บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ลำไยจัดอยู่ในตระกูล Sapindaceae; longan family; soapberry family (เกศิณี, 2546) ซึ่งมีพืชที่จัดอยู่ในตระกูลนี้ 130 สกุล (genus) ประมาณ 1,100 ชนิด (species) (นิพัฒน์, 2542) มีชื่อสามัญว่า longan, lungan, dragon's eye หรือ eyeball (วิรัตน์, 2543)

ลำไยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ชนิด (species) ขึ้นอยู่กับลักษณะของลำต้น ผล เมล็ด และการใช้ประโยชน์คือ 1) ลำไยต้น *Euphoria longana* Lam.; *Euphoria longan* Steud. (เกศิณี, 2546); *Euphoria longana* Lour. (Subhadrabundhu, 1990); *Euphoria longana* Lamk, Cambess. (นิพัฒน์, 2542) หรือ *Dimorcarpus longan* Lour. (วิจิตร, 2526) หรือ *Nephelium longana* (นิพัฒน์, 2542); *Nephelium longana* Camb. (พาวิน, 2543); *Nephelium longana* Cambress. (เกศิณี, 2546) ซึ่งเป็นลำไยที่ปลูกและพบเห็นกันได้ทั่วไป อีกชนิดหนึ่งคือ 2) ลำไยเครือหรือลำไยเถา *Euphoria scandens* Winit. Kerr. (Subhadrabundhu, 1990) หรือ *Dimorcarpus longan* var. obtusus ซึ่งใช้ปลูกเป็นไม้ประดับโดยตัดเป็นพุ่มเตี้ยหรือปลูกเป็นไม้กันลม (พาวิน, 2543)

ถิ่นกำเนิดและการแพร่กระจาย

ลำไยจัดเป็นไม้ผลเขตร้อน (นิพัฒน์, 2542) และกึ่งร้อน มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศจีนตอนใต้ (พิชัย, 2532; จริงแท้, 2544) มีการปลูกมานานหลายพันปี ปลูกกันมากในมณฑลฟูเกียน (Fukien) กวางตุ้ง (Guang Dong) กวางสี (Guangxi) ไต้หวัน (Taiwan) และเสฉวน (Szechuan) จากนั้นจึงแพร่เข้าไปสู่อินเดีย ลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวาย และฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินเดียตะวันตก และเกาะมาดากัสกา สำหรับประเทศไทยสันนิษฐานว่ามีการนำเข้าจากประเทศจีนตอนใต้ในปี พ.ศ. 2439 โดยชาวจีนผู้หนึ่งนำกิ่งตอนลำไย 5 กิ่งจากประเทศจีนมาถวายเจ้าดารารัศมี พระชายาในพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 โดยแบ่งปลูกในกรุงเทพฯ 2 กิ่ง ส่วนอีก 3 กิ่งได้มอบให้น้องชายนำมาปลูกที่เชียงใหม่ ต่อมาได้แพร่พันธุ์กระจายทั่วไปโดยการเพาะเมล็ด จึงทำให้เกิดการกลายพันธุ์ขึ้น (พาวิน, 2543)

แหล่งผลิตหลักของโลกได้แก่ ทางภาคเหนือของประเทศไทย ตอนใต้ของประเทศจีน และไต้หวัน ส่วนแหล่งผลิตรองลงมาได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย พม่า ลาว ฮ่องกง อินโดนีเซีย เวียดนาม และสหรัฐอเมริกา (พาวิน, 2543) แหล่งปลูกที่สำคัญที่สุดของไทยอยู่ในเขตภาคเหนือตอนบน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยเฉพาะจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ (สำนักงานเกษตรภาคเหนือ และสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2534) ซึ่งจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน มีพื้นที่ปลูกลำไยรวมกันประมาณ 409,146 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 60.96 ของพื้นที่ปลูกลำไยทั่วประเทศ โดยจังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ปลูกลำไย 189,429 ไร่ และจังหวัดลำพูน มีพื้นที่ปลูกลำไย 219,717 ไร่ (สำนักงานเกษตรภาคเหนือและสำนักงานกระทรวงปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2544) นอกจากนี้ยังมีเชียงราย ลำปาง แพร่ น่าน และพะเยา ภาคตะวันออก เช่น อำเภอสอยดาว และอำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี ภาคกลาง เช่น จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ปัจจุบันลำไยได้แพร่กระจายไปจังหวัดต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดเลย หนองคาย นครพนม และภาคใต้ เช่น จังหวัดพัทลุง สงขลา และนครศรีธรรมราช (พาวิน, 2543)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

จำนวนโครโมโซม จำนวนโครโมโซมของลำไย 2n = 30 (พาวิน, 2543)

ลำต้น เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ไม่ผลัดใบ แผ่กิ่งก้านสาขากว้าง ทรงพุ่มแน่น (เกศิณี, 2546) ต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดจะมีลำต้นตรง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูง 12-15 เมตร และถ้าหากเป็นต้นที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่งมักแตกกิ่งก้านสาขาดี เนื้อไม้เปราะทำให้กิ่งหักง่ายกว่าต้นลิ้นจี่ เปลือกลำต้นขรุขระมีสีน้ำตาลหรือสีเทา (พาวิน, 2543)

ใบ เป็นใบประกอบแบบขนนกที่ประกอบด้วยใบย่อยอยู่บนก้านใบร่วมกัน(pinnately compound leaves) (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542; พาวิน, 2543) ใบประกอบมีขนาดเล็กมากถึงใหญ่มาก ยาว 18.0 - 49.0 เซนติเมตร กว้าง 12.5 - 36.0 เซนติเมตร (เกศิณี, 2546) มีปลายใบเป็นคู่ มีใบย่อย 3 - 5 คู่ ความยาวใบ 20 - 30 เซนติเมตรใบย่อยเรียงตัวสลับหรือเกือบตรงข้าม ความกว้างของใบย่อย 3 - 6 เซนติเมตร ยาว 7 - 15 เซนติเมตร (พงษ์ศักดิ์และคณะ, 2542; พาวิน, 2543) ก้านใบด้านบนสีเขียวม่วงหรือน้ำตาล อาจปนด้วยสีเทาหรือแดง ก้านใบด้านล่างสีเขียว น้ำตาล หรืออาจปนด้วยสีเทาหรือม่วง มีลักษณะอ่อนถึงแข็ง หนา 1.7 - 3.9 มิลลิเมตร (เกศิณี, 2546) รูปร่างใบเป็นรูปรีหรือรูปหอก ส่วนปลายใบและฐานใบค่อนข้างป้าน ใบด้านบนมีสีเขียวเข้มกว่าด้านล่าง ผิวด้านบนเรียบ ส่วนผิวด้านล่างสากเล็กน้อย ขอบใบเรียบไม่มีหยัก ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย และเส้นใบแตกออกจากเส้นกลางใบชัดเจน และมีจำนวนมาก (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542; พาวิน, 2543) เส้นกลางใบสีเหลืองปนเขียวหรือม่วง เส้นใบสีเหลืองปนเขียวหรือเขียวซีด ใบย่อยสีเขียวซีด เขียว เขียวเข้ม เขียวคล้ำหรือเขียวปนเหลือง ปลายใบเรียวแหลม แหลมถึงมน ปลายใบอาจบิด ผิวใบเรียบถึงย่น แผ่นใบบางถึงหนามาก ความหนา 0.2 - 0.4 มิลลิเมตร (เกศิณี, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอก ออกเป็นช่อโดยมากออกตามปลายกิ่งทางด้านนอกของทรงพุ่ม ซึ่งเกิดเป็นช่อที่ซอกใบ ช่อดอกมีขนาดใหญ่ รูปทรงกรวย ก้านของช่อดอกอวบแข็งแรง เหยียดตรง แตกสาขาออกไปโดยรอบ ก้านที่แตกออกเหล่านี้เป็นที่เกิดของดอกเล็กๆ มากมาย มีสีขาวนวล สีครีม ครีมปนขาว ครีมปนเหลือง ครีมปนเขียว หรือครีมปนแดง ช่อดอกมีขนาดเล็กถึงใหญ่มาก ยาว 12.0 - 50.0 เซนติเมตร กว้าง 8.0 - 44.0 เซนติเมตร (เกศิณี, 2546) ช่อดอกขนาดกลางมีดอกย่อยประมาณ 3,000 ดอก ช่อดอกหนึ่งๆ อาจมีดอก 3 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ (staminate flower) ดอกตัวเมีย (pistillate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ลักษณะที่คล้ายคลึงของดอกทั้ง 3 ชนิด คือ กลีบเลี้ยงหนาแข็ง 5 กลีบ สีเขียวปนน้ำตาล กลีบดอกบาง 5 กลีบ สีครีม (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542)

ช่อดอกและดอก ช่อดอกลำไยเป็นแบบ compound dichasis ซึ่งมีการแตกก้านดอกออกเป็นแขนงจากก้านที่แตก และแต่ละก้านแขนงนั้นก็จะแตกแขนงอีกครั้ง ช่อดอกเกิดจากตาดอกที่บริเวณปลายกิ่ง แต่บางครั้งก็อาจเจริญจากตาข้างของกิ่งได้ ความยาวช่อดอกประมาณ 20 - 50 เซนติเมตร การเรียงตัวของช่อดอกเป็นแบบ panicle และ thryse

ดอกของลำไยมีสีขาวนวลแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ดอกตัวผู้ (staminate flower) ดอกตัวเมีย (pistillate flower) และดอกสมบูรณ์เพศ (hermaphrodite flower) ซึ่งดอกทั้ง 3 ชนิดนี้อยู่ในช่อเดียวกัน (polygamo monoecious) ในแต่ละช่อดอกมีดอกอยู่จำนวนมาก โดยดอกตัวผู้มีมากกว่าดอกตัวเมียหลายเท่าตัว ส่วนดอกสมบูรณ์เพศนั้นพบค่อนข้างน้อย ดอกลำไยมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ประมาณ 6 - 8 มิลลิเมตร มีกลีบดอก (petal) สีขาวหม่นจำนวน 5 กลีบ กลีบดอกเหล่านี้บางเรียบเล็กและเรียงตัวเยื้องกัน กลีบรองดอก (sepal) จำนวน 5 กลีบ มีสีเขียวปนน้ำตาล หนา และมีขนาดใหญ่กว่ากลีบดอกประมาณ 3 - 5 เท่า

ดอกตัวผู้ มีเกสรตัวผู้จำนวน 6 - 8 อับ และเรียงตัวเป็นชั้นเดียวบนจานของดอก เกสรตัวผู้แบ่งออกเป็น 2 พู (lobes) และแตกตามยาวเมื่อดอกบานเต็มที่ โดยอับเกสรของดอกตัวผู้จะปลดปล่อยละอองเกสรที่สามารถงอกได้ (viable pollen) เกสรตัวผู้มีสีน้ำตาลอ่อน และมีลักษณะอุ้มน้ำ

ดอกตัวเมีย มีเกสรตัวเมียที่ประกอบด้วยรังไข่ ซึ่งมีขนปกคลุมจำนวน 2 พู (bicarpellate) ตั้งอยู่ตรงกลางจานของดอก (disc) ในแต่ละพูจะมีเพียง 1 ช่อง (locule) ที่สามารถพัฒนาไปเป็นผลลำไย ส่วนอีกพูจะค่อยๆ แห้งฝ่อและร่วงหล่นไป แต่บางครั้งก็อาจเจริญไปเป็นผลลำไยแฝดได้ทั้ง 2 พู ปลายยอดเกสรตัวเมีย (stigma) แยกเป็น 2 แฉกเห็นได้ชัดเมื่อดอกบานเต็มที่ ในดอกตัวเมียก็มีเกสรตัวผู้ (stamen) ซึ่งมีก้านเกสรตัวผู้สั้น จำนวน 6 - 8 อัน ติดอยู่บนจานของดอกใต้รังไข่ด้วย แต่เกสรตัวผู้เหล่านี้เป็นหมัน (sterile anther) และค่อยๆ แห้งไปหลังจากดอกบาน

ดอกสมบูรณ์เพศของดอกลำไยมีลักษณะและส่วนประกอบเช่นเดียวกับดอกตัวเมีย เพียงแต่ดอกสมบูรณ์เพศมีอับเกสรที่ให้ละอองเกสรที่สามารถงอกได้ เช่นเดียวกับละอองเกสรของดอกตัวผู้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียของลำไยบานไล่เลี่ยกัน และจะบานเป็นรุ่นๆ กล่าวคือทยอยบานจากดอกตรงปลายช่อก่อน ช่วงระยะเวลาบานของดอกใช้เวลาประมาณ 1 เดือนถึง 1 เดือนครึ่ง การผสมเกสรตามธรรมชาติอาจเกิดจากการผสมภายในต้นเดียวกัน หรือผสมข้ามต้น โดยอาศัยผึ้งเป็นหลัก (พาวิน, 2543)

ผล ทรงกลมหรือเบี้ยว เปลือก (pericarp) เจริญมาจากผนังรังไข่ (ovary wall) สีน้ำตาลปนเหลืองหรือปนเขียว สีเหลืองหรือสีน้ำตาลอมแดง ผิวเปลือกเรียบหรือเกือบเรียบ มีตุ่มแบนๆ ปกคลุมที่ผิวเปลือกด้านนอกเนื้อผล (aril) เกิดจากส่วนที่เจริญขึ้นมาจากก้านไข่อ่อน (funiculus) อยู่ระหว่างเปลือกกับเมล็ด (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542) และผิวหุ้มเนื้อผลส่วนนอกเจริญมาจาก outer integument ซึ่งเนื้อเยื่อส่วนนี้เป็นเนื้อเยื่อฟองน้ำ (พาวิน, 2543) ช่อผลมีขนาดเล็กถึงใหญ่ ยาว 10.5 - 44.0 เซนติเมตร (เกศิณี, 2546)

เกศิณี (2546) กล่าวถึงผลลำไยไว้อย่างละเอียดว่า มีลักษณะทรงกลม ทรงแป้น รูปไข่ รูปรีอาจได้สมมาตรหรือเบี้ยวเล็กน้อย หรือเบี้ยวมาก ผลขนาดเล็กมากถึงใหญ่มาก ยาว12.2 - 30.8 มิลลิเมตร กว้าง 12.5 - 33.5 มิลลิเมตร หนา 11.8 - 29.4 มิลลิเมตร ปริมาตร 0.8 - 14.8 มิลลิลิตร หนัก 0.94 - 17.20 กรัม ผิวเปลือกสีน้ำตาล น้ำตาลปนเหลือง น้ำตาลปน เขียว น้ำตาลปนแดง หรือน้ำตาลปนเทา กระละเอียดถึงหยาบ สีน้ำตาล น้ำตาลคล้ำ น้ำตาลปนเขียวหรือน้ำตาลปนแดง ผิวเรียบถึงขรุขระ เปลือกเหนียวถึงแข็ง บางมากถึงหนามาก หนา 0.4 - 1.2 มิลลิเมตร ปริมาตร 0.20 - 4.60 มิลลิลิตร หนัก 0.26 - 3.12 กรัม เนื้อสีขาวใสถึงขาวขุ่น ขาวปนสีครีม ขาวปนเหลือง ขาวปนชมพู หรือเหลืองทอง เนื้อเหนียว กรอบ หรือนุ่ม บางมากถึงหนามาก ความหนา 2.2 - 6.9 มิลลิเมตร ปริมาตร 0.5 - 12.0 มิลลิลิตร หนัก 0.35 - 11.97 กรัม รสชาติไม่ดีถึงดีเยี่ยม ความชื้น 31.37 - 89.90 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 14.20 - 25.20 เปอร์เซ็นต์บริกซ์

เมล็ด มีลักษณะกลมจนถึงแบน เมื่อยังไม่แก่มีสีขาวแล้วค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีดำมัน มีจุกซึ่งเป็นส่วนของเมล็ดที่ติดกับขั้วผล (placenta) เป็นเนื้อเยื่อสีขาวๆ บนเมล็ดขนาดเล็กใหญ่ต่างกันไปตามพันธุ์ เมื่อผลแก่จัดถ้ายังไม่เก็บเกี่ยวจุกจะใหญ่ขึ้น เนื่องจากจุกดูดอาหารไปเลี้ยงเมล็ด ทำให้เนื้อผลมีรสชาติจืดลง (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2542) เมล็ดมีขนาดเล็กมากถึงใหญ่มาก ยาว 5.8 - 15.5 มิลลิเมตร กว้าง 5.4 - 17.7 มิลลิเมตร หนา 4.9 - 17.7 มิลลิเมตร ปริมาตร 0.08 - 4.66 มิลลิลิตร หนัก 0.09 - 2.31 กรัม จุกขนาดเล็กมากถึงใหญ่มาก ปริมาตร 0.01 - 0.05 มิลลิลิตร หนัก 0.01 - 0.37 กรัม (เกศิณี, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทั่วไป

ลำไยเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีหน้าดินลึก มีอินทรียวัตถุมาก ระบายน้ำได้ดีโดยธรรมชาติ ของลำไยจะให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอทุกปี ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่เหมาะสม (สำนักงานเกษตรภาคเหนือและสำนักงานกระทรวงปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2544) ดังนี้

1. สภาพความอุดมสมบูรณ์ของต้นลำไย โดยสังเกตจากความอุดมสมบูรณ์ของใบ มีสีเขียวเข้มและมัน ทั้งนี้ในระยะก่อนการแทงช่อดอก ลำไยต้องมีการแตกช่อใบอย่างต่อเนื่อง 3 ครั้งขึ้นไป

2. อุณหภูมิที่เหมาะสม ลำไยเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิ 20 - 25 องศาเซลเซียส และต้องการอุณหภูมิ 10 - 12 องศาเซลเซียส ระยะเวลาต่อเนื่อง 10 - 15 วัน เพื่อกระตุ้นการออกดอก

3. ความชื้นหรือปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสม ลำไยต้องการปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี 1,200 - 1,400 มิลลิเมตร และมีการกระจายตัวของน้ำฝน 100 - 150 วัน/ปี ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมที่สุดของลำไยคือ ความชื้นในระยะก่อนการออกดอกควรต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นในระยะติดผลจะอยู่ในช่วง 80 - 100 เปอร์เซ็นต์ (คีรี, 2540)

นอกจากนี้ลำไยยังสามารถขึ้นได้ดีในดินแทบทุกชนิดแม้กระทั่งดินลูกรัง แต่ดินที่ลำไยชอบมากคือ ดินร่วนปนทรายและดินตะกอน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่พอเหมาะต่อการปลูกลำไยอยู่ระหว่าง 5.0 - 7.0 สำหรับความสูงของพื้นที่ ลำไยปลูกได้ดีในที่ราบลุ่มจนถึงพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร (พาวิน, 2543)

พันธุ์ลำไย

พันธุ์ลำไยที่พบในปัจจุบันอาจแบ่งได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะของผลเนื้อ เมล็ด และรสชาติ (พาวิน, 2543; พาวิน และวินัย, 2543) คือ

1. ลำไยเครือหรือลำไยเถา ลำไยชนิดนี้มีลำต้นกึ่งเลื้อยคล้ายเถาวัลย์ ทรงพุ่มต้นคล้ายต้นเฟื่องฟ้า ลำต้นไม่มีแก่น ใบขนาดเล็กและสั้น ผลเล็ก ผิวผลสีชมพูปนน้ำตาล เมล็ดใหญ่ เนื้อผลบางมีกลิ่นคล้ายกำมะถัน ปลูกไว้สำหรับเป็นไม้ประดับมากกว่าที่จะใช้รับประทานผล

2. ลำไยต้น ลำไยต้นแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.1 ลำไยพื้นเมืองหรือลำไยกระดูก ออกดอกประมาณเดือนธันวาคมถึงต้นเดือนมกราคม และเก็บเกี่ยวผลได้ประมาณกลางเดือนกรกฎาคมถึงต้นเดือนสิงหาคม ให้ผลดก ผลมีขนาดเล็ก ขนาดของผลเฉลี่ยกว้าง 1.8 เซนติเมตร ยาว 1.7 เซนติเมตร รูปร่างของผลค่อนข้างกลม ผิวมีสีน้ำตาล เปลือกหนา เนื้อบางสีขาวใส ปริมาณน้ำตาล 19 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดใหญ่ เปลือกลำต้นขรุขระมาก ต้นตั้งตรงสูง 20 - 30 เมตร ใบขนาดเล็กกว่าลำไยกะโหลก มักพบตามป่าของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย มีอายุยืนมาก ปัจจุบันไม่นิยมปลูกเนื่องจากผลมีขนาดเล็ก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 ลำไยกะโหลก เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก เพราะผลใหญ่เนื้อหนาและมีรสหวาน ปริมาณน้ำตาล 16 - 24 เปอร์เซ็นต์ มีอยู่ด้วยกันหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีคุณลักษณะพิเศษแตกต่างกัน พันธุ์ลำไยกะโหลกที่ปลูกในประเทศไทย ได้แก่ 1) พันธุ์ดอหรืออีดอ 2) พันธุ์ชมพูหรือสีชมพู 3) พันธุ์แห้วหรืออีแห้ว 4) พันธุ์เบี้ยวเขียวหรืออีเบี้ยวเขียว 5) พันธุ์ใบดำหรืออีดำหรือกะโหลกใบดำ 6) พันธุ์แดงหรืออีแดงกลม 7) พันธุ์อีเหลืองหรือเหลือง 8) พันธุ์พวงทอง 9) พันธุ์เพชรสาครทวาย 10) พันธุ์ปุ่มาตีนโค้ง และ 11) พันธุ์ตลับนาก

นอกจากนี้ยังมีลำไยอีกหลายพันธุ์ที่สำรวจพบ แต่ยังไม่ได้ปลูกแพร่หลายได้แก่ พันธุ์ใบหยก อีสร้อย คอหลวง และคอยี่แก้ว เป็นต้น

สำหรับพันธุ์ลำไยที่มีการส่งเสริมให้มีการปลูกกันมากในปัจจุบันมีอยู่ 4 พันธุ์คือ พันธุ์อีดอ แห้ว สีชมพู และเบี้ยวเขียว

ลำไยพันธุ์ดอหรืออีดอ

ลำไยพันธุ์ดอหรืออีดอ เป็นพันธุ์เบา คืออออกดอกเก็บผลก่อนพันธุ์อื่น (พาวิน และวินัย, 2543) ออกดอกในเดือนธันวาคม ผลแก่ปลายเดือนมิถุนายนถึงต้นเดือนกรกฎาคม ต้นอายุ 13 - 15 ปี ให้ผลผลิต 750 - 800 กิโลกรัมต่อไร่ (เกศิณี, 2546)

เป็นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ให้ผลสม่ำเสมอ ออกผลทุกปี ผลผลิตดีพอสมควร เป็นพันธุ์ที่มีขนาดผลค่อนข้างใหญ่ รูปทรงผลกลม ด้านขั้วผลปุ่ม เปลือกสีน้ำตาล ผิวเป็นกระหรือตาต่างๆ กระนี้มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อมีสีขาวขุ่นค่อนข้างเหนียว มีกลิ่นคาวเล็กน้อย รสหวาน แต่ถ้าเก็บไว้นานจะมีรสจืดลง เนื้อไม่ค่อยกรอบ เมล็ดมีสีน้ำตาลแก่ โตพอประมาณ ค่อนข้างแบน จุกไม่ใหญ่นัก ถ้าปล่อยให้แก่จัดจุกจะขยายใหญ่และแข็ง หรือที่เรียกว่าขึ้นหัว (ดีรี, 2540)

พันธุ์ดอแบ่งตามสีของยอดอ่อน ได้ 2 ชนิด คือ

1. อีดอยอดแดง เจริญเติบโตเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับอีดอยอดเขียว (พาวิน และวินัย, 2543) ลำต้นแข็งแรงไม่ฉีกหักง่าย เปลือกลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบอ่อนมีสีแดง แต่เมื่อแก่จะมีสีเขียวเข้ม ปลายใบค่อนข้างแหลม ขอบใบเป็นคลื่นและห่อลงเล็กน้อย ผลกลม เปลือกสีน้ำตาลแก่ เนื้อสีวุ้นค่อนข้างเหนียว รสหวานปานกลาง เมล็ดค่อนข้างโต (นิพัฒน์, 2542) ปัจจุบันอีดอยอดแดงไม่นิยมปลูก เนื่องจากออกดอกติดผลไม่ดี และเมื่อผลเริ่มสุกถ้าเก็บไม่ทันผลจะร่วงเสียหายมาก (พาวิน และวินัย, 2543)

2. อีดอยอดเขียว มีลักษณะต้นคล้ายอีดอยอดแดง แต่ใบอ่อนเป็นสีเขียวอ่อน ใบมีขนาดเล็กกว่าอีดอยอดแดงเล็กน้อย ปลายใบค่อนข้างแหลม ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ผลมีขนาดปานกลาง เปลือกผลมีสีเขียวปนน้ำตาล เนื้อเป็นสีวุ้นค่อนข้างเหนียว รสหวานปานกลาง (นิพัฒน์, 2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกดอกติดผลง่ายแต่อาจไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ลำไยพันธุ์อีดอยังแบ่งตามลักษณะของก้านช่อผลได้ 2 ชนิด คือ *อีดอก้านอ่อน* เปลือกของผลจะบาง และ*อีดอก้านแข็ง* เปลือกของผลจะหนา ผลขนาดค่อนข้างใหญ่ ขนาดผลเฉลี่ย กว้าง 2.7 เซนติเมตร หนา 2.4 เซนติเมตร ยาว 2.5 เซนติเมตร ทรงผลกลมแป้น เบี้ยวยกบ่าข้างเดียว ผิวสีน้ำตาลเข้ม เนื้อค่อนข้างเหนียว สีขาวขุ่น ปริมาณน้ำตาล 20 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดขนาดใหญ่ปานกลาง รูปร่างแบนเล็กน้อย (พาวิน และวินัย, 2543)

ลักษณะที่ดีของลำไยพันธุ์ดอ

เกศิณี (2546) กล่าวถึงลักษณะที่ดีของลำไยพันธุ์ดอ ดังนี้

1. ให้ผลผลิตมาก เพราะเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกมากกว่า 90% ของลำไยที่เพาะปลูกทั้งหมด
2. ผลแก่และเก็บเกี่ยวต้นถึงกลางฤดูทำให้ขายได้ราคาแพง
3. ผลสดมีขนาดและคุณภาพเนื้อเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค
4. ผลสำหรับอบแห้ง เนื้อมีน้ำไม่มาก ทำให้ได้น้ำหนักดี เนื้อหนา และอบแล้วมีสีเหลืองทองเป็นที่นิยมของตลาด

นอกจากนี้ยังเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตดี โดยเฉพาะในดินอุดมสมบูรณ์ และมีน้ำเพียงพอทนแล้งและทนน้ำท่วมขังได้ดีปานกลาง (พาวิน และวินัย, 2543)

ความสำคัญของลำไย

1. ความสำคัญทางเศรษฐกิจ ลำไยจัดเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอันดับหนึ่งของภาคเหนือ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ผลผลิตของลำไยสามารถส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศทั้งผลสด อบแห้ง แช่แข็ง และลำไยกระป๋อง ทำรายได้ให้กับประเทศปีละหลายพันล้านบาท (ตารางที่ 1 - 2) โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำไยอบแห้ง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์และกระทรวงพาณิชย์ได้จัดให้ลำไยเป็นผลไม้ยอดเยี่ยม (product champion) (พาวิน, 2543)

โดยปกติผลผลิตลำไยที่ได้ใช้บริโภคภายในประเทศคิดเป็นร้อยละ 20 ส่งออกเป็นลำไยสดและแช่แข็งคิดเป็นร้อยละ 30 แปรรูปเป็นลำไยอบแห้งคิดเป็นร้อยละ 35 และลำไยกระป๋องคิดเป็นร้อยละ 15 โดยภาพรวมแล้ว มูลค่าการส่งออกในแต่ละผลิตภัณฑ์ของลำไยคือ ลำไยสด ลำไยแช่แข็ง ลำไยอบแห้ง และลำไยกระป๋อง มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตลอดมาทุกปี ซึ่งตลาดส่งออกที่สำคัญในแต่ละผลิตภัณฑ์ (จำเนียร, 2543) มีดังนี้

1) ลำไยสด มีตลาดหลักที่สำคัญ คือ ฮ่องกง รองลงมาได้แก่ มาเลเซีย อินโดนีเซีย แคนาดา สิงคโปร์ และจีน ตามลำดับ โดยการนำเข้าลำไยสดของฮ่องกงเป็นการส่งออกต่อไปยังจีน ส่วนสวิตเซอร์แลนด์ ฟิลิปปินส์ อินเดีย และบรูไน มีการนำเข้าลำไยสดเพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2) ลำไยแช่แข็ง มีตลาดหลักที่สำคัญ คือ สหรัฐอเมริกา รองลงมาได้แก่ ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น และฮ่องกง ตามลำดับ แต่การส่งออกลำไยแช่แข็งยังถือว่ามีปริมาณการส่งออกน้อย เมื่อเทียบกับปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์ลำไยประเภทอื่นๆ

3) ลำไยอบแห้ง มีตลาดหลักที่สำคัญ คือ ฮ่องกงและจีน รองลงมาได้แก่ สิงคโปร์ เกาหลีใต้ สวิตเซอร์แลนด์ และมาเลเซีย ตามลำดับ ส่วนสหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส และแคนาดา มีปริมาณการนำเข้าลำไยอบแห้งเพียงเล็กน้อย

4) ลำไยกระป๋อง มีตลาดหลักที่สำคัญ คือ มาเลเซียและสิงคโปร์ รองลงมาได้แก่ ฮ่องกง สหรัฐอเมริกา และอินโดนีเซีย ตามลำดับ ส่วนฝรั่งเศส จีน กัมพูชา ออสเตรเลีย เวียดนาม และญี่ปุ่น มีปริมาณการนำเข้าลำไยกระป๋องเพียงเล็กน้อย

2. ให้คุณค่าด้านโภชนาการ ลำไยจัดว่าเป็นผลไม้ที่ให้พลังงานแก่ผู้บริโภคสูง เนื่องจากเนื้อลำไยมีน้ำตาลอยู่ 3 ชนิด คือ กลูโคส ฟรุกโตส และซูโครส เนื้อผลลำไยสดและแห้งให้คุณค่าทางอาหารต่างๆ รวมทั้งแร่ธาตุที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (พิชัย, 2532) ดังแสดงในตารางที่ 3 และ 4

3. คุณค่าทางการแพทย์ ในทางการแพทย์แผนโบราณจีนใช้ลำไยแห้งเป็นยา มีคุณสมบัติบำรุงหัวใจ บำรุงเลือด บำรุงประสาท ช่วยย่อย และเป็นอาหารบำรุงกำลัง จึงเหมาะที่จะใช้กับผู้ที่ร่างกายอ่อนแอ โดยเฉพาะหลังฟื้นจากโรคหรือหลังคลอดบุตร เพราะมีคุณสมบัติบำรุงเลือดและบำรุงกำลังที่ดีมาก นอกจากนี้ยังเป็นยาบำรุงประสาท บรรเทาอาการหลงลืม กระสับกระส่าย เหงื่อออกมาก (วีรชัย, 2538)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 รายงานภาวะผลผลิตลำไย (ตัน) ประจำเดือน สิงหาคม 2549

รายการ	ปี 2547	ปี 2548	ปี 2549(คาดการณ์)	การเปลี่ยนแปลง (%)
ผลผลิตไทย	597,300	712,200	465,800	- 34.60
บริโภคสด	100,000	143,700	150,000	+ 9.49
แปรรูป				
- ลำไยกระป๋อง	18,900	21,200	20,000	- 5.66
- ลำไยอบแห้ง*	275,100	412,900	145,800	- 64.69
ส่งออก				
- ลำไยสด	116,200	134,400	150,000	-
- ลำไยกระป๋อง	11,323	21,200	-	-
- ลำไยอบแห้ง	71,562	94,700	-	-

* ปี2548 เป็นการแปรรูปลำไยอบแห้งทั้งผลและเนื้อสีทอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2 ราคาผลผลิตลำไยที่ออกสู่ตลาดในช่วงเดือน กรกฎาคม-สิงหาคม (บาท/กก.)

รายการ	ปี 2549			ปี 2548			การเปลี่ยนแปลง (%)		
	ก.ค.	ส.ค.	ม.ค. - ส.ค.	ก.ค.	ส.ค.	ม.ค. - ส.ค.	ก.ค.	ส.ค.	ม.ค. - ก.ค.
ราคาที่เกษตรกรขายได้									
- ลำไยสดเกรด AA	23.30	19.20	39.28	20.84	19.20	27.66	+ 11.80	0.00	+ 42.01
- ลำไยอบแห้งเกรด AA	-	-	-	47.97	15.80	46.08	-	-	-

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน (2549)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 คุณค่าทางอาหารของลำไย (พาวิน, 2543)

ส่วนประกอบ	เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	81.10	17.80
ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	0.11	0.40
เส้นใย (เปอร์เซ็นต์)	0.28	1.60
โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	0.97	4.60
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	0.56	2.86
คาร์โบไฮเดรต (เปอร์เซ็นต์)	16.98	72.70
ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี่/100กรัม)	72.79	311.80
แคลเซียม (มิลลิกรัม/100กรัม)	5.70	27.70
เหล็ก (มิลลิกรัม/100กรัม)	0.35	2.39
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/100กรัม)	35.30	159.50
วิตามินซี (มิลลิกรัม/100กรัม)	69.20	137.80
โซเดียม (มิลลิกรัม/100กรัม)	-	4.50
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/100กรัม)	-	2,012.00
ไนอาซีน (มิลลิกรัม/100กรัม)	-	3.03
วิตามินบี (มิลลิกรัม/100กรัม)	-	0.375

หมายเหตุ : - หมายถึงยังไม่มีรายงาน

ที่มา : กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 ส่วนประกอบของเนื้อลำไยสดและแห้ง (Morton, 1987)

ส่วนประกอบ (ต่อ 100 กรัม)	เนื้อลำไยสด	เนื้อลำไยแห้ง
ความชื้น	82.40	17.60
ไขมัน	0.10	0.40
เส้นใย	0.40	2.00
โปรตีน	1.00	4.90
เถ้า	0.70	3.10
คาร์โบไฮเดรต	15.80	74.00
ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี่)	61.00	186.00
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	10.00	45.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	1.20	5.40
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	42.00	196.00
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	6.00	28.00
ไธอะมีน (มิลลิกรัม)	-	0.04

หมายเหตุ : - หมายถึงยังไม่มีรายงาน

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

ลำไยเป็นผลไม้ non - climacteric การเก็บเกี่ยวจึงกระทำเมื่อผลลำไยมีคุณภาพเหมาะแก่การบริโภค (Paull and Chen, 1987) หลังจากการเก็บเกี่ยวแล้วลำไยที่มีคุณภาพจะขายได้ราคาดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับการจัดการต่างๆ หลังการเก็บเกี่ยว เช่น การคัดเกรด การบรรจุหีบห่อ และการลดอุณหภูมิการเก็บรักษา ภายใต้สภาพที่มีความชื้นต่ำเปลือกผลลำไยจะมีการสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เปลือกแห้งและมีสีน้ำตาล (Jiang *et al.*, 2002) และเนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงมาก ทำให้ผลลำไยสดมีอายุการเก็บรักษาสั้นเพียง 2 - 3 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (ธีรนุช, 2543) นอกจากนี้ปริมาณน้ำตาลดังกล่าวเป็นอาหารให้เชื้อโรคต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ทำให้ต้องมีการจัดการเพื่อป้องกันโรคเข้าทำลายหลังการเก็บเกี่ยวด้วย ปัจจุบันวิธีป้องกันโรคที่นิยมกันมากที่สุดโดยเฉพาะในการส่งออกไปขายยังต่างประเทศคือ การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งทำให้ลำไยมีสีเหลืองสวย และมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (สุเมธี, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปัญหาด้านการเก็บรักษาของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว

ดาวเรือง (2530) รายงานถึงสาเหตุของปัญหาด้านการเก็บรักษาของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

1. การเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ การแยกเชื้อจุลินทรีย์จากผลลำไยภายหลังการเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งจนผลเน่า พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่คือ เชื้อรา ชนิดที่พบมากคือ *Phlyctaena* sp., *Botryodiplodia* sp. และ *Dendrophoma* sp.

2. อุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าอายุในการเก็บรักษาของผลลำไยมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิ โดยอายุในการเก็บรักษาจะยืดยาวออกไปหากเก็บรักษาผลลำไยไว้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ การเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 11.5 และ 13.5 องศาเซลเซียส จะลดความเสียหายที่เกิดจากอาการเน่าเสียได้มาก คือ หลังจากเก็บรักษาไว้ 1 สัปดาห์ จะเกิดการเน่าเสียขึ้นทั้งหมด

สถาบันอาหาร (2541) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลลำไยระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่งคือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90 - 95 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 2 - 5 องศาเซลเซียส จะเก็บรักษาได้นาน 30 - 45 วัน และที่อุณหภูมิ 5 - 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้นาน 20 - 30 วัน โดยหลังจากนำออกมาจากห้องเย็นควรรักษาอุณหภูมิให้ต่ำที่ 2 - 5 องศาเซลเซียส อย่างต่อเนื่อง

3. บาดแผลและความบอบช้ำในระหว่างการเก็บรักษา ผลการทดลองใช้เข็มหมุดแทงเปลือกทะลุถึงเนื้อในผล ผลละ 3 แห่ง พบว่าประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของผลที่มีบาดแผล จะเน่าเสียภายในเวลา 4 วัน เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง ในขณะเดียวกันผลซึ่งไม่มีบาดแผลเสียหายเพียง 30 % เท่านั้น

ลักษณะอาการเน่าของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว

ธิดา (2535) กล่าวถึงลักษณะอาการเน่าของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

1. เนื้อผลเน่า ผิวเปลือกเป็นสีดำ มีรอยแตกของเปลือกเป็นเกล็ดสีดำ มีจุดสีขาว ลักษณะฟู บริเวณขั้วผลและเนื้อผลนิ่ม บางส่วนบุ๋มลงไปและมีกลิ่นฉุน

2. ผลเน่า ผิวเปลือกสีน้ำตาลคล้ำ บางส่วนผิวสีเหลืองคล้ำ บริเวณขั้วมีเส้นใยสีขาวปนน้ำตาล คลุมโยงกัน เนื้อผลนิ่ม บางส่วนหลุดหายไป ฉ่ำน้ำ มีกลิ่นฉุน

3. เนื้อผลปกติ เปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำ มีเส้นใยสีขาวหรือสีน้ำตาลคลุมทั่วผล บริเวณขั้วมีเส้นใยคลุมมากกว่า ผิวเปลือกลำไยแห้ง มีกลิ่นฉุน

4. เนื้อผลและผิวเปลือกมีเส้นใยคลุมบริเวณขั้วและบางส่วนของผล ขาวแห้ง มีเกล็ดสีเทาดำขึ้นเป็นจ้ำๆ บริเวณขั้วจะมีเส้นใยฟูมาก กลิ่นปกติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การป้องกันความเสียหายของผลลำไยภายหลังการเก็บเกี่ยว

1. การใช้อุณหภูมิต่ำ

ลำไยเป็นผลไม้ที่เน่าเสียง่าย เนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูง แม้ว่าอัตราการหายใจอยู่ในระดับปานกลางก็ตาม การลดอุณหภูมิของลำไยก่อนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำหรือขนส่งโดยรถห้องเย็น ช่วยรักษาคุณภาพของลำไยสดได้นานวัน เพราะช่วยลดอัตราการหายใจ การคายน้ำ และลดความร้อนที่ติดมากับผล ทำให้ห้องเย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการยืดอายุการเก็บรักษานั้น ลำไยที่บรรจุในภาชนะแล้วควรนำไปลดอุณหภูมิทันที ซึ่งสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น วิธีใช้น้ำเย็น (hydrocooling) วิธีการผ่านอากาศเย็น (forced-air cooling) และวิธีการใช้น้ำแข็งโปะ (top icing) เป็นต้น วิธีที่นิยมใช้กับลำไยที่ส่งไปจำหน่ายยังประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย คือ วิธีการใช้น้ำเย็น โดยการจุ่มลงในน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 2 - 3 องศาเซลเซียส นาน 10 - 15 นาที อุณหภูมิของน้ำต้องรักษาให้คงที่โดยการเติมน้ำแข็ง และต้องทิ้งให้สะเด็ดน้ำก่อนนำเข้าห้องเย็น เพื่อเก็บรักษาหรือขนส่ง การลดอุณหภูมิโดยวิธีนี้ลำไยต้องบรรจุอยู่ในภาชนะที่เป็นพลาสติก วิธีการผ่านอากาศเย็นเป็นวิธีที่ใช้กันน้อย หลักการคือให้อากาศเย็นผ่านผลลำไย ซึ่งอากาศเย็นรับเอาความร้อนจากผลลำไยไปด้วย ส่วนวิธีการลดอุณหภูมิโดยการโปะน้ำแข็งนั้น ใช้กับการขนส่งลำไยไปยังประเทศสิงคโปร์และมาเลเซียด้วยรถยนต์บรรทุก โดยใส่น้ำแข็งเข้าไปในรถด้วย เพื่อช่วยรักษาระดับอุณหภูมิของลำไยให้ต่ำตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง (กรมการค้าต่างประเทศ, 2535; คนัย, 2535)

2. การใช้อุณหภูมิสูง

การใช้อุณหภูมิสูง (heat treatment) กับผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว ทำได้โดยการแช่ลำไยในน้ำร้อน 48 - 52 องศาเซลเซียส ในถุง polypropylene ซึ่งอาจเก็บรักษาได้นานถึง 4 สัปดาห์ แต่ลำไยจะมีกลิ่นสุกเล็กน้อยอันเนื่องมาจากความร้อน (กนกมลฑล, 2526)

3. การใช้สารเคมี

ลักษณะการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคมี สามารถจำแนกได้ตามลักษณะการควบคุมสารบางอย่างอาจเป็นได้หลายประเภท เพราะมีฤทธิ์ต่อเชื้อจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง การใช้สารเคมีควบคุมโรคมี 4 ประเภท (จริงแท้, 2544) ดังนี้

3.1 Protection หมายถึง ประเภทที่ใช้เพื่อการยับยั้งการงอกของสปอร์หรือยับยั้งการเจริญของเส้นใยที่มีอยู่บนผลิตผลแต่ไม่ได้อยู่ในระยะพักตัว (quiescence) ได้แก่ sodium orthophenylpenate (SOPP) ใช้ควบคุมเชื้อ *Geotrichum* sp. ในมะเขือเทศและส้ม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 Suppression หมายถึง ประเภทที่ใช้เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ที่เข้าแฝงตัวในผลิตผลแล้ว ตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว สารเคมีหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในข้อ 3.1 ก็มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์แบบนี้ได้

3.3 Therapy หมายถึง ประเภทที่ใช้เพื่อฆ่าทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่แฝงตัวอยู่ในผลผลิต สารเคมีที่มีคุณสมบัติแบบนี้มีน้อยชนิด มีใช้กันมากในการเก็บรักษาเมล็ดธัญพืช เช่น กรดอะซิติก (acetic) และกรดโปรปีโนอิก (propionic) การใช้ความร้อนและรังสีในการควบคุมโรคก็จัดว่าเป็นการควบคุมโรคประเภทนี้เช่นกัน

3.4 Sanitation หมายถึง ประเภทที่ใช้เพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งที่เป็นเส้นใย ส่วนขยายพันธุ์ หรือส่วนเจริญอื่นๆ ที่ติดมากับผิวของผลิตผลได้แก่ คลอรีน ซึ่งจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของกรดไฮโปคลอรัส (hypochlorous) ในน้ำมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ formaldehyde และ isopropyl alcohol ใช้สำหรับกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ติดอยู่กับอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้ว เช่น ภาชนะ สายพาน และห้องเย็น นอกจากนี้ยังมีสารที่อยู่ในรูปของแก๊สได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ใช้ในอุ่น เอทธิลีนออกไซด์ (ethylene oxide) ใช้กับผลไม้แห้ง และโอโซน (ozone: O_3) ใช้ในห้องเก็บรักษา

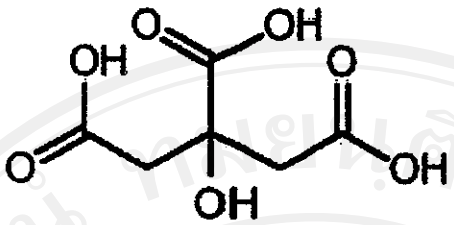
4. การใช้กรดชนิดต่างๆ

การใช้กรดชนิดต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดพีเอช เนื่องจากพีเอชที่ต่ำกว่า 4.6 สามารถช่วยควบคุมอัตราการเจริญของจุลินทรีย์ (Splittstoesser, 1996) และป้องกันการสร้างสปอร์ของจุลินทรีย์ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เช่น *Clostridium botulinum* นอกจากนี้กรดยังช่วยให้สีและกลิ่นของผลิตภัณฑ์ดีขึ้นด้วย เช่น ช่วยป้องกันสีเปลือกคล้ำ (ศิวาพร, 2535) กรดที่ใช้กันมากคือ กรดซิตริก กรดอะซิติก กรดแลคติก กรดซอร์บิก กรดเบนโซอิก โปรปีโนอิก และกรดฟอร์มิก (กุลยา, 2533) ซึ่งกรดเหล่านี้สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร (Deshpande *et al.*, 1994; Wiley, 1994) และสามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้คือ เมื่อพีเอชต่ำลงทำให้พันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลของโปรตีนแยกออก เป็นผลให้โครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนเกิดการคลายตัว ซึ่งทำให้เอนไซม์มีกิจกรรมลดลง (King and Bolin, 1989)

กรดซิตริก (citric acid) (ภาพที่ 1) เป็นกรดอินทรีย์ที่ใช้มากในอุตสาหกรรมที่ช่วยเพิ่มรสเปรี้ยวให้กับอาหาร และป้องกันการเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของผักและผลไม้แปรรูปที่ผ่านการตัดแต่ง เนื่องจากกรดซิตริก เป็นองค์ประกอบหนึ่งในสูตรสารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาล โดยทำหน้าที่เป็นสารคีเลท (chelating agent) ในการจับกับโลหะของทองแดงซึ่งเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ PPO (polyphenols oxydase) มีผลทำให้เอนไซม์ทำงานได้ช้าลง นอกจากนี้กรดซิตริกยังช่วยลดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ทำให้รงควัตถุแอนโธไซยานินมีความเสถียรเพิ่มมากขึ้น นอกจากลดกิจกรรมของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เอนไซม์ PPO และ POD ลง ยังสามารถป้องกันและชะลอการเกิดกระบวนการ auto-oxidation ของกรดแอสคอร์บิคได้ด้วย (สุเมธี, 2548)



ภาพที่ 1 โครงสร้างโมเลกุลของกรดซิตริก
(http://da.wikipedia.org/wiki/Citronsyre)

การใช้กรดซิตริกในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาล ได้มีการศึกษาในผลิตผลหลายชนิด เช่น การแช่ผักกาดขาวปลีที่ผ่านการตัดแต่งในสารละลายกรดซิตริก เข้มข้น 0.05 - 0.15 โมลาร์ สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลได้เล็กน้อย การแช่ผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิค เข้มข้น 0.5 และ1.0 โมลาร์ มีอายุการเก็บรักษานานถึง 42 วัน โดยมีประสิทธิภาพในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและมีลักษณะปรากฏดีที่สุด และไม่มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (พรอนันต์, 2545) การใช้กรดซิตริก 0.1 - 0.5 เปอร์เซ็นต์ แช่มะม่วงก่อนนำไปทำเยือกแข็ง พบว่าช่วยป้องกันปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ นอกจากนี้การใช้กรดซิตริกและกรดแอสคอร์บิค เปรียบเทียบกับ sodium metabisulfide ในการควบคุมปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในมันฝรั่ง พบว่าตัวอย่างที่ใช้กรดซิตริก และกรดแอสคอร์บิค ให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้ sodium metabisulfide และมีคุณภาพใกล้เคียงกับมันฝรั่งสด แม้จะมีการเก็บรักษาไว้เป็นเวลากว่า 20 วัน (ศิวาพร, 2535)

ทดลองเก็บรักษาผลไม้ตระกูลส้ม โดยการพ่นด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.1-1.0 เปอร์เซ็นต์ เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 และ 25 องศาเซลเซียส พบว่าสามารถลดค่าพีเอชที่ผิวของส้ม ลดการเจริญของจุลินทรีย์ และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ (Pao and Petracek, 1998)

สารละลายกรดซิตริก 1.0 หรือ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับกรดแอสคอร์บิก 0.25 เปอร์เซ็นต์ ในน้ำ สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของมะเฟืองหั่นชิ้นได้ (Weller *et al.*, 1997)

ศึกษาผลของสารละลายกรดซิตริกต่อคุณภาพของผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว โดยจุ่มผลลำไยลงในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 200 และ300 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 1 วัน พบว่ามีผลในการชะลอการเปลี่ยนสีของเปลือกนอกของผลลำไยได้เล็กน้อย (พลกฤษณ์, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ศึกษาของสารละลายกรดซิตริกต่อการยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยว โดยจุ่มผลลำไยลงในสารละลายกรดซิตริก ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน พบว่าไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ การเน่าเสีย การสูญเสียน้ำหนัก และการยอมรับรสชาติ (รุ่งทิวา, 2548)

ทดลองจุ่มผลลิ้นจี่ในสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 0.5 และ1.0 M เป็นเวลา 10 และ 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 - 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่าสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0 M สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลบริเวณผิวเปลือกของผลได้ ขณะที่สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้น 1.0 M เป็นเวลา 10 นาที มีประสิทธิภาพในการเลื่อนปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลออกไป เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่เกิดสีน้ำตาลได้เร็วกว่า อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีที่จุ่มสารละลายกรดซิตริกยังมีผลทำให้สีผิวเปลือกเปลี่ยนเป็นสีแดงอมชมพูอีกด้วย การลดลงของปริมาณฟีนอลทั้งหมดสอดคล้องกับการให้คะแนนการเกิดสีน้ำตาล การสูญเสียน้ำในทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Uraiwan *et al*., 2002)

5. การใช้ก๊าซโอโซน

โอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติที่มีการค้นพบมาเป็นเวลา 150 ปีมาแล้ว ซึ่งเยอรมันเป็นประเทศแรกที่นำโอโซนเข้ามาใช้ด้านการแพทย์ และต่อมาสหรัฐอเมริกาได้นำมาทดลองใช้ทางด้านการแพทย์เช่นเดียวกัน (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540)

ก๊าซโอโซน (ozone: O_3) (ภาพที่ 2) เป็นก๊าซธรรมชาติ ที่ไม่มีสี (ชมพูศักดิ์ และเทพนม, 2540) หรือเป็นก๊าซสีฟ้า มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 จุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่ 1 บรรยากาศเท่ากับ – 111.9 และ – 192.7 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (สิริพร, 2543) และมีการละลายน้ำที่ 49 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร ที่ 25 องศาเซลเซียส (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) ความหนาแน่นในสถานะของเหลวคือ 2.144 กรัม/ลิตร ความหนาแน่นในสถานะก๊าซ คือ 1.614 กรัม/ลิตร (Windholz *et al*.,1983) มีน้ำหนักประมาณ 0.135 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต มีค่าออกซิเดชันโพเทนเชียลประมาณ – 2.07 V (สิริพร, 2543) โอโซนเกิดจากก๊าซออกซิเจนแตกตัวเป็นอะตอมของธาตุออกซิเจน จากนั้นอะตอมของออกซิเจนจะไปรวมกับก๊าซออกซิเจนกลายเป็นก๊าซโอโซน (Suslow, 1997) ดังสมการข้างล่าง

$$O_2 \longrightarrow O^\circ + O^\circ$$

ก๊าซออกซิเจน — อะตอม อะตอม

$$O^\circ + O_2 \longrightarrow O_3$$

อะตอม ออกซิเจน — ก๊าซโอโซน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2 โครงสร้างโมเลกุลของโอโซน

(http://www.elmhurst.edu/~chm/onlcourse/chm110/molimages/O3.GIF)

โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่คงตัวที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี โอโซนแตกสลายให้ก๊าซออกซิเจน (oxygen:O_2) และออกซิเจนอะตอม (O^*) ภายใน 15-20 นาที จะมีโอโซนเหลืออยู่เพียงครึ่งเดียว และส่วนที่เหลือก็จะสลายไปเรื่อยๆ จนหมดในที่สุด ออกซิเจนอะตอมที่ออกมาสลายเป็นตัวสำคัญที่ไปทำหน้าที่ออกซิไดซ์ (oxidize) สารอื่น (ชุดา และคณะ, 2541) ซึ่งคุณสมบัติในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) ของโอโซน ดังแสดงในตารางที่ 5

โอโซนเมื่อละลายในน้ำแล้วให้สารออกซิแดนซ์ ซึ่งสามารถวัดในรูปของ total residue oxidant (TRO) ซึ่งการฆ่าเชื้อให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับเวลา (contact time) และความเข้มข้นของโอโซน (Hunt and Marinas, 1999) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลาง และความเป็นกรดด่าง (pH) โดยอุณหภูมิที่ลดลงมีผลทำให้โอโซนละลายได้ดี และมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (ตารางที่ 6) และโอโซนจะมีความคงตัวมากขึ้นเมื่อค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ลดลง (Kim *et al.*, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 สาร oxidizing และคุณสมบัติในการเกิดoxidation (Zeynep *et al.*, 2003)

Oxidizing agents	Oxidation potential (mV)
Fluorine	3.06
Ozone	2.07
Permanganate	1.67
Chlorine dioxide	1.50
Hypochorus acid	1.49
Chlorine gas	1.36

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและคุณสมบัติการละลายของโอโซนในน้ำ (Zeynep *et al.*, 2003)

Temperature (°C)	Solubility (liter ozone/liter water)
0	0.640
15	0.456
27	0.270
40	0.112
60	0.000

คุณสมบัติทางกายภาพของโอโซนมีความสำคัญมากกว่าคุณสมบัติทางเคมี กล่าวคือ โอโซนดูดซับรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น 2,200 - 3,300 A° (220 - 330 นาโนเมตร) ในขณะที่ก๊าซออกซิเจนมีผลต่อรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2,400 A° นอกจากนี้ โอโซนยังดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ที่ช่วงคลื่นอินฟาเรดและรังสีอื่นๆ ด้วย และเนื่องจากโอโซนมีโครงสร้างของโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าก๊าซออกซิเจน ลักษณะของอะตอมจะเป็นไดแมคเนติกซึ่งจะทำให้เกิดพลังงานที่เหนือกว่า (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540)

5.1 หลักการผลิตโอโซน

ชมภูศักดิ์ และเทพนม (2540) อธิบายว่าโอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติ โดยการแผ่รังสีอุลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์และการเกิดฟ้าแลบ ส่วนในทางการค้าถูกผลิตขึ้นมาโดยการใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร หรือ corona discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุล O_2 แตกตัวและรวมตัวเป็น O_3

การผลิตโอโซนใช้หลักของพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ที่เรียกทั่วไป คือ โอโซนเนเตอร์(ozonator) ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถผลิตและควบคุมระดับของก๊าซโอโซนได้ หลักการทั่วไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คือ อะตอมของออกซิเจนจะได้รับการถ่ายพลังงาน จนทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เร่งสภาพหรือมีพลังงานสูง และในที่สุดก็เกิดการรวมเป็นโมเลกุลของโอโซน ทฤษฎีของการทำ corona discharge หรือการเร่งประจุไฟฟ้าให้ออกมาเป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นประกายในบรรยากาศ เป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาและเร่งปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจน ดังนั้นทฤษฎีของโคโรน่าจึงใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตอุปกรณ์โอโซน ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) เพราะแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถควบคุมปริมาณที่แน่นอนได้ และมีการผลิตได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ

ด้วยคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ โอโซนจึงมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่เหนือกว่าสารเคมีจำพวกคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หลายประเทศในยุโรปได้มีการเลือกใช้ก๊าซโอโซนแทนสารเคมีดังกล่าว (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) ในต่างประเทศได้มีการค้นคว้าหาสารเคมีที่จะนำมาเป็นตัวฆ่าเชื้อโรคในผักผลไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ในบางผลิตภัณฑ์หรือในบางขั้นตอนของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ได้มีการนำเอาโอโซนมาใช้ฆ่าเชื้อโรคเพื่อทำน้ำบริสุทธิ์ สำหรับใช้ล้างผลิตผลทั้งที่ปอกเปลือกและยังไม่ปอกเปลือก หรืออาจใช้ฆ่าเชื้อโรคในห้องเย็นที่ใช้เก็บรักษาผลผลิต ซึ่งได้รับการรับรองว่าปลอดภัยว่าเป็นสารจำพวกที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized As Safe: GRAS) ในการผลิตน้ำดื่มจะใช้โอโซนเพื่อกำจัดชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอัตรา 0.5 - 2 ppm โอโซนส่วนใหญ่ละลายในน้ำ ทั้งนี้โอโซนเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับเกินกว่า 4 ppm (ตารางที่ 7) มนุษย์สามารถได้กลิ่นในช่วงความเข้มข้น 0.001 - 0.004 ppm (Suslow, 1997) สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่น ได้กำหนดระดับสูงสุดของก๊าซโอโซนไว้ 0.1 ppm สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานที่สมาคม American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังได้มีมาตรฐานสำหรับช่วงระยะเวลาสั้นๆ คืออนุญาตให้สัมผัสได้ 0.3 ppm ในช่วงระยะเวลา 15 นาที

ตารางที่ 7 ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่มีผลทางด้านสุขภาพ (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540)

ระดับของก๊าซโอโซน (ppm)	ข้อมูลด้านสุขภาพ
0.02-0.05	สามารถได้กลิ่น
0.1-0.3	ใน 2-3 ชม. จะมีความรู้สึกแสบจมูกและคอ
0.6-0.8	ใน 2-3 ชม. จะมีการกระตุ้นระบบทางเดินหายใจ
1.0-2.0	ใน 2-3 ชม. จะทำให้ระบบทางเดินหายใจผิดปกติ
10	มีอันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 60 นาที
20	มีอันตรายต่อสุขภาพไม่ควรสัมผัสเกิน 10 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าคลอรีนถึง 52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และสิ่งมีชีวิตที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้อย่างดี โอโซนมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียเร็วกว่าคลอรีนถึง 5,000 เท่า ในเวลาเพียงไม่กี่วินาทีโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกเดชันฆ่าเชื้อโรค โดยปราศจากสารตกค้างพวกสารฮาโลเจนที่มีผลต่อการปนเปื้อนในน้ำสะอาด คลอรีนซึ่งนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จะมีผลทำให้เกิดสารตกค้างซึ่งเรียกว่า ไตรฮาโลมีเทน (THM) ซึ่งสาร THM นี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้

5.2 การนำก๊าซโอโซนไปใช้ประโยชน์

1) การควบคุมสาหร่าย

ในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศตามฤดูกาล การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปนเปื้อนของสารอาหารในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย โอโซนจะช่วยยับยั้งระบบการเผาผลาญอาหารของสาหร่ายหลายชนิด โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับส่วนประกอบของสารอินทรีย์นั้นๆ

2) การควบคุมกลิ่นและรสชาติ

โดยปกติส่วนประกอบของรสและกลิ่นเป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการปะปนของสารอนินทรีย์บางตัวเป็นพวกซัลไฟด์ ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นฉุนอย่างรุนแรง สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดก่อให้เกิดรสชาติไม่สามารถจะยอมรับได้ โอโซนสามารถใช้ลดกลิ่นดังกล่าวได้เช่นเดียวกับกลิ่นซึ่งเกิดจากการสะสมจากการเน่าเปื่อยของบรรดาพืชผักในธรรมชาติ

3) ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีต่อธาตุเหล็กที่ละลายได้ และแมงกานีส

ธาตุเหล็กจะถูกทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็วโดยโอโซน ในสภาพความเป็นด่างปกติจนกลายเป็นประจุธาตุเหล็ก ซึ่งจะรวมตัวและตกตะกอนได้เช่นเดียวกัน สารแมงกานีสจะถูกออกซิไดซ์เป็น manganese ions ซึ่งทำให้สามารถแตกตัวเป็น สารแมงกานีสไดออกไซด์ และมีผลในการทำให้เกิดการตกตะกอนและสามารถกรองได้ง่าย

4) การขจัดสารแขวนลอย

ตะกอนต่างๆ เกิดขึ้นจากการรวมตัวสารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็กและมีพื้นที่ผิวมาก ตะกอนเหล่านี้มีประจุไฟฟ้าจำนวนมาก และด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการสะสมของปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อตะกอนเหล่านี้ผ่านขั้นตอนในการกรองจึงไม่สามารถกักเก็บไว้ได้

ก๊าซโอโซนสามารถเปลี่ยนประจุพื้นผิว และช่วยให้สารแขวนลอยและตะกอนรวมตัวได้ดีกว่า และสามารถกรองทิ้งได้ง่ายเช่น เมื่อมีประจุของธาตุเหล็กเกิดขึ้น โอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์ให้กลับเป็นธาตุเหล็กดังเดิม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5) การกำจัดกลิ่นและอากาศเสีย

โมเลกุลของโอโซนค่อนข้างมีความไวสูง ทำให้มีความสามารถในการทำความสะอาดได้เป็นอย่างดีประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ของอากาศเสีย (กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ก๊าซต่างๆ) เกิดขึ้นจากโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวนี้มีความต้องการที่จะจับโมเลกุล หรืออะตอมหรือประจุไฟฟ้าเพื่อให้อิ่มตัว เช่นเดียวกับโมเลกุลโอโซนซึ่งมีความไวสูงโดยธรรมชาติก็ต้องการที่จะรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ ดังนั้นเมื่อโมเลกุลของอากาศเสียถูกจับตัวโดยโอโซนความไม่อิ่มตัวของโมเลกุลนั้นๆ ก็แยกย่อยและถูกทำลายไปในที่สุด โดยโอโซนจะจับโมเลกุลของอากาศเสียและแยกย่อยสะลายอากาศที่เสียไป ในที่สุดเหลือเป็นออกซิเจนต่อไป

6) การกำจัดเชื้อโรค

โอโซนทำงานโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ ซึ่งมีผลในการฆ่าเชื้อโรค โดยโอโซนทำหน้าที่ในการทำลายเยื่อหุ้มหล่อเลี้ยง (cell membrane) ของจุลินทรีย์ ซึ่งทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถสืบพันธุ์ และมีชีวิตต่อไปได้

โอโซนจึงถูกนำมาใช้ทำลายหรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดยการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของโอโซนเกิดขึ้นได้สองลักษณะ อย่างแรกคือ โมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ (Hunt and Marinas, 1999) และอีกลักษณะคืออนุมูลตัวกลางอิสระ (free radical-mediated) เป็นตัวเข้าทำลาย การเข้าทำลายของโอโซนมีผลต่อเซลล์เมมเบรน ไซโทพลาสซึม โปรตีน และชั้นของไขมันในเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนในเซลล์จับตัวกันเป็นก้อน เซลล์แตก บางครั้งพบว่าโอโซนเข้าทำลายระบบหายใจ (respiratory system) ของเซลล์ ตลอดจนทำลายเอนไซม์ที่สำคัญในการดำรงชีพของเซลล์ และในบางกรณีโอโซนทำลาย DNA และ RNA ของเซลล์จุลินทรีย์ด้วย (สิริพร, 2543)

โอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Restaino *et al.*, 1995) รวมทั้งฆ่าสปอร์ของแบคทีเรียได้ด้วย ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของโอโซนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลาที่สัมผัสกับเชื้อแบคทีเรียและสภาพค่าความเป็นกรดด่างที่เป็นกรดของอาหารเลี้ยงเชื้อ จะช่วยให้โอโซนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้น สำหรับเชื้อยีสต์ตอบสนองต่อโอโซนมากกว่าเชื้อรา (สิริพร, 2543)

โอโซนได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำไปใช้เพื่อช่วยลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์ ลดค่า BOD (biological oxygen demand) และCOD (chemical oxygen demand) ในสภาพแวดล้อม โอโซนสามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ไปเป็นสารที่ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ โมเลกุลของโอโซนจะแตกตัวเป็นออกซิเจนได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นการใช้โอโซนจะช่วยลดการสะสมของอินทรีย์สารในสภาพแวดล้อมได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การที่โอโซนมีสภาพเป็นสารออกซิไดซ์สูงและมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติ ทำให้โอโซนเป็นสารกำจัดเชื้อได้อย่างปลอดภัยในอาหาร โดยคุณภาพของอาหารนั้นยังคงสภาพอยู่ จึงมีการนำโอโซนไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภทเช่น อุตสาหกรรมนม เนื้อ เจลาติน และอัลบูมิน ตลอดจนโรงงานผลิตไวน์ เหล้า เป็นต้น ในปี พ.ศ.2525 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) รับรองว่าโอโซนเป็นสารที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย (Generally Recognized as Save: GRAS) (สิริพร, 2543) นอกจากนี้ยังมีการนำโอโซนมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำดื่ม การประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย หรือการใช้โอโซนลดแอมโมเนียและฆ่าเชื้อ *Vibrio harveyi* ในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Matsumura *et al.*, 1998; Whangchai; 2001) ซึ่งพบว่าการฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับเวลา และความเข้มข้นของโอโซน (Hunt and Marinas, 1999)

ในปัจจุบันมีการนำโอโซนเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้สดมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของโอโซน ซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ อีกทั้งโอโซนมีครึ่งชีวิตในน้ำที่อุณหภูมิห้องเพียงแค่ 20 นาทีเท่านั้น และจะสลายตัวไปเป็นออกซิเจนธรรมดา จึงไม่ต้องกังวลว่าจะมีโอโซนตกค้างในอาหาร (Graham, 1997) สำหรับรูปแบบของโอโซนที่นำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตรนั้น มีทั้งที่ใช้ในรูปของก๊าซโดยใช้รมผลิตผลโดยตรงและการใช้ก๊าซโอโซนผ่านลงไปในน้ำแล้วนำผลิตผลแช่ในน้ำอีกทีหนึ่ง

7) การย่อยสลายก๊าซพิษและสารเคมี

โอโซนทำงานโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ ซึ่งมีผลต่อการย่อยสลายก๊าซพิษและฟอกสี เป็นต้น (ชมภูศักดิ์ และเทพนม, 2540) ตัวอย่างเช่น การทำปฏิกิริยาสลายของก๊าซมีเทน (CH_4) หรือการทำปฏิกิริยาสลายกลิ่นแอมโมเนีย เป็นต้น ดังสมการ

$$CH_4 + 2O_3 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + O_2$$

$$2NH_3 + 3O_3 \rightarrow N_2 + 3H_2O + 3O_2$$

8) การประยุกต์ใช้ประโยชน์อื่นๆ

อภินันท์ (2547) รายงานว่าโอโซนถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่

- ย่อยสลายสารพิษที่ติดมากับพืช ผัก ผลไม้ และเนื้อสัตว์
- ล้างภาชนะ เครื่องแก้ว จานชาม ไม่ให้มีรอยคราบของสารเคมีและสบู่
- รักษาดินและฟื้นฟูสภาพดินให้ปราศจากเชื้อรา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- ทำน้ำโอโซนสเปรย์เพื่อยืดอายุของดอกไม้
- ใช้น้ำโอโซนในกระบวนการล้างเนื้อสัตว์และอาหารทะเล ก่อนเข้าสู่กระบวนการบรรจุเพื่อส่งออกนอกประเทศ
- บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
- กำจัดกลิ่นจากน้ำโสโครก
- ใช้ทำน้ำสะอาดในสระว่ายน้ำแทนสารคลอรีน
- อุตสาหกรรมอาหาร ใช้อบอาหารและสมุนไพร
- ใช้เตรียมน้ำสะอาดปราศจากเชื้อ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยา
- ผลิตเป็นอุปกรณ์ล้างมือทางการแพทย์แทนการใช้สารเคมี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ได้ทำการพัฒนาเครื่องผลิตก๊าซโอโซนเพื่อใช้ในการล้างผักที่ปนเปื้อนสารพิษ พบว่าสามารถกำจัดสารพิษได้จริง เนื่องจากโอโซนช่วยทำให้โครงสร้างทางเคมีของยาฆ่าแมลงที่ติดอยู่ในผักแตกตัวและหลุดออกจากผัก (ฝ่ายประชาสัมพันธ์ มจธ., 2544) นอกจากนี้โอโซนสามารถใช้ในการลดค่าความเป็นพิษในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยการลดปริมาณแอมโมเนีย ทำให้ค่า alkalinity ลดลง และทำให้ค่าไนไตรท (nitrite) ลดลง (Whangchai *et al.* 2004) และยังสามารถลดปริมาณสารประกอบ organic และ inorganic carbon (TOC) ได้ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณไนเตรท (nitrate) สีและสารแขวนลอยได้ในการเพิ่มคุณภาพของน้ำที่ใช้ในระบบการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Martin *et al.* 2003) Ong *et al.* (1999) พบว่าการล้างผลแอปเปิลในน้ำที่ผ่านก๊าซโอโซนปริมาณ 250 มิลลิกรัม/ลิตร จะช่วยลดปริมาณสาร azinphos-methyl, captan และ fometanate hydrochloride ได้ 50-100 เปอร์เซ็นต์

Chiam and Robert (1994) พบว่าการใช้โอโซนรมหัวแครอทในอัตรา 60 ไมโครลิตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง/วัน สามารถลดการเน่าเสียของหัวแครอทลง 50 เปอร์เซ็นต์ โดยสีผิวของหัวแครอทที่รมโอโซนมีสีสดใสกว่ากลุ่มที่ไม่รม เช่นเดียวกับ Palou *et al.* (2002) รายงานว่าการใช้โอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm (v/v) อย่างต่อเนื่องช่วยยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Monillinaia fructicola, Botrytis cinerera, Mucor piriformis* และ *Penicilium expansun* บนผิวของผลท้อพันธุ์ Elegant Lady ที่ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นอกจากนี้ยังพบว่าการรมก๊าซโอโซนให้กับผลองุ่น ในอัตรา 8 มิลลิลิตร/นาที นาน 20 นาที สามารถทดแทนการรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ โดยทำให้ปริมาณของเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียบนผิวองุ่นลดลง ซึ่งโอโซนสามารถกระตุ้นให้มีการสร้าง phytoalexins, resveratrol และ pterostilbene ทำให้การเน่าเสียหลังการเก็บเกี่ยวลดลง และมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น (Sarig *et al.* 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จิรวัฒน์ และคณะ (2545) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการลดหรือกำจัดสารประกอบซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในลำไยด้วยวิธีการใช้ระบบโอโซน โดยนำลำไยแห้งที่ผ่านการรมซัลไฟด์แล้วมาผ่านการฟอกด้วยระบบโอโซน ด้วยอัตรา 250 มิลลิกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 1 - 4 ชั่วโมง และลำไยสด โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกับระบบความดันสุญญากาศที่ความดัน 20 นิ้วปรอท เป็นเวลา 3 ชั่วโมง พบว่าการใช้โอโซนภายในเวลา 4 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณซัลไฟด์ในลำไยอบแห้งส่วนเปลือก และเนื้อได้เท่ากับ 39.22 และ 44.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในลำไยสดสามารถลดได้ถึง 77.87 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้ระบบความดันสุญญากาศลดได้เพียง 36.84 เปอร์เซ็นต์ และยังพบว่าการลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไย โดยนำลำไยสดพันธุ์อีดอที่ผ่านการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์แล้วมาให้โอโซนที่ความเข้มข้น 200 ppm โดยเปรียบเทียบ 2 วิธีการคือ การรมด้วยก๊าซโอโซนและการแช่น้ำโอโซนเป็นเวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่าการแช่น้ำโอโซนมีแนวโน้มลดปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ดีกว่าการรมด้วยก๊าซโอโซน โดยการแช่น้ำโอโซนเป็นเวลา 2 ชั่วโมง สามารถลดปริมาณสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ทั้งในเปลือกและเนื้อผลเท่ากับ 34.65 และ 49.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สุกานดา2547) เช่นเดียวกับ ชนะชัย และอรุโณทัย (2545) รายงานว่าการให้โอโซนแก่ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง เป็นเวลา 30, 40 และ 90 นาที เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเน่าเสียได้ โดยสามารถเก็บรักษาได้นาน 24 วัน และการใช้โอโซนไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS และ TA ปริมาณแอนโธไซยานิน และการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ส่วนการใช้โอโซนอัตรา 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง นาน 10 นาที ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อัตรา 0.05, 0.1 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมการเน่าเสียของผลลิ้นจี่

นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำโอโซนล้างถั่วงอกเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธีให้น้ำโอโซนไหลผ่าน อัตรา 3 ลิตร/นาที นาน 10 นาที ซ้ำ 2 ครั้ง แล้วสะเด็ดน้ำด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงความเร็ว 800 รอบ/นาที นาน 3 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ถึง 0.7 - 1.0 log CFU/g และลดปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มได้ 1.0 - 2.0 log CFU/g ขณะที่การล้างด้วยน้ำประปาลดได้เพียง 0.6-0.7 log CFU/g และ 0.1-0.8 log CFU/g ตามลำดับ (ฉันทวรรณ และคณะ 2545) Khan and Khan (1999) รายงานว่าการใช้โอโซนที่ 50, 100 และ 200 ppm เพื่อควบคุมโรค powdery mildew ในแตงกวา พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 200 ppm ช่วยลดการงอกของสปอร์ *Sphaerotheca fuliginea* ที่เลี้ยงบนแผ่นสไลด์ได้ เช่นเดียวกับ Palou *et al.* (2003) รายงานว่าการใช้โอโซนสามารถควบคุมการงอกของสปอร์เชื้อ *Penicillium digitatum* และ *P. italicum* โดยปลูกเชื้อทั้งสองชนิดลงบนผิวส้มและรมด้วยโอโซน 0.72 ppm เป็นเวลา 14 วัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.8 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในภาชนะบรรจุต่างกัน พบว่าโอโซนมีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อทั้งสองชนิด เมื่อใช้ภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติก ซึ่งเป็นภาชนะที่ก๊าซสามารถไหลผ่านได้ดี และยังใช้ในการทำลายการปนเปื้อนในพืชสมุนไพร 4 ชนิด คือ กระเทียม ทับทิม กระเจี๊ยบ และชา พบว่าสามารถเก็บรักษาสมุนไพรดังกล่าวได้นาน 1 ปี เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาโดยวิธีการตากแดดสามารถเก็บรักษาได้เพียง 6 เดือน โดยโอโซนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารสำคัญที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เช่น สารอัลลิซินของกระเทียม กรดแทนนิกของทับทิมและชา และฮิบิสซันของกระเจี๊ยบ (Hungsavanich 1999) นอกจากนี้ วิภาวรี (2548)ได้ทำการศึกษากรรมวิธีการรมด้วยกรดแอซิติกร่วมกับโอโซนต่อการควบคุมการเกิดโรคและคุณภาพผลลำไยหลังเก็บเกี่ยว โดยกรรมวิธีที่ 1 เป็นการรมด้วยกรดแอซิติก 5 เปอร์เซ็นต์ นาน 30, 60 และ 120 นาที ก่อนการรมด้วยโอโซนความเข้มข้น 200 ppm นาน 60 นาที และกรรมวิธีที่ 2 เป็นการรมด้วยโอโซนนาน 60 นาที ก่อนการรมด้วยกรดแอซิติกที่ระยะเวลาต่างๆเช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 5 องศาเซลเซียส พบว่าการรมผลลำไยด้วยโอโซนตามด้วยกรดแอซิติก ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 30 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 สัปดาห์ สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดีที่สุด โดยการรมผลลำไยด้วยกรดแอซิติกก่อนหรือหลังการรมด้วยโอโซนให้ผลไม่แตกต่างกันต่อน้ำหนักสด ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ทั้งหมด ความแน่นเนื้อ สีเปลือกด้านใน แต่การรมด้วยโอโซนก่อนการรมด้วยกรดแอซิติกทำให้สีเปลือกนอกมีความสว่างกว่าการรมด้วยกรดแอซิติกก่อน อภินันท์ (2547) ได้ทำการศึกษาระยะเวลาการปล่อยก๊าซโอโซนและการคงตัวของโอโซนในน้ำ พบว่าระยะเวลาการปล่อยก๊าซโอโซนที่เหมาะสม คือ 10 นาที และสามารถคงตัวได้ดีในน้ำกรองซึ่งปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3.5, 6.5 และในน้ำกรองซึ่งผสมสาร NaCl 8 กรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการใช้โอโซนต่อการลดปริมาณสารตกค้างในเปลือกผลส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง โดยแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดลองแรก ศึกษาผลของการใช้โอโซนในรูปที่ปล่อยก๊าซผ่านน้ำกับผลส้ม โดยแบ่งผลส้มออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกนำไปจุ่มสาร methomyl (สารกลุ่ม carbamate) ความเข้มข้น 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร นาน 1 นาที และสาร dimethoate (สารกลุ่ม organophosphorus) ความเข้มข้น 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร นาน 1 นาที ผึ่งผลให้แห้งแล้วนำไปผ่านกรรมวิธีต่างๆ จากนั้นนำไปตรวจวัดปริมาณสารตกค้างที่เปลือกผลโดยวิธี GT Pesticide Test Kit กลุ่มที่ 2 นำมาผ่านกรรมวิธีต่างๆ ทันที ผึ่งผลให้แห้งและนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 - 85 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการล้างผลส้มในน้ำกรองที่ปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3.5 แล้วผ่านก๊าซโอโซนนาน 10 นาที ช่วยลดปริมาณสาร dimethoate ตกค้างได้ดี เช่นเดียวกับการรมผลส้มด้วยก๊าซโอโซนนาน 60 นาที ช่วยลดปริมาณสาร methomyl และ dimethoate ที่ตกค้างที่เปลือกผลส้มได้ดี โดยพบว่ารูปแบบการใช้โอโซนที่เหมาะสมสำหรับผลส้มสายน้ำผึ้ง คือปล่อยก๊าซโอโซนผ่านน้ำกรองที่ปรับค่าความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นกรดด่างเท่ากับ 3.5 หรือ 6.5 เป็นเวลานาน 10 นาที ซึ่งผลส้มที่ผ่านกรรมวิธีข้างต้นนี้ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้ม โดยมีการสูญเสียน้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพียงเล็กน้อย ส่วนรูปแบบการรมผลส้มด้วยก๊าซโอโซนควรใช้ระยะเวลาในการรมนาน 60 นาที เพราะสามารถลดการเกิดโรคได้ดี และไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลส้ม

อรุโณทัย (2546) ทำการศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่ออายุการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ โดยปล่อยก๊าซโอโซนระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง/น้ำ 10 ลิตร ซึ่งปรับค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 3 ด้วยกรดแลกติก แล้วแช่ผลลิ้นจี่นาน 0, 30, 45 และ 60 นาที จากนั้นบรรจุในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene:PE) ขนาด 9x11 นิ้วที่เจาะรู รัดปากถุงให้แน่นด้วยยางรัด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส พบว่า โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ที่ระยะเวลาในการรมผลลิ้นจี่นาน 45 และ 60 นาที สามารถเก็บรักษาผลลิ้นจี่ไว้ได้นาน 28 วัน โดยไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ปริมาณแอนโธไซยานิน ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด การเปลี่ยนแปลงสีเปลือก ค่าสีผิว เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อ เมล็ด และเปลือก นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับก๊าซโอโซนต่ออายุการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 300, 600 และ 6,000 ppm ตามลำดับ ร่วม/ไม่ร่วมกับการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง และชุดควบคุม (น้ำกลั่น) พบว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ทุกความเข้มข้นสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ 28 วัน โดยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่ความเข้มข้น 6,000 ppm มีผลทำให้สีเปลือกคล้ำมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร่วม/ไม่ร่วมการรมก๊าซโอโซนไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิ เช่นเดียวกับธนะชัย (2544) ได้ทำการศึกษาการหาอายุการเก็บรักษาและคุณภาพของผลลำไยหลังการรมก๊าซโอโซน โดยใช้โอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง นาน 0 (กลุ่มควบคุม) 30, 60 และ 90 นาที จากนั้นบรรจุลำไยไว้ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีน ที่เจาะรูข้างถุง 8 รู รัดปากถุงให้แน่นด้วยยางรัด เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าการรมก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง นาน 30 และ 60 นาที ทำให้อายุการเก็บรักษาของผลลำไยสั้นลง และไม่เพียงพอต่อการฟอกสีผลและยืดอายุการเก็บรักษา ส่วนการรมเป็นเวลานาน 90 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้ แต่ยังไม่เพียงพอต่อการฟอกสีผล นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่ออายุการเก็บรักษา และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของลำไยพันธุ์คอ โดยปล่อยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง ลงในน้ำเย็นที่ปรับค่าความเป็นกรดด่างด้วยกรดแลคติก ให้มีค่าเท่ากับ 3-4 ที่บรรจุลำไยอยู่ แช่ผลลำไยนาน 0 (ชุดควบคุม), 30,

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

60 และ 90 นาที ผึ่งลมให้แห้ง บรรจุในถุงพลาสติก high density polyethylene ที่เจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร จำนวน 8 รู เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พบว่าโอโซนที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/ชั่วโมง มีระยะเวลาที่เหมาะสมในการรมผลลำไยพันธุ์ดอ คือ 30 นาที โดยสามารถเก็บรักษาผลลำไยไว้ได้นานที่สุด คือ 24 วัน และไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสด เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของเนื้อ เมล็ด และเปลือกผลลำไย การให้ก๊าซโอโซนที่ระยะเวลา 60 และ 90 นาที แก่ผลลำไยน่าจะเป็นระดับที่มากเกินไป เพราะทำให้สีเปลือกผลลำไยคล้ำลง และมีปริมาณการเน่าเสียของผลเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซโอโซนที่ทุกระยะเวลา พบว่าสีเปลือกมีความสว่างมากกว่าชุดควบคุม การทำ microtome section ของเปลือกลำไย พบว่าในผลลำไยที่ไม่ได้ผ่านการรมก๊าซโอโซน (ชุดควบคุม) มีความสมบูรณ์มากที่สุด รองลงมาได้แก่ การรมนาน 30 และ 60 นาที ตามลำดับ สำหรับการรมนาน 90 นาที พบว่าเซลล์มีลักษณะยุ่ย เละ มากที่สุด และทำการศึกษาสารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระดับความเข้มข้น 30,000, 18,000, 6,000 ppm และน้ำกลั่นทั้งร่วม/ไม่ร่วมกับการรมก๊าซโอโซน นาน 3 นาที พบว่าในทุกระดับความเข้มข้นไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้ โดยสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลาเท่ากัน คือ 9 วัน สำหรับการแช่สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระดับความเข้มข้น 30,000, 18,000, 6,000 ppm และน้ำกลั่นร่วมกับการรมก๊าซโอโซน ทำให้สีเปลือกมีความสว่างมากกว่า และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า และได้ทำการศึกษาสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ที่ระดับความเข้มข้น 100, 10, 1 และ 0 ppm (ชุดควบคุม) ทั้งร่วม/ไม่ร่วมกับการรมก๊าซโอโซน นาน 10 นาที พบว่าสารละลายโปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และอายุการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ดอ นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่ระดับความเข้มข้น 1,000, 3,000, 5,000 และ 0 ppm (ชุดควบคุม) ทั้งร่วม/ไม่ร่วมกับการรมก๊าซโอโซน นาน 10 นาที พบว่าในทุกระดับความเข้มข้นไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้ โดยสามารถเก็บรักษาได้เป็นเวลาเท่ากัน คือ 9 วัน แต่หากแช่สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ร่วมกับการรมก๊าซโอโซน ทำให้สีเปลือกมีความสว่างมากกว่า แต่เกิดกลิ่นตกค้างที่ผลลำไย (สิดีริยา, 2545)

จากเหตุผลและข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของก๊าซโอโซนข้างต้น จึงมีความน่าสนใจในการศึกษาเพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการยืดอายุการเก็บรักษา และคงลักษณะทางคุณภาพของผลลำไยสด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved