfresh) แล้วเก็บผลไว้ที่อุณหภูมิ 8, 15 และ 25 °C พบว่าผลที่หุ้มด้วยฟิล์มสามารถเก็บได้นาน 12, 9 และ 4 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนผลที่เคลือบผิวด้วย semperfresh สามารถเก็บได้นาน 8, 6 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ อุณหภูมิที่เก็บรักษาผล ในแต่ละชุดที่ไม่ได้เคลือบและไม่ได้หุ้มฟิล์มสามารถเก็บผลได้ 7, 5 และ 1 สัปดาห์ และอุณหภูมิทั้ง 3 การเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลจะลดลงมากกว่าชุดที่ไม่ได้หุ้มฟิล์มที่เก็บไว้ที่ 8 °C โดยฟิล์มจะลดการหายใจของผลทับทิม

Yueming and Yuebiao (2001) ได้รายงานการเคลือบผิวผลลำไยด้วยสารไคโตซานที่ความเข้มข้น 2% และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 13 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 90% สามารถช่วยลดการหายใจและมีน้ำหนักลดลงน้อยกว่าชุดที่ไม่ได้เคลือบสารไคโตซาน ทั้งยังยืดอายุและรักษาคุณภาพของลำไยได้นานขึ้น

ดังนั้นการเคลือบผิวจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลผลิตได้ จัดเป็นการเก็บรักษาผลผลิตแบบตัดแปลงบรรยากาศ เพราะการเคลือบผิวจะเป็นการจำกัดการแลกเปลี่ยนก๊าซภายในผลิตผลทำให้ปริมาณก๊าซ CO₂ ซึ่งเกิดจากการหายใจมีมาก และไปยับยั้งการทำงานของเอทรีลิน (Hulme, 1971)

การตัดแปลงบรรยากาศสามารถลดความเสียหายทั้งปริมาณและคุณภาพของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวได้ โดยชะลอการสุก การเสื่อมสภาพ การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมี ทำให้การหายใจและการสังเคราะห์เอทรีลินช้าลง ที่ระดับ CO₂ สูง 1 เปอร์เซ็นต์ จะลดความไวในการสังเคราะห์เอทรีลิน ลดความผิดปกติทางสรีรวิทยา ความคุม โรคและแมลงในผลไม้บางชนิด แต่การตัดแปลงสภาพบรรยากาศที่ไม่เหมาะสมอาจเป็นผลเสียแก่ผลผลิตได้ เช่น ทำให้เกิดอาการไส้สีน้ำตาลในผลสาลีและแอปเปิล เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและรสชาติของกล้วยและมะเขือเทศ อันเนื่องมาจาก

สภาพ CO₂ สูงเกินไปจะเกิดผลของการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic respiration) ข้อดีของการเคลือบผิวคือ สามารถผสมสารอื่นที่ส่งผลดีกับผลิตผลไปกับสารเคลือบผิวได้ เช่น สารป้องกันเชื้อรา สี และจะได้ผลดียิ่งขึ้นหากใช้ร่วมกับสภาพที่อุณหภูมิต่ำ (Kader *et al.*, 1985)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved