บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ลำไยจัดเป็นผลไม้กึ่งร้อน (sub-tropical fruit) มีชื่อสามัญเป็นภาษาอังกฤษว่า longan. lungan, longyen และ linking มีอนุกรมวิธานดังนี้

Class Dicotyledon

Sub – class Archichlamydae

Order Sapindales

Family Sapindaceae

Genus Euphoria

Species Longana

ลำไยมีพืชร่วมวงศ์ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ เงาะ (Rambutan : *Nephelium lappaceum* L.) ลิ้นจี่ (Lychee; Litchi : *Litchi chinensis* Sonn.; *Nephelium litchi* Camb.; *Scytalia Chinensis* Gaertn. *Dimocarpus litchi* Lour) ลำไยเป็นสินค้าเกษตรซึ่งรัฐบาลจัดให้อยู่ในกลุ่มสินค้าเพื่อส่งออก ซึ่งพืชในกลุ่มนี้ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา สับปะรด กาแฟ ลำไย ทุเรียน กล้วยไม้ และกุ้งกุลาดำ

ถิ่นกำเนิด

ลำไยมีถิ่นกำเนิดอยู่ในสาธารณรัฐประชาชนจีนตอนใต้ในมณฑลฟูเกียน กวางตุ้งและเสฉวน แล้วแพร่กระจายเข้าสู่ประเทศ อินเดีย ศรีลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ สหรัฐอเมริกา (มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินเดียตะวันตกและเกาะมาดากัสกา สำหรับประเทศไทยนั้นสันนิษฐานว่าลำไยแพร่กระจายมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีนตอนใต้เช่นกัน เพราะมีลำไยพื้นเมืองขึ้นอยู่ทั่วไปในป่าธรรมชาติของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย จนกระทั่งปี พ.ศ. 2439 มีชาวจีนผู้หนึ่งนำกิ่งตอนลำไยมาถวายเจ้าดารารัศมีในรัชกาลที่ 5 ซึ่งได้มอบให้เจ้าน้อยตั๋น ณ เชียงใหม่ นำไปปลูกที่บ้านท่าขี้เหล็ก อำเภอหางดง จังหวัดลำพูนและได้แพร่กระจายไปยังจังหวัดอื่นๆ จนกระทั่งปัจจุบันนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทั่วไปของพืช

ลำไยเป็นไม้ผลกึ่งเมืองร้อน ลำต้นเจริญเต็มที่สูงประมาณ 10 – 12 เมตร ทรงพุ่มแผ่กว้างประมาณ 6 – 8 เมตร เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความสูงจากกระดับน้ำทะเล 100 – 1,000 เมตร ความลาดเอียง 10 – 15 % ลำไยชอบดินที่มีหน้าดินลึกมากกว่า 50 เซนติเมตร มีอินทรียวัตถุมาก มีความเป็นกรด-ด่างระหว่าง 5.5 – 6.5 และมีการระบายน้ำดี อุณหภูมิที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 20 – 25 ˚C และในช่วงก่อนออกดอกต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า 15˚C นานติดต่อกัน 2 สัปดาห์ ปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตร/ปี และมีการกระจายของฝนดี (พัชรินทร์, 2544)

อายุเริ่มให้ผลผลิต

ลำไยอายุตั้งแต่ 3 ปี จะเริ่มให้ผลผลิต และจะให้ผลผลิตเต็มที่เมื่ออายุ 7 ปีขึ้นไป ลำไยสามารถให้ผลผลิตได้มากกว่า 30 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษา และการตัดแต่งกิ่ง ช่วงอายุ 5 ปีจะให้ผลผลิตเฉลี่ย 2-5 กก./ต้น อายุ 7 ปี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 20 กก./ต้น อายุ 10 ปี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 60 กก. /ต้น อายุ 15 ปีให้ผลผลิตเฉลี่ย 100 – 190 กก. / ต้น และต้นอายุ 15 ปีขึ้นไปให้ผลผลิต 150 – 200 กก./ต้น ลำไยที่เก็บเกี่ยวผลผลิตเฉลี่ยต่อต้นสูงสุดไม่เกิน 200 กก./ต้น ปริมาณของผลผลิตอยู่ระหว่าง 60 – 90 ผล/กก. (พัชรินทร์, 2544)

การเก็บเกี่ยว

ลำไยเป็นไม้ผลประเภท non – climacteric จะใช้เวลาตั้งแต่ดอกบานจนถึงผลแก่ประมาณ 5 เดือน ดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอตั้งแต่ติดผลจนถึงแก่ใช้เวลาประมาณ 21 สัปดาห์ หรือดัชนีการเก็บเกี่ยวของลำไย อาจนับจากวันดอกบาน 50% ถึงวันเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 6 เดือน และสังเกตลักษณะของผล ดังนี้ ขนาดผลโตเต็มที่ สีของผลมีสีเข้มกว่าเดิม แต่ชาวสวนมักอาศัยความชำนาญส่วนตัวโดยสังเกตจากขนาดของผลจะโต เปลือกด้านนอกจะเรียบ เปลือกด้านในจะมีเส้นคล้ายร่างแห เมล็ดมีสีดำ เนื้อมีรสหวาน (พัชรินทร์, 2544) ลำไยในภาคเหนือจะออกดอกประมาณปลายเดือนธันวาคม-ต้นเดือนกุมภาพันธ์ และมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตออกสู่ตลาดปลายเดือนมิถุนายน-กันยายน ผลผลิตออกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม (พัชรินทร์, 2544) ดัชนีการเก็บเกี่ยวของลำไย อาจนับจากวันดอกบาน 50% ถึงวันเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 6 เดือน และสังเกตลักษณะของผล ดังนี้ ขนาดผลโตเต็มที่ สีของผลมีสีเข้มกว่าเดิม

การเก็บเกี่ยวผลลำไยมักเริ่มเก็บตั้งแต่ตอนเช้าถึงบ่าย โดยใช้บันไดหรือพะองพาดไปบนต้นและปีนขึ้นไปหักช่อผล ถ้าช่อผลอยู่ไกลมือเอื้อมไม่ถึงจะใช้ตะขอดึงกิ่งแล้วโน้มหักช่อ ผลลำไยที่เก็บเกี่ยวจะบรรจุใส่เข่ง นำมาตกแต่งใบและก้านที่ไม่มีผลออก แต่ละช่อให้มีก้านยาวประมาณ 5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

นิ้ว คัดขนาดผล และบรรจุลงในภาชนะต่างๆ เช่น ตะกร้าพลาสติก หรือ กล่องกระดาษ ในการเก็บเกี่ยวลำไยจะเก็บเกี่ยวครั้งเดียวให้หมดทั้งต้น หรือเก็บไม่เกิน 2 ครั้ง การเก็บเกี่ยวควรระวังไม่ให้ผลเกิดแผล และนำผลผลิตเข้าที่ร่มหรือในโรงเรือนคัดขนาดและจัดชั้นคุณภาพบรรจุหีบห่อ (พัชรินทร์, 2544)

คุณค่าทางอาหาร

ลำไยในภาษาจีนกลางเรียกว่า "หลงเยี่ยน" แปลว่าตามังกร ซึ่งชาวจีนถือว่า เนื้อลำไยเป็นยาที่สำคัญชนิดหนึ่ง มีสรรพคุณบำรุงเลือด หัวใจและม้าม ช่วยชะลอความชราและต่อต้านมะเร็ง องค์ประกอบหลักของเนื้อลำไยคือ soluble substances 79.77% ซึ่งประกอบด้วย กลูโคส 26.91 %, ซูโครส 0.22%, กรดทาทาริค 1.26%, สารประกอบไนโตรเจน 6.31%, โปรตีน 5.6%, ไขมัน 0.5% และธาตุอาหารสำคัญอื่นๆ เช่น Ca, Fe, P, Na, K และวิตามิน เนื้อลำไยมีคุณสมบัติทางยา บำรุงประสาท บรรเทาอาการนอนไม่หลับ ถ้ารับประทานขนาด 10 – 15 กรัม จะช่วยบำรุงหัวใจ และม้าม ส่วนเนื้อลำไยอบแห้งนั้นมีเกลือแร่ที่มีประโยชน์ที่ร่างกายต้องการในปริมาณน้อยอีกด้วย เช่น ทองแดง สังกะสี แมงกานีส เป็นต้น มีการนำลำไยมาแปรรูปโดยประกอบอาหารได้หลายชนิด คือ ขนมไทย ข้าวเหนียวเปียกลำไย บัวลอยลำไยไข่หวาน วุ้นลำไย ลำไยลอยแก้ว น้ำลำไย ขนมอบต่างๆ นอกจากนั้นเนื้อลำไยแห้งนำมาเป็นส่วนผสมแทนผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้ เช่น คุ๊กกี้ลำไย แพนเค้กลำไย พายลำไย มีการนำลำไยมาดัดแปลงเป็นอาหารคาว เช่น ซุปไก่ ตุ๋นลำไย เป็นอาหารที่มีคุณค่าช่วยบำรุงสมอง และปลาทอดกรอบราดหน้าผลไม้ เป็นต้น การนำลำไยมาแปรรูปให้มีความหลากหลายและนำมาผลิตเป็นการค้าเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจ และยังช่วยเพิ่มมูลค่าลำไยด้วย (พัชรินทร์, 2544)

การผลิต และปัญหาลำไยภายในประเทศ

พื้นที่ปลูกลำไยของประเทศไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2537 เป็นต้นมา เนื่องจากรัฐบาลสนับสนุนให้มีโครงการปรับโครงสร้างและระบบการผลิตการเกษตร ซึ่งทำให้เกษตรกรหันมาปลูกลำไยทดแทนนาข้าวเพราะให้ผลตอบแทนสูงกว่า ประกอบกับมีการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต และโซเดียมคลอเรต เพื่อกระตุ้นให้ลำไยออกดอกติดผลทั้งในฤดูและนอกฤดู จึงทำให้พื้นที่ปลูกลำไยกระจายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพื้นที่ปลูกลำไยทั่วประเทศในปี 2544 มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศ 633,280 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ให้ผลแล้ว 357,887 ไร่ ให้ผลผลิตสดรวม 227,800 ตันหรือเฉลี่ย 634 กก./ไร่ แต่ในอนาคตรัฐบาลต้องการรักษาระดับพื้นที่ปลูกไม่ให้เกิน 650,000 ไร่ แหล่งปลูกลำไยที่สำคัญในปัจจุบันคือ เชียงใหม่ (31.4%) ลำพูน (28.8%) เชียงราย (8.8%) และจังหวัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อื่น ๆ เช่น เลย จันทบุรี และสระแก้ว (กรมวิชาการเกษตร, 2546) เกษตรกรนิยมปลูกพันธุ์ดอมากที่สุด รองมาคือ พันธุ์เบี้ยวเขียวและสีชมพู ต้นทุนการผลิตลำไยสดปี 2544 ประมาณ 7,560 บาทต่อไร่ หรือ 13.70 บาท/กก. ในขณะที่เกษตรกรขายได้ 25 บาท/กก. ปัญหาด้านการผลิตลำไยคือ ต้นทุนการผลิตสูง คุณภาพผลผลิตต่ำ ผลผลิตต่ำ ผลผลิตประมาณ 70% กระจุกตัวในช่วง ก.ค.-ส.ค. และทำให้ราคาตกต่ำ ตลอดจนเกษตรกรขาดความรู้ในการจัดการสวนอย่างถูกต้องและเหมาะสม

ผลผลิตลำไยใช้บริโภคภายในประเทศ 30% ส่งออกในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์ 70% และไม่มีการนำเข้าลำไย ในปี 2544 ประเทศไทย ส่งออกผลสดและผลิตภัณฑ์ลำไยรวม 119,500 ตัน คิดเป็นมูลค่า 3,200 ล้านบาท ผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกได้แก่ ลำไยอบแห้ง ลำไยกระป๋องและลำไยแช่แข็ง ตลาดต่างประเทศที่สำคัญคือ จีน ฮ่องกง มาเลเซีย สิงคโปร์และสหรัฐอเมริกา ประเทศคู่แข่งที่สำคัญของไทยคือ ประเทศจีนและเวียดนาม เช่นในปี 2542 ประเทศจีนมีพื้นที่ปลูกลำไย 3.45 ล้านไร่และมีผลผลิตรวม 882,000 ตัน ดังนั้นประเทศไทยต้องปรับปรุงคุณภาพสินค้าให้ได้มาตรฐานส่งออกและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในเชิงพาณิชย์ให้มากขึ้น (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 พื้นที่ให้ผลผลิต ผลผลิตและผลผลิตเฉลี่ยของลำไย ในปี 2540-2549

ปี	พื้นที่ให้ผลผลิต (ไร่)	ผลผลิตสด (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่(กิโลกรัม)
2540	258,964	250,359	967
2541	275,108	33,771	123
2542	295,137	142,553	483
2543	331,069	358,420	1,083
2544	357,887	227,800	634
2545	545,000	430,000	787
2546	619,000	369,000	596
2547	680,000	597,000	878
2548	821,000	712,000	867
2549	870,000	472,000	542

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550)

การผลิตต่างประเทศ

นอกจากประเทศไทยแล้วประเทศที่ผลิตลำไยในเชิงการค้าได้อีกคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน เวียดนาม เกาหลีและไต้หวัน โดยประเทศคู่แข่งที่สำคัญคือ สาธารณรัฐประชาชนจีน และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เวียดนาม แหล่งผลิตลำไยของสาธารณรัฐประชาชนจีนอยู่ในมณฑลกวางตุ้ง ฟูเจี้ยน ไหหลำและกวางสี โดยพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้นจาก 2.78 ล้านไร่ในปี 2540 เป็น 3.45 ล้านไร่ในปี 2542 และผลผลิตรวม 882,000 ตัน คาดว่าในปี 2547 พื้นที่ปลูกจะขยายเป็น 4.45 ล้านไร่ สำหรับประเทศเวียดนามมีพื้นที่ปลูกลำไยปี 2542 ประมาณ 0.319 ล้านไร่ ผลผลิต 0.30 ล้านตัน แหล่งผลิต คือ ตอนใต้แถบแม่น้ำโขง

การค้าลำไยระหว่างประเทศไทยและจีน

การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวลำไยสดประเทศจีน

หลังการเปิดเสรีสินค้าผักและผลไม้ระหว่างไทย-จีน เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2546 ส่งผลให้การค้าในสินค้ากลุ่มดังกล่าวระหว่างไทยและจีนขยายตัวในระดับสูง โดยการค้าระหว่างไทย-จีนในสินค้าผักและผลไม้ ในช่วงเดือนตุลาคม 2546–เมษายน 2547 มีมูลค่า 8,789 ล้านบาท เพิ่มขึ้นร้อยละ 32.73 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปี 2546 ซึ่งมีมูลค่า 6,621 ล้านบาท โดยการส่งออกและนำเข้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.9 และ 128.23 ตามลำดับ ทั้งนี้ ไทยเป็นฝ่ายเกินดุลการค้ากับจีนคิดเป็นมูลค่า 2,506.3 ล้านบาท เพิ่มขึ้น 20.95% เมื่อเทียบกับระยะเดียวกันของปีที่ผ่านมา สินค้าที่ไทยส่งออกเป็นมูลค่าสูง ได้แก่ ลำไยแห้ง ลำไยสด ทุเรียน สับปะรด และมันสำปะหลัง (อัดเม็ด/มันเส้น) ส่วนสินค้าที่ไทยนำเข้ามูลค่าสูง ได้แก่ แอปเปิ้ล แพร์และควินซ์ การตรวจสอบด้านสุขอนามัยของจีนมีความเข้มงวดมาก และการปฏิบัติมีความแตกต่างกันแต่ละมณฑล ทำให้ขาดมาตรฐาน นอกจากนี้ การตรวจสอบ ณ เมืองท่า ใช้เวลานาน ก่อนการนำเข้าสินค้าผักและผลไม้ บริษัทนำเข้าจะต้องขอใบอนุญาตด้านสุขอนามัย (Inspection Quarantine License) จากกระทรวงควบคุมคุณภาพและกักกันโรคของจีน (AQSIQ) ณ กรุงปักกิ่ง ไม่ว่าจะนำเข้าจากมณฑลใดล่วงหน้า และเมื่อสินค้ามาถึงท่า จะทำการตรวจสุขอนามัยอีกครั้ง การขนส่งสินค้าทางเรือของไทยไปจีน หลายครั้งต้องประสบปัญหาแม่น้ำตื้นเขิน เพราะจีนมีเขื่อนกักเก็บน้ำไว้ทางตอนบน ทางตอนเหนือของสิบสองปันนา ในส่วนของการขนส่งทางอากาศยังไม่มีปัญหา แต่จำนวนอากาศยานพาณิชย์ของไทยที่ขนส่งสินค้าเข้าจีนมีจำนวนไม่มากพอ ส่วนการขนส่งทางบกยังอยู่ในระหว่างเร่งการก่อสร้าง แต่การขนส่งภายในจีนยังไม่ดีพอ ผู้ส่งออกสินค้าผักและผลไม้ของไทยไปจีน ร้องเรียนว่า จีนเก็บภาษีมูลค่าเพิ่มจากสินค้านำเข้าในอัตราสูงกว่าที่เก็บจากสินค้าที่ผลิตในประเทศ โดยจีนมิได้เก็บภาษีมูลค่าเพิ่มกับผลไม้ (สินค้าเกษตร) ที่ปลูกในประเทศ ทำให้เกิดความไม่เป็นธรรมแก่ผลไม้ส่งออกของไทย

ประเทศจีนสามารถส่งลำไยสดไปประเทศที่เข้มงวดทางการค้า คือ กลุ่มลูกค้าเชื้อสายจีนที่อาศัยในสหรัฐอเมริกาโดยใช้วิธีอื่นๆ ทดแทนการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจาก อเมริกาห้ามใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ cold treatment เพื่อฆ่าหนอนแมลงวันทองในผลไม้ โดยจีนสามารถผ่านวิธีการประเมินความเสี่ยง (pest risk assessment; PRA) ในสินค้าลำไยสดนำเข้าของอเมริกา ประกอบกับประเทศจีนได้รับสิทธิพิเศษในเรื่องการลดหย่อนภาษีศุลกากร จากอเมริกาทำให้อเมริกาขาดดุลการค้าสูงมากกับจีน คาดว่าจากการที่จีนได้เน้นการผลิตลำไยให้มากขึ้นเพื่อให้เพียงพอกับการบริโภคในประเทศและต่อการส่งออก ดังนั้นในอนาคตประเทศไทยต้องมีการศึกษาเทคโนโลยีทดแทนเพื่อหันมาส่งลำไยไปประเทศอื่นๆ คือ อินเดีย อเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย ให้มากขึ้นในอนาคต (กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 2547)

สัณฐานวิทยาของผลลำไย (Morphology of Longan)

เปลือกของผลลำไย (pericarp) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุด (outermost epicarp) มีเซลล์ต่างๆ คือ cuticle ปกคลุม เซลล์ epidermis และ sclerenchyma เป็นส่วนประกอบ ชั้นกลาง (mesocarp) นั้นมีเนื้อเยื่อ parenchyma และชั้นในสุดเป็นเซลล์ที่บางมากคือ epidermall cell (Qu *et al*., 2001 and Jiang *et al*., 2002)

ผลการศึกษาโครงสร้างของเปลือกผลลำไยพันธุ์ดอและเบี้ยวเขียวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope; SEM) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดลำแสงส่องผ่าน (transmission electron microscope; TEM) พบว่าบริเวณผิวเปลือกด้านนอกของผลลำไยมีรูเปิดธรรมชาติและมีลักษณะเป็นรอยแตกทั่วทั้งผิวผล มีคิวติเคิลบางๆ ปกคลุมอย่างไม่ต่อเนื่อง มีไตรโคม (trichomes) กระจายอยู่เป็นกลุ่มบนผิวเปลือกผลลำไย และพบสโตมาตา (stomata) บริเวณที่มีไตรโคม เมื่อตัดเปลือกผลลำไยตามขวางและส่องดูด้วยกล้อง SEM พบว่าเปลือกผลลำไยมีความหนาประมาณ 550-700 ไมโครเมตร และเปลือกผลลำไยทั้ง 2 พันธุ์ มีโครงสร้างคล้ายกัน สามารถแบ่งออกตามรูปร่างของเซลล์ได้เป็น 3 ชั้น ซึ่งแยกออกจากกันอย่างไม่ชัดเจน คือ เปลือกชั้นนอก (exocarp) เริ่มจากคิวติเคิลลงมา 2-3 ชั้น เซลล์ชั้นบนสุด (epidermis) ที่ติดกับคิวติเคิลและเซลล์ชั้นถัดลงมามีรูปร่างสี่เหลี่ยมที่จัดเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ เปลือกชั้นกลาง มีความหนาประมาณ 70% ของความหนาเปลือก เป็นเซลล์ที่มีรูปร่างทั้งยาวรีและค่อนข้างกลมเรียงตัวกันอย่างไม่เป็นระเบียบ และมีช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular spaces) ขนาดใหญ่กระจายอยู่ทั่วไป และพบกลุ่มท่อน้ำ ท่ออาหาร และ stone cell มีผนังเซลล์หนา และไม่พบอวัยวะภายในเซลล์ รวมทั้งไมโตคอนเดรีย ส่วนสโตนเซลล์มีผนังเซลล์หนา และไม่พบอวัยวะภายในเซลล์ใดๆ อยู่ภายในเซลล์ เปลือกชั้นใน (endocarp) เป็นเซลล์รูปร่างสี่เหลี่ยมจตุรัสชั้นเดียวเรียงต่อกันอย่างเป็นระเบียบ ขณะที่ผิวด้านในของเปลือกผลลำไยมีลักษณะเป็นคลื่นเล็กน้อยเมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่องดูด้วยกล้อง SEM ส่วนเนื้อผลลำไยพันธุ์ดอมีลักษณะเนื้อใสสีขาว พันธุ์เบี้ยวเขียวมีสีขาวขุ่น และพันธุ์สีชมพูมีเนื้อสีขาวปนชมพู ซึ่งมีสารสีแดงแทรกตัวอยู่จากผิวด้านบนของเนื้อลงไปในเนื้อผลลำไยประมาณ 1 ใน 4 ของความหนาเนื้อ (สมคิด และคณะ, 2548) ส่วนประกอบทางเคมี ดังที่แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของผลลำไยสดหลังการเก็บเกี่ยว

ส่วนประกอบทางเคมี	ปีที่ศึกษา	
	2536	**2537**
เนื้อผล (%น้ำหนักแห้ง)	19.80±0.20	16.50±0.70
เปลือกผล (%น้ำหนักแห้ง)	35.70±0.60	35.60±0.40
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (%)	20.10±0.10	18.30±0.20
ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (มิลลิกรัม/กรัม)	184.00±7.00	154.00±11.00
ซูโครส (มิลลิกรัม/กรัม)	72.00±15.00	29.00±3.00
กลูโคส (มิลลิกรัม/กรัม)	22.00±17.00	17.00±1.00
ฟรุคโตส (มิลลิกรัม/กรัม)	28.00±17.00	23.00±1.00
ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	2.30±0.10	2.10±0.10
พีเอช	6.20±0.10	6.40±0.10
กรดซิตริก (มิลลิกรัมสมมูล /กรัม)	0.13±0.01	0.12±0.01
กรดมาลิก (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	0.89±0.16	0.35±0.07
กรดซัคซินิค (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	1.85±0.19	1.15±0.11
กรดแอสคอร์บิค (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	2.00±0.20	1.40±0.20
ปริมาณของฟีนอลทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูล/กรัม)	0.80±0.10	0.50±0.10

ที่มา: Paull and Chen (2539)

ปัญหาสำคัญของผลลำไยหลังการเก็บกี่ยว

1. การเกิดสีน้ำตาลของเปลือก

ลำไยที่อุณหภูมิปกติเป็นผลไม้ที่สามารถเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลภายใน 3-4 วันหลังการเก็บเกี่ยว การเก็บรักษาลำไยที่อุณหภูมิต่ำควรมีความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เพราะถ้าสูงเกินกว่านี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีผลต่อการเสื่อมสภาพโดยเกิดอาการฉ่ำน้ำได้เร็วขึ้น (water soaking) แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมีผลต่อการสูญเสียความชื้นในเปลือกอย่างรวดเร็ว ทำให้เชื้อโรคหลายชนิดที่สามารถเข้าทำลายผลลำไยซึ่งมีความชื้นและปริมาณน้ำตาลสูง เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และยีสต์ เป็นต้น เอนไซม์ (polyphenol oxidase ; PPO) เมื่อสกัดจากเปลือกลำไยจะทำงานได้ดีเมื่ออยู่ที่ อุณหภูมิ 35 ˚C pH 6.5 ดังนั้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำย่อมไปลดกิจกรรมของเอนไซม์สีน้ำตาลใน 7 วันแรก และระดับของเอนไซม์จะสูงขึ้นอีกครั้งในอายุการเก็บรักษา 30 วัน (Jiang, 1999; Wu *et al*., 1999) การเกิดสีน้ำตาลมีผลเกี่ยวข้องกับการสูญเสียความชื้น น้ำ การเสื่อมสภาพของผล การสะท้านหนาว และศัตรูพืชเข้าทำลายเนื้อเยื่อต่างๆ ภายในผล (Qu *et al*., 2001)

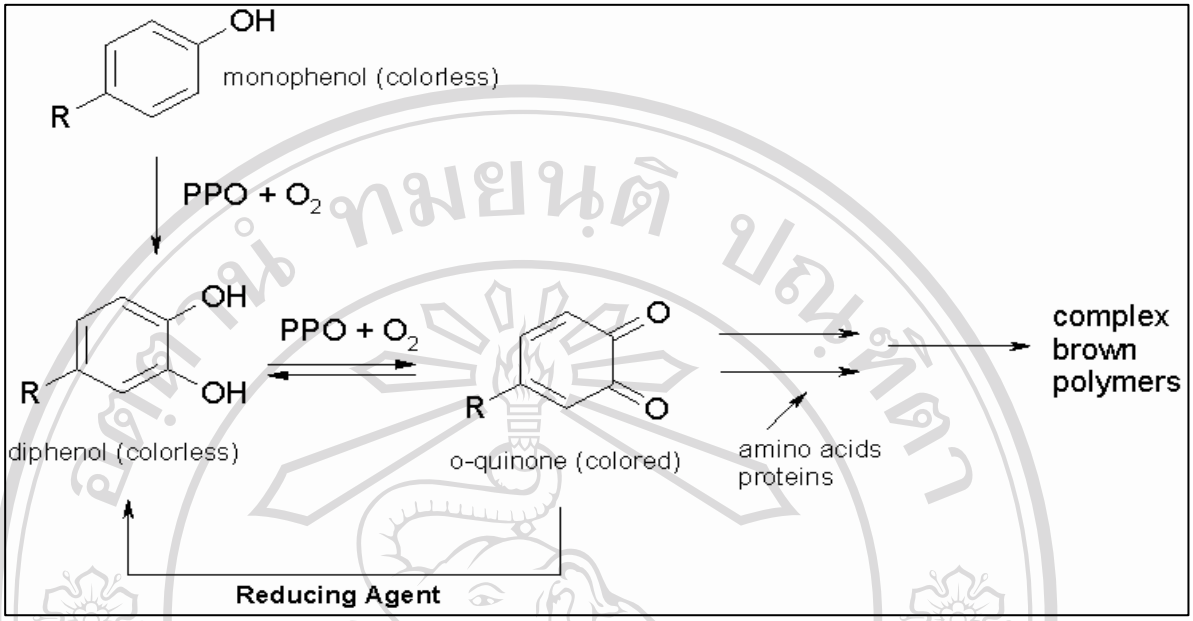
เอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (Polyphenol oxidase; PPO)

เอนไซม์ PPO เป็นโปรตีนชนิด metalloprotein คือ มีทองแดงเป็นองค์ประกอบในโมเลกุล มีชื่อตามระบบแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. EC.1.14.18.1 ได้แก่ monophenol monooxygenase, creslose หรือ tyrosinase
2. EC.1.10.3.2 ได้แก่ diphenol oxidase, catechol oxidase หรือ diphenol oxygen oxidoreductase
3. EC.1.10.3.1 ได้แก่ laccsae หรือ p-diphenol oxygen oxidoreductase

เอนไซม์ PPO สามารถพบได้ในสัตว์ พืช และจุลินทรีย์ หน้าที่ของเอนไซม์ PPO ในพืชชั้นสูงมีรายงานว่าเกี่ยวข้องกับกลไกการต่อต้านเชื้อโรคที่เกิดจากจุลินทรีย์และแมลง (Busch, 1999) การทำให้เกิดจุดไหม้ (necrosis) บนเนื้อเยื่อผลไม้ (Paull and Chen, 2000) ในที่นี้ เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์มีขั้นตอน คือ เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบโมโนฟีนอลที่อยู่ในพืชเมื่อสัมผัสกับก๊าซออกซิเจนในอากาศและมีเอนไซม์ PPO เข้าร่วมจะเกิดปฏิกิริยาไฮดรอกซิเลชั่น (hydroxylation) เกิดเป็นสาร ออโท-ไดฟีนอล (o-diphenol) สารนี้จะถูกออกซิไดส์ต่อด้วยออกซิเจนและ เอนไซม์ PPO เกิดเป็น o-quinone จากนั้นสารนี้จะทำปฏิกิริยาต่อกับสารที่มีโมเลกุลใหญ่เช่น สารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และสารประกอบอื่นๆ เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชั่น (polymerization) เป็นสารโพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลใหญ่มีสีน้ำตาลและมีโครงสร้างซับซ้อน (Mayer and Harel, 1979; Lyengar and McEvily, 1992) ดังภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 1 หน้าที่หลักของตัวลดปฏิกิริยา เช่น sulphiting agents ที่ยับยั้งการทำงานของ enzymaticbrowning คือ การลดสารสีตั้งต้น (quinones) ทำให้ไม่มีสี และลดปฏิกิริยาของ diphenols

หทัยชนก (2533) ศึกษาการเกิดสีน้ำตาลในลำไยโดยปฏิกิริยาเอนไซม์ โดยหาการเกิดสีน้ำตาล (degree of darkening) กิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส วิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลซึ่งเป็นสารตั้งต้นของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล และวิเคราะห์หาปริมาณวิตามินซี ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา ทั้งในลำไยสด ลำไยแห้ง และลำไยกระป๋อง พบว่า ในลำไยมีปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยอาศัยเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และซับสเตรทฟีนอล โดยในสภาวะที่มีออกซิเจน ฟีนอลจะถูกออกซิไดซ์เป็นสารควิโนน ซึ่งเกิดปฏิกิริยาต่อได้เป็นสารสีน้ำตาล นอกจากนี้ยังพบวิตามินซีปริมาณเล็กน้อยในลำไยสดและลำไยแห้งเมื่อนำลำไยสดมาอบในเตาอบไมโครเวฟ นาน 1 นาที พบว่าที่กำลัง 80 - 360 วัตต์ สามารถลดการทำงานของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสได้ ส่วนการแช่เนื้อลำไยสดในสารละลายโซเดียมไบซัลไฟต์ 0.1 % (w/v) ก่อนอบในเตาไมโครเวฟไม่ได้ลดการทำงานของเอนไซม์นี้อย่างเห็นได้ชัด

กิจกรรมของเอนไซม์ PPO มีความสัมพันธ์กับความเสียหายทางกายภาพของผลไม้ โดยอาจเกิดขึ้นจากการชักนำของอาการสะท้านหนาว การได้รับอุณหภูมิสูงเกินไป การสูญเสียน้ำ การเสื่อมสภาพของผลไม้ และการเข้าทำลายของโรค และแมลง ซึ่งมีส่วนทำให้โครงสร้างของเซลล์เสียหาย เอนไซม์ที่อยู่ในบริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์ และช่องว่างในเซลล์จะไหลออกพบกันกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารตั้งต้น เป็นผลทำให้เกิดสีน้ำตาลขึ้น(Underhill, 1992) ซึ่ง Jiang (1999) สกัดแยกเอนไซม์ PPO ในเปลือกของลำไยพันธุ์ Shixia และทำให้บริสุทธิ์ พบว่าเอนไซม์ในเปลือกผลลำไยสามารถเร่งปฏิกิริยาได้ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-7 โดยมี pH ที่เหมาะสมอยู่ที่ pH 6.5 และอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ ที่อุณหภูมิ 35°C โดยสารตั้งต้นที่เอนไซม์ PPO จากเปลือกลำไยทำปฏิกิริยาด้วยได้แก่ 4-methylcatechol และ catechol และพบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ PPO ค่อนข้างต่ำเมื่อเก็บเกี่ยวผลลำไย และลดลงระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำในช่วง 7 วันแรก และเพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งภายหลังจากเก็บรักษานาน 30 วัน และลดลงอีกครั้งในช่วงสุดท้าย

Jiang *et al.*(2002); และ Underhill (1992); and Xu *et al*. (1998) ; Wu *et al*. (1999) (อ้างโดย Jiang *et al*., 2002) กล่าวว่าผลลำไยมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลอย่างรวดเร็วหลังจากการเก็บเกี่ยวภายใน 2-3 วัน โดยมีสาเหตุจากการสูญเสียน้ำ (dessication) หรือความเครียดจากการได้รับความร้อน (heat stress) การเสื่อมสภาพ (senescence) การเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) และจากการทำลายของโรค(pathogens) และแมลง (insect pest) ต่อมา Pan(1994) สังเกตเห็นว่า การเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นเริ่มแรกในเซลล์ของชั้น mesocarp ลุกลามเข้าไปในชั้น endocarp ซึ่ง Qu *et al*. (2001) อ้างโดย Jiang *et al.* (2002) การเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นทั้งผิวเปลือก (pericarp) ทั้งส่วน epicarp และ ชั้นนอกของ mesocarp และยังพบอีกว่า cuticle ที่ปกคลุมส่วนของ pericarp อยู่ มีความหนาน้อยมาก เนื้อเยื่อของเปลือกผลลำไยประกอบด้วยชั้นของ cork ที่ไม่มีการพัฒนา stone cell และ parenchyma cell ที่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ขนาดใหญ่ ในสภาพอุณหภูมิห้องพบว่ามีการสลายตัวของโครงสร้างเซลล์อย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้เซลล์สูญเสียความสามารถในการขวางกั้นเอนไซม์ ทำให้เอนไซม์ PPO ที่อยู่บริเวณช่องว่างระหว่างเซลล์และช่องว่างภายในเซลล์ไหลทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้นได้ง่ายขึ้น เป็นผลทำให้เกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้น (Underhill, 1992)

การเกิดสีน้ำตาลเกิดจากเอนไซม์ PPO กับสารตั้งต้นคือ สารประกอบฟีนอลต่างๆ (Jiang, 1999; Tian *et al*. 2002 อ้างโดย Jiang *et al,* (2002) การสูญเสียน้ำของผลลำไยทำให้เกิดเอนไซม์ PPO ดังนั้น ถ้ามีการป้องกันการสูญเสียน้ำจะป้องกันการเกิดสีน้ำตาลนี้ได้ (Lu *et al*., 1992 อ้างโดย Jiang *et al,* 2002) ต่อมา Jiang (1999) (อ้างโดย Jiang *et al*., 2002) ได้ทำการแยกเอนไซม์ PPO จากเปลือกผลลำไยพันธุ์ Shixia (fruit peel) พบว่าสารตั้งต้นที่จำเพาะเจาะจงกับเอนไซม์ PPO คือ pyrogallol, 4-methylcatechol และ catechol เอนไซม์สามารถทำงานได้ดีที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 35°C และจะสูญเสียความสามารถลงครึ่งหนึ่งเมื่อเจอความร้อน 50°C นาน 20 นาที เมื่อนำเอนไซม์ PPO มาทดสอบกับสารเคมีต่างๆ เพื่อดูการยับยั้ง PPO ปรากฏว่าสาร reduced glutathione ยับยั้งดีที่สุด รองลงมาคือ L–cyteine, thiourea, $FeSO_4$ และ $SnCl_2$ ตามลำดับ นอกจากนี้ Wu *et al*. (1999) อ้าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดย Jiang *et al*. (2002) พบว่า เอนไซม์ PPO มีปริมาณต่ำมากในช่วงเก็บเกี่ยวและในช่วงการเก็บรักษาอุณหภูมิต่ำใน 7 วันแรก แต่จะเพิ่มมากขึ้นสูงสุดหลังจากครบ 30 วัน และจากนั้นจะต่ำลงอีก

2. ปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเกิดอาการสะท้านหนาว (Chilling Injury)

อาการสะท้านหนาว (chilling injury) เป็นอาการที่รวมถึงการเปลี่ยนสีน้ำตาลของผิวเปลือก และยังเพิ่มการเสื่อมสลายของผลต่อเชื้อโรคต่างๆ การสูญเสียรสชาติของเนื้อด้วย การที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจากสีน้ำตาลอ่อน (light brown) เป็นสีน้ำตาลเข้ม (dark brown) มีสาเหตุจากการสูญเสียน้ำของลำไย (water stress หรือ desiccation)

การเกิดอาการสะท้านหนาวปรากฏในลำไยที่อุณหภูมิ 5-7°C การเกิดสะท้านหนาวเกี่ยวข้องกับชนิดของพันธุ์ และพื้นที่ปลูก Wang (1998) และ Shi (1990) รายงานว่า อุณหภูมิที่ทำให้เกิดอาการสะท้านหนาวของลำไย คือ 0 °C พันธุ์เบี้ยวเขียวที่เก็บที่ 7.5 °C เกิดสะท้านหนาวหลังจากเก็บรักษา 12 วัน (Zhou *et al*. ,1997) รายงานว่าลำไยพันธุ์ Shixia เมื่อเก็บรักษานาน 14 วันที่ 0 °C จะเกิดอาการสะท้านหนาวเล็กน้อย และมีจุดฉ่ำน้ำเล็ก (water spot) หรือจุดรอยไหม้คล้ายโดนแดดเผา (scald spot) ในบริเวณ endocarp Wang (1998) รายงานว่าการเกิดอาการสะท้านหนาวจะเกิดหลังจาก 21-28 วัน อาการสะท้านหนาว คือ เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจุดฉ่ำน้ำ การต้านทานต่อเชื้อโรคจะลดลงเมื่อนำผลที่สะท้านหนาวออกมาที่อุณหภูมิปกติ

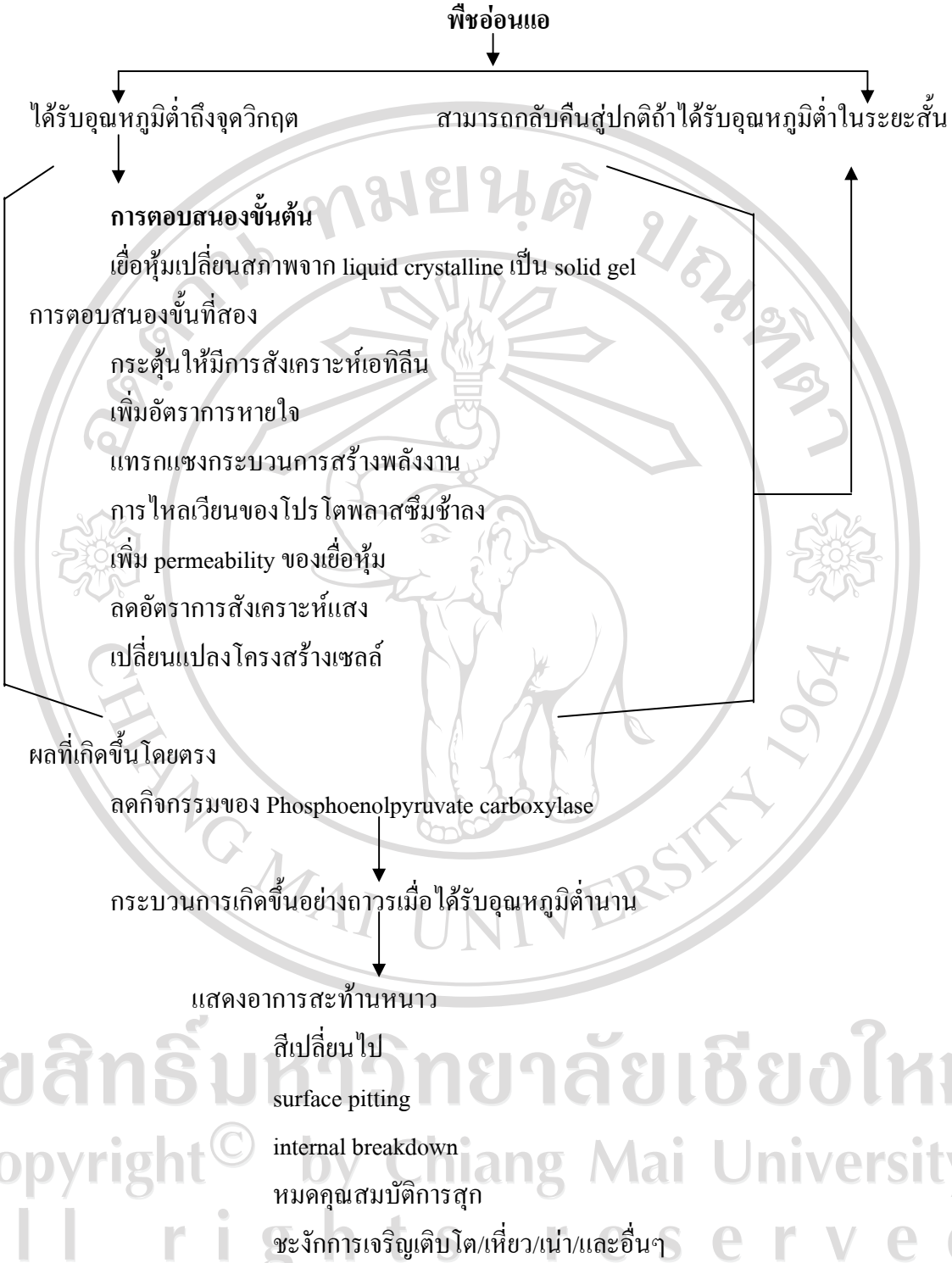
สมมุติฐานการสะท้านหนาวของ Lyon (1973) กล่าวว่า อาการผิดปกติทางสรีรวิทยาเนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำแต่สูงกว่าจุดเยือกแข็ง (chilling injury) สันนิษฐานว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพของ กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ phospholipid ของเยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆ (เยื่อหุ้มเซลล์ต่างๆ มีโครงสร้างของฟอสโฟลิปิด และโปรตีนเป็นองค์ประกอบ)เปลี่ยนจากสภาพที่อ่อนตัว (liquid crystaline) มาเป็นลักษณะที่แข็ง (solid gel) ทำให้การทำงานของเยื่อหุ้มนั้นเสื่อมลง เกิดการสะสมของสารพิษ หรือเกิดการรั่วไหลของไอออน (ion leakage) ทำให้ผลิตผลเสื่อมสภาพและตายไปในที่สุด และสันนิษฐานว่าพวกที่มีกรดไขมันของ phospholipid ที่เป็นกรดไขมันอิ่มตัวจะเกิดความเสียหายเนื่องจากความเย็นได้ง่ายกว่าพวกที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว แต่ทั้งนี้ยังไม่พบความสัมพันธ์ที่แน่ชัด ดังนั้นสารประกอบฟีนอลจึงอาจไหลออกจากออร์แกแนลล์ และถูกเอนไซม์ PPO เปลี่ยนสารประกอบฟีนอลให้เป็น quinone โดยมี O_2 ร่วมในปฏิกิริยา จากนั้น quinone รวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหญ่ และเกิดเป็นสารสีน้ำตาลขึ้น (จริงแท้, 2541) ซึ่งสันนิษฐานว่าพวกที่เป็นกรดไขมันชนิดอิ่มตัวในฟอสโฟลิปิดจะเปลี่ยนสภาพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของเหลวเป็นของแข็งได้ง่ายกว่ากรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่ทนอุณหภูมิต่ำได้ดีกว่า และยังคงสภาพของเหลวอยู่

การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีและสรีรวิทยาเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำมีการตอบสนองต่อสภาวะความเครียดของพืชที่อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะเวลา คือ ระยะแรก (primary response) เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์อาจนำไปสู่การตอบสนองในระยะที่สอง(secondary response) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ถาวรหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ได้รับและระยะเวลาที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ การเปลี่ยนแปลงขั้นต้นจะนำไปสู่การเสีย membrane intergrity เกิดการรั่วไหลของสารละลาย เยื่อหุ้มหมดคุณสมบัติในการแบ่งเซลล์ออร์กาแนลล์ต่างๆ ออกจากกัน อัตราการหายใจของไมโตคอนเดรียลดลง เอนไซม์ที่ติดกับเยื่อหุ้มต่างๆ มี energy of activation สูงขึ้น จากนั้นการไหลของโปรโตพลาสซึมในเซลล์หยุดชะงัก อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เซลล์ต่างๆ ทำงานไม่ได้และไม่สมดุล มีการสะสมสารพิษ นำไปสู่การสะท้านหนาว และเนื้อเยื่อตาย (ดนัย, 2540; Wang, 1982)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 2 โครงสร้างของการตอบสนองต่ออุณหภูมิต่ำในพืชพันธุ์ที่อ่อนแอ ต่ออาการสะท้านหนาว

การเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) มักเกิดกับผลผลิตในเมืองร้อนมากกว่าเมืองหนาวโดยจะเกิดในระหว่างการขนส่ง การเก็บรักษา ตลาดขายส่งและขายปลีก ในตู้เย็นในบ้านโดยมีลักษณะอาการแตกต่างกันไปตามชนิดของผลผลิต คือ

1. การยุบตัวเป็นจุด (surface pitting) เกิดจากผลผลิตสูญเสียน้ำมากทำให้ผิวยุบตัวลงเป็นเป็นหลุมกระจายทั่วผล และขยายวงใหญ่ได้ พบใน มะเขือเทศ พริกและมะนาว

2. การฉ่ำน้ำ (water soaking) มักเกิดกับใบเนื่องจากการสะลายตัวของโครงสร้างเซลล์ผิว

3. สีของเนื้อและเปลือกเปลี่ยนไป จากกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase ที่ออกซิไดส์กับสารประกอบฟีนอลที่อยู่ในเซลล์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลรอบๆ ท่อน้ำ และท่ออาหารในเปลือก เนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำเกินไป

4. การสลายตัวของเนื้อเยื่อ ทำให้มีการรั่วไหลของสารเมตาโบไลต์ออกจากเซลล์ เช่น กรดอะมิโน น้ำตาลและแร่ธาตุต่างๆ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ผิวนอกผลผลิตเข้าทำลายได้ง่าย

5. ขาดคุณสมบัติในการสุก เนื่องจากได้รับอุณหภูมิต่ำนานเกินไป

6. นอกจากนั้นอุณหภูมิต่ำเกินไปยังไปเร่งอัตราการเสื่อมสภาพ(senesence) และอายุการเก็บรักษาให้สั้นลง มีองค์ประกอบทางเคมีที่เปลี่ยนไป รสชาติและกลิ่นผิดจากเดิม และไม่สามารถงอกเจริญเติบโตได้ (ดนัย, 2540)

การเก็บที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดกระบวนการต่างๆ ภายในผลลงได้ พบว่าสามารถเก็บรักษาผลลำไยได้นานถึง 21 วันที่อุณหภูมิ 5°C (อรรณพ และคณะ, 2534) นาน 30 วัน ที่อุณหภูมิ 2-5 °C (สถาบันอาหาร, 2541) นาน 2–4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 5±1°C (Kader , 2001) และนาน 30 วัน ที่อุณหภูมิ 1-5°C ขึ้นอยู่กับพันธุ์ (Jiang, 1999) แต่หากเก็บรักษาใต้สภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้จะทำให้ผลลำไยเกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) ได้ (Shellie and Mangan, 1994) ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาประมาณ 90 - 95%. บรรจุภัณฑ์จะช่วยการลดการสูญเสียน้ำซึ่งช่วยป้องกันการเปลี่ยนสีเปลือกเป็นสีน้ำตาลเข้มได้

Jiang (1999) ลำไยทั้งสองพันธุ์ คือ Shixia และ Wuyuan (ปลูกที่กวางโจ(Guangzhou) จีน) เก็บรักษาที่ 1, 2.5 หรือ 5 °C นาน 30 วัน ปรากฏว่าเชื้อโรคถูกควบคุมทั้งสองพันธุ์ที่อุณหภูมิ 4 °C แต่มีอาการสะท้านหนาวเกิดขึ้นที่ผิวของพันธุ์ Wuyuan เพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานาน 20 วัน พันธุ์ Wuyuan อ่อนแอต่อการสะท้านหนาวกว่าพันธุ์ Shixia ที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 2.5 °C ส่วนการเก็บรักษาพันธุ์ Shixia ที่ 1 °C ภายใต้สภาพอากาศดัดแปลง ควรเพิ่มก๊าซ carbondioxide (6-8%) และลดก๊าซ oxygen (4-6%) จะให้ผลดีต่อการคุมเชื้อโรค และคุณภาพผล

ดนัย (2543); พูนศักดิ์ (2544) รายงานว่า ผลลำไยพันธุ์ดอ (ใช้สารโพแตสเซียมคลอเรต) สีชมพู และเบี้ยวเขียวได้รับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1°C นาน 14 วันทุกพันธุ์แสดงอาการสะท้าน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนาวโดยมีสีเปลือกด้านในเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้น มีการรั่วไหลของสารอิเลคโทรไลต์ที่เปลือกมากขึ้น และสูญเสียน้ำหนักของผล เร็ว ส่วนที่อุณหภูมิ 5 และ 10 °C ผลลำไยมีลักษณะเหมือนกัน และไม่แสดงอาการสะท้านหนาว สีเปลือกด้านในและการรั่วของอีเลคโทรไลต์ที่เปลือกใช้เป็นดัชนีที่บอกถึงการเกิดอาการสะท้านหนาวได้ โดยความรุนแรงของอาการสะท้านหนาวขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการเก็บรักษา พันธุ์ ความแก่ และปริมาณธาตุอาหารภายในผล (ดนัย, 2540) ดังนั้นการเก็บผลลำไยที่อุณหภูมิต่ำจึงมีข้อจำกัด คือ ถ้าระดับอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้เกิดอันตรายจากความเย็นได้

3. การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว (Postharvest Diseases)

Pan (1994) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บรักษาและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลลำไย ปรากฏว่าขี้ผึ้ง(wax) ที่เคลือบผิวผลลำไยบนชั้น exocarp มีความบาง และไม่สมบูรณ์ ชั้นคิวติเคิลบาง lenticel ที่เชื่อมกับ intracellular spaces และ parenchyma cells ใหญ่ และมีชีวิตอยู่เป็นจำนวนมาก โครงสร้างขนาดเล็ก (microstructure) ของเซลล์ เป็นแหล่งที่อยู่ของการเกิดอาการผิดปกติทางสรีรวิทยา และการติดเชื้อโรค Lin *et al*. (1997) พบว่าการเก็บรักษาและการต้านทานต่อเชื้อโรคของผลลำไยสดเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของผิว และเนื้อ ผลลำไยบางพันธุ์ เช่น Fuyan, Shuizhang, Chike และ Pumingan ซึ่งมีผิวบางกว่า เลนติเซลใหญ่กว่า ภายใต้การพัฒนาเซลล์ชั้นคอร์ก (cock layer) มีกลุ่มของ stone cell เล็กน้อย และช่องว่างระหว่าง parenchyma ใหญ่กว่า ทำให้เก็บรักษาได้สั้นลง และไม่เหมาะแก่การขนส่ง ส่วนพันธุ์อื่นๆ คือ Dongbi, Wulongling และ Youtanben มีการต้านทานต่อเชื้อโรคมากกว่า เหมาะแก่การขนส่งเก็บรักษา ซึ่งผลเหล่านี้จะมีผิวหนา เซลล์ชั้นคอร์กหนาดี มี tumor shape และขน กลุ่มของ stone cell เรียงตัวใกล้กัน มีการพัฒนา vascular และชั้นคิวติเคิลหนา

Wang (1998) รายงานว่าในระหว่างการเก็บรักษาลำไย และขนส่ง มีเชื้อจุลินทรีย์เกือบ 106 ชนิดที่สามารถแยกจากผลลำไย โดยเฉพาะเชื้อแบคทีเรีย 36 ชนิด เชื้อรา 63 ชนิด และยีสต์ 7 ชนิด มากกว่า 20 สายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกจากผลลำไยที่เน่าแล้ว Sanh (1993) รายงานว่าเชื้อโรคที่ทำให้เกิดเน่าเปรี้ยว (sour-rot) คือ *Geotrichum candidum* และเชื้อราที่เป็นพื้นฐานโรคเน่า (base-rot disease หรือ fruit black-rot) คือ *Botryodiplodia* spp.

Kader (2001) การเกิดโรคจากเชื้อรา เช่น *Lasiodiplodia theobromae*, *Aspergillus niger*, *cladosporium sp*, และ *Fusarium sp*. การลดการเกิดโรคโดยต้องลดการเกิดการบาดเจ็บจากสิ่งต่างๆ (physical injuries) และการจัดการอุณหภูมิ (management of temperature) และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ในช่วงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวด้วย (postharvest handling)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลำไยเป็นผลไม้ที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูง โรคเน่าจึงเกิดขึ้นสม่ำเสมอ โดยแบ่งอาการผลเน่าเป็น 4 ลักษณะ (ธิดา, 2535; อ้างโดยพัชรินทร์, 2544) คือ

1. เนื้อผลเน่า ผิวเปลือกเป็นสีดำ มีรอยแตกของเปลือกเป็นเกล็ดสีดำ มีจุดสีขาวฟูๆ บริเวณขั้วผล และเนื้อผลนิ่ม บางส่วนบุ๋มลงไป มีกลิ่นฉุน

2. เนื้อผลเน่า ผิวเปลือกสีน้ำตาลคล้ำ บางส่วนผิวสีเหลืองคล้ำ บริเวณขั้วมีเส้นใยสีขาวปนน้ำตาลคลุมโยงกัน เนื้อผลนิ่มบางส่วนหลุดหายไปฉ่ำน้ำมีกลิ่นฉุน

3. เนื้อผลปกติ เปลือกมีสีน้ำตาลคล้ำ มีเส้นใยสีขาวหรือสีน้ำตาลคลุมทั่วบริเวณผล บริเวณขั้วจะมีเส้นใยของเชื้อราคลุมมากกว่าผิวเปลือก ลำไยแห้งมีกลิ่นฉุน

4. เนื้อผลและผิวเปลือกปกติมีเส้นใยคลุมบริเวณขั้วและบางส่วนของผลขาวแห้งมีเกล็ดสีเทาดำขึ้นเป็นช้ำๆ บริเวณขั้วมีเส้นใยฟูมาก กลิ่นปกติ

บาดแผลหรือรอยช้ำที่เกิดบนผลลำไยมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเน่าของผลลำไยสูง จากการทดลองใช้เข็มหมุดแทงเปลือกทะลุถึงเนื้อในผลๆ ละ 3 แห่ง พบว่าประมาณ 75% ของผลบาดแผลจะเน่าเสียภายใน 4 วัน ในอุณหภูมิห้อง ในขณะผลที่ปกติจะเน่าเสียเพียง 30 % แต่ถ้าเก็บไว้อุณหภูมิ 11 ˚C รอยขีดข่วนเกิดจากเข็มหมุดโดยไม่ถึงเนื้อเกิดความเสียหายน้อยลง ความบอบช้ำระหว่างการขนส่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเน่า จากการทดลองพบว่าลำไยที่บอบช้ำ (ใช้นิ้วมือกด 10 ครั้งต่อผล) เน่าเสียหายถึง 70 % เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 11.5˚C เป็นเวลา 11 วัน ในขณะผลที่ปกติไม่บอบช้ำแต่เสียหายเพียง 37% เท่านั้น (พัชรินทร์, 2544)

เนื่องจากลำไยเป็นผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงมากจึงมีเชื้อราหลายชนิดเข้าทำลายได้ง่าย เชื้อราอาจจะแฝงอยู่ได้ตั้งแต่ระยะที่เป็นดอกหรือผลอ่อน โดยที่ยังไม่แสดงอาการของโรค (ลักษณะของ endophytic fungi) หรือเชื้อที่ปนเปื้อนอยู่ตามผิวของผล อาจเข้าทำลายได้ในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งถ้าทำไม่ถูกวิธีมักจะเกิดรอยแผลจากความบอบช้ำ การขนส่ง การบรรจุหีบห่อ หรือแมลงทำลาย ทำให้เชื้อราเข้าทำลายได้ง่าย ทำให้เกิดผลเน่าหรือมีน้ำหวานออกมาจากรอยแผลที่เปลือกและเชื้อสามารถลุกลามทำลายผลลำไยปกติข้างเคียงในภาชนะเดียวกันได้ การเน่าเสียอันเนื่องมาจากการเจริญของเชื้อราบนผิว ซึ่งเกิดจากเชื้อราหลายชนิด เช่น *Alternaria*, *Aspergillus*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium, Mucor, Nigrospora, Penicillum, Pestalotiopsis, Paecilomyces, Phomopsis, Rhizopus, Rhizoctonia* และยีสต์ ต่อมาศิริโสภา(2545) พบว่าลำไยมีเชื้อราที่ทำลายในภาคเหนือหลักๆ 3 ชนิดคือ *Fusarium* sp. *Cladolsporium* sp. และ *Lasiodiplodia* sp. Tongdee (1997) กล่าวว่า โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญในทางการค้าคือ *Botryodiplodia* sp. *Penicillium* sp. และ *Saccharomyces* sp. โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่สร้างความเสียหายกับผลลำไยหลังการเก็บเกี่ยวมากที่สุดคือ *Botryodiplodia* sp. ผลลำไยจัดว่ามีความอ่อนแอต่อโรค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชหลังการเก็บเกี่ยวอย่างมากทั้ง แบคทีเรีย รา และยีสต์ (ตารางที่ 3) ซึ่งพบว่าเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญ คือ *Botryodiplodia* sp. และ *Geotrichum candida* (Jiang, 1997; อ้างโดย Jiang *et al*., 2002) ต่อมา Jiang et al. (2002) ตรวจพบว่ามีเชื้อจุลินทรีย์ประมาณ 106 ชนิด (species) ที่แยกได้จากผลลำไยประกอบด้วยแบคทีเรีย 36 ชนิด รา 63 ชนิด และยีสต์ 7 ชนิด ต่อมา Jiang, 1997 อ้างโดย Jiang et al. (2002) รายงานว่า *Geotrichum candida* เป็นสาเหตุโรคผลเน่าเปรี้ยว (fruit sour-rot) และ *Botryodiplodia* sp. เป็นสาเหตุโรค stem - rot และ black – rot โดยสันนิษฐานว่า *Botryodiplodia* sp. อาจจะทำลายทุกระยะตั้งแต่ก่อนเก็บจนถึงหลังเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 3 โรคพืชหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของผลลำไย

Pathogens	**References**
Bacteria	
Enterobacteria srtohrnrd, Acinetobacte sp.	Lu *et al*. (1992)
Molds	
Botryodiplodia sp.	Jiang (1997)
G. candidum Link ex Pers.	
Penicillium sp., Rhizopus sp., Altermaria sp.	Lu *et al*. (1992)
Aspergillus sp., Fusarium spp., *Lasiodiplodia theobromae*	
Pestalotiopsis sp., Cladosporium spp.	

อ้างโดย Jiang *et al*., 2002

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การยืดอายุการเก็บรักษา

1. การเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิต่ำ (cold treatment)

พูนศักดิ์ (2544) การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 ˚C ไม่แสดงอาการเสียหาย เนื่องจากอุณหภูมิต่ำ โดยสีเปลือกผลของลำไยที่เก็บรักษาที่ 1 มีสีคล้ำลงมากและเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 ˚C

ตารางที่ 4 การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ของผลไม้ที่เป็น non-climateric fruit

ชนิด	อุณหภูมิ (˚C) ที่เหมาะสม	RH (%)	อายุการเก็บรักษา
เงาะโรงเรียน	13	90-95	2-3 สัปดาห์
มะนาว	9-10	85-90	6-8 สัปดาห์
ลิ้นจี่	1.5	90-95	3-5 สัปดาห์
ลำไย	5	90-95	5-6 สัปดาห์
ส้มโอ	5	90-95	3-5 เดือน
สตรอเบอรี่	0	90-95	5-7 วัน
สับปะรดปัตตาเวีย	7-13	85-90	2-4 สัปดาห์
องุ่นไวท์มะละกา	0	85-90	1-6 เดือน

Paull and Chen (1987) ในการเก็บรักษาลำไยที่ 4 และ 22 ˚C นาน 10 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของน้ำตาลรวมและกรดที่ไตเตรทได้น้อยมาก กรดที่ปรากฏอยู่ในเนื้อลำไย คือ succinic acid malic acid และ citric acid อัตราส่วน 10:5:1 ส่วนปริมาณวิตามินซีลดลงในระหว่างการเก็บรักษา และมีการเปลี่ยนสารประกอบฟีนอลรวมน้อยมาก

Zhang and Quantick (1997) รายงานว่า การเก็บรักษาลำไยพันธุ์ Shixia ในถุงพลาสติกโพลีเอทิลีนในสภาพดัดแปลงบรรยากาศ สามารถชะลอการเปลี่ยนสีผิว และรักษาระดับการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำ วิตามินซีได้ ในขณะที่ Tongdee (1997) การเคลือบผิวผลลำไยและการใช้สภาพควบคุมบรรยากาศไม่ได้เพิ่มอายุการเก็บรักษาของลำไยให้นานขึ้น

ดนัย (2543) รายงานว่า ผลลำไยพันธุ์ดอ (ใช้สาร $KClO_3$) พันธุ์สีชมพู และพันธุ์เบี้ยวเขียว ได้รับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1 , 5 และ 10 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน เพื่อศึกษาถึงระดับอุณหภูมิที่ก่อให้เกิดอาการสะท้านหนาว ผลปรากฏว่าที่อุณหภูมิ 1 องศาเซลเซียส ผลลำไยทุกพันธุ์จะแสดงอาการสะท้านหนาวโดยที่เปลือกด้านในมีสีเข้มขึ้น และมีอาการรั่วไหลของสารอิเลคโตรไลท์ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลือกมากขึ้นส่วนที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ผลลำไยมีลักษณะเหมือนกัน และไม่แสดงอาการสะท้านหนาว สีเปลือกด้านในและการรั่วไหลของสารอิเลคโตรไลท์ที่เปลือกเป็นดัชนีที่สามารถบอกถึงการเกิดอาการสะท้านหนาวได้

อัครรัช (2532) การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลลำไยพันธุ์ชมพู โดยนำผลลำไยมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน แล้วย้ายไปที่ 2°C และ 10°C ไปทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพได้แก่ เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก คุณภาพด้านรสชาติ และศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรด และปริมาณวิตามินซี ผลการศึกษา พบว่า ที่อุณหภูมิ 10°C มีความเหมาะสมในเก็บรักษาคุณภาพผลลำไยมากที่สุด โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพน้อยกว่าวิธีการอื่น การเปลี่ยนแปลทางเคมีนั้น ที่ 10°C มีการเปลี่ยนแปลงของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุดเช่นกัน ปริมาณกรดนั้นไม่มีความแตกต่างจากที่เก็บที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน แล้วย้ายไปที่ 2°C และที่ 10°C แต่มีการสูญเสียปริมาณวิตามินซีสูงกว่าที่เก็บอุณหภูมิห้อง 2 วัน แล้วย้ายไปที่ 2°C และที่ 10°C ส่วนที่อุณหภูมิห้องมีการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านกายภาพและทางด้านเคมีมากกว่าวิธีการเก็บรักษาอื่น ๆ ทุกวิธี

พูนศักดิ์ (2544) ลำไยพันธุ์ดอ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 1, 5 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน ผลปรากฏว่าลำไยซึ่งเก็บรักษาที่ 1 องศาเซลเซียส แสดงอาการเสียหายเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำเหนือจุดเยือกแข็ง ลำไยที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 และ 10 องศาเซลเซียส ไม่แสดงอาการเสียหายเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำ โดยสีเปลือกผลลำไยที่เก็บรักษาที่ 1 องศาเซลเซียสมีสีคล้ำลงมากกว่า และเร็วกว่าที่ 5 และ 10 องศาเซลเซียส มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำ และวิตามินซีที่เร็วกว่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับความเสียหายเนื่องมาจากอุณหภูมิต่ำ

2. การรมด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

สารเคมีที่อนุญาตให้ใช้เป็นวัตถุเจือปนในอาหาร ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร มีดังนี้ (อ้างโดยเพ็ญศรี และคณะ, 2541) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2), โซเดียมและโพแตสเซียมไบซัลไฟท์ ($NaHSO_3$, $KHSO_3$), โซเดียมและโพแตสเซียมซัลไฟท์ (Na_2SO_3, K_2SO_3), โซเดียมและโพแตสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_3$, $K_2S_2O_3$)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีน้ำหนักโมเลกุล 64.07 เป็นก๊าซที่อุณหภูมิห้อง ไม่มีสี ไม่มีพิษ และไม่ติดไฟ มีกลิ่นเหม็นฉุนแสบจมูก ทำให้หายใจลำบาก หลอมเหลวที่ -10 ^{o}C ละลายได้ดีในน้ำในอัตราส่วน 36 ต่อ 1 โดยปริมาตร และละลายในแอลกอฮอล์ในอัตราส่วน 114 ต่อ 1 เมื่อละลายในน้ำจะอยู่ในสมดุลมวลสารกับกรดซัลฟูรัส (H_2SO_3) ไฮโดรเจนซัลไฟต์ หรือไบซัลไฟต์ (HSO_3 , SO_3) และไพโรซัลไฟต์ (S_2O_5) โดยมีสมดุลของปฏิกิริยาเคมีดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

SO_2 gas + H_2O ⟷ H_2SO_3

H_2SO_3 ⟷ H^+ + HSO^-_3 pK1 = 1.81

HSO_3 ⟷ H^+ + SO^-_3 pK2 = 6.91

HSO_3 จะเสถียรในสภาพสารละลายเจือจาง หากความเข้มข้นของไฮโดรเจนซัลไฟต์เพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไพโรซัลไฟต์

2 HSO_3 ⟷ H_2O + S_2O_5

ทั้ง SO_2, HSO_3 และ SO_3 มีคุณสมบัติเป็นสารรีดิวซิงที่แรง และเนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวในการออกฤทธิ์ด้านต่างๆ ในการถนอมอาหาร ความเป็นพิษต่ำ และราคาถูก จึงนิยมใช้เป็นสารกันเสียในการรมควันผักและผลไม้ (Burn *et al.*, 1979)

สถานการณ์การวิจัยและพัฒนาสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยสด

ดนัย (2543) การพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับลำไย อาศัยหลักการพื้นฐานจากการใช้สารเคมีชนิดนี้กับองุ่น โดยจากหลักฐานในรัฐแคลิฟอร์เนียได้เริ่มใช้ SO_2 เพื่อป้องกันการหมักเกิดขึ้นในองุ่น ตั้งแต่ ค.ศ. 1920 ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1931 – 1932 ได้มีการพัฒนาวิธีการรมผลองุ่นด้วย SO_2 ซึ่งสามารถควบคุมโรคเน่าในระหว่างการขนส่งที่ใช้เวลา 8-10 วัน ต่อมาในปี 1956 – 1959 มีการใช้ SO_2 รมผลองุ่นซ้ำตลอดระยะเวลาการรักษา 6 เดือน ในรัฐแคลิฟอร์เนียจะใช้ SO_2 รมผลองุ่นในวันแรกที่เก็บเกี่ยว การรม SO_2 ในองุ่นมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคเน่าเป็นการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เปลือกผลองุ่น และช่วยฟอกสีก้านผลให้มีสีเขียวอ่อน ผลไม้ชนิดอื่นอาจจะผิดปกติถ้ารมด้วย SO_2 แม้แต่ในองุ่นเองถ้ารมไม่ถูกวิธีอาจผิดปกติด้วยเช่นกัน

มีรายงานครั้งแรกในการนำ SO_2 มาใช้กับลิ้นจี่ ในปีค.ศ. 1984 ที่ประเทศแอฟริกาใต้และสามารถส่งออกทางเรือไปต่างประเทศได้ ในประเทศไทยการรม SO_2 นั้นก๊าซจะถูกเพิ่มเข้าไปในระบบปิดเพื่อควบคุมและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งเหมาะสมกับประเทศไทยที่ต้องขนส่งไปต่างประเทศไม่ต่ำกว่า 2 สัปดาห์ เป็นวิธีการที่ใช้ความเข้มข้นสูง แต่ระยะเวลาสั้น การพัฒนาระบบการรมต้องคำนึงถึงระดับของการปฏิบัติว่ามากน้อยแค่ไหน ความเข้ากันได้กับระบบการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่มีอยู่ บรรจุภัณฑ์และระบบตลาด ตลอดจนระบบเศรษฐกิจและสังคม

ในระดับการรมขนาดใหญ่ห้องที่ใช้รมทำจากเหล็ก stainless ความจุ 0.5 ลูกบาศก์เมตร หรือใช้ไม้อัดซึ่งบุด้วยแผ่นโฟมิก้าความจุ 1.7 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนั้นต้องมี Flowmeter ควบคุมการไหลของ SO_2 ระบบที่ใช้มาตรฐานนั้น อัตราส่วนของน้ำหนักผลไม้และพื้นที่ว่างของห้องที่ใช้รมควรมีอัตราส่วนเท่ากับ 1 : 5 ในการรมขนาดเล็ก SO_2 ที่เหลือจากการรมจะถูกจับโดยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 3 % ที่ปลายท่อซึ่ง SO_2 ไหลออก แล้ว SO_2 ที่ถูกจับไว้จะถูกไตเตรทด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด่าง ในห้องรมขนาดใหญ่ ความเข้มข้นของ SO_2 ที่บริเวณเหนือผลลำไยจะถูกควบคุมด้วยเครื่อง SO_2 detector tube (Drager tube) ในระดับการค้าจะใช้วิธีการเผากำมะถันโดยใช้เตาไฟฟ้า และห้องที่ใช้รมเป็นไม้อัดบุด้วยโฟมิกา

สำหรับการนำ SO_2 มาใช้ในผลลำไยและลิ้นจี่ในประเทศไทยมีวิวัฒนาการดังนี้ (ซิง ชิง และคณะ, 2541)

2523 – 28	ค้นคว้าวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาลำไย
2527 – 33	ได้รับเงินสนับสนุนจาก ACIAR 2 ระยะ
ระยะที่ 1	การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้เขตร้อน
ระยะที่ 2	การวิจัยและพัฒนาการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์หลังการเก็บเกี่ยวสำหรับลิ้นจี่และลำไย
2531	มีการขนส่งลำไยที่รมควันด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สู่ตลาดต่างประเทศเที่ยวแรก
2532 – 33	มีการร่วมมือ และประสานงานระหว่างผู้ประกอบการส่งออกและสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย
2532 – 36	ถ่ายทอดเทคโนโลยีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในลำไย ทั่วประเทศ
2531 – 37	พิจารณากฎเกณฑ์และข้อกำหนดการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของประเทศผู้นำเข้าและดำเนินการใช้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2536	รวมกลุ่มผู้ประกอบการลำไยเป็น “ ชมรมพัฒนาคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออก” (Longan for Export Quality Assurance Club)
2535 – 38	จัดระบบแผนผู้ประกอบการรมควันลำไยที่ถูกวิธี (GMP for SO_2 fumigation) และมีการตรวจสอบผลตกค้างของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ณ สถานประกอบการผู้ส่งออก
2539 – 40	เน้นความสำคัญเรื่องระบบประกันคุณภาพ (Quality Assurace) และเทคโนโลยีเพื่อจัดการลำไยเพื่อการส่งออก
2539	ลำไยสดที่ส่งไปยังสิงคโปร์ โดยการรมสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าสารพิษตกค้างเกินค่ามาตรฐานของทางราชการสิงคโปร์ที่กำหนดให้มีค่าไม่เกิน 0 ppm. ที่ผิวเปลือก แต่เมืองไทยทำไม่ได้ แต่ทำได้ไม่เกิน 10 ppm. จึงปรึกษากับทางองค์การอาหารของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สหรัฐอเมริกา(codex) ให้ปรับค่าความปลอดภัยได้ในระดับไม่เกิน 10 ppm. โดยประเทศไทยไม่ได้ส่งออกลำไยสดไปสิงคโปร์ตั้งแต่ ปี 2539, 2540 และ 2541

กรมวิชาการเกษตร (2546) และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (2546) รายงานว่ามีปัญหาสารพิษตกค้างในลำไยเพื่อการส่งออกที่สำคัญคือ ประเทศจีน ซึ่งเป็นตลาดหลักในการนำเข้าลำไยสดและลำไยแห้ง จีนได้เข้มงวดในการตรวจสอบสารตกค้างหลังจากเข้าเป็นสมาชิกองค์กรการค้าโลก (WTO) ตั้งแต่ปี 2544 จึงเริ่มเข้มงวดในมาตรการด้านสุขอนามัย สุขอนามัยพืช (SPS) มากขึ้น ช่วงปลายปี 2545 เป็นต้นมาตรวจพบ methamidophos และสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ว่ามีค่าเกินมาตรฐานยอมรับ จึงสั่งงดการนำเข้าลำไยจากประเทศไทยในระยะเวลาหนึ่ง จึงมีผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรชาวสวนลำไยและผู้ส่งออก วันที่ 10 มีนาคม 2546 เป็นต้นไป กระทรวงพาณิชย์ประกาศห้ามมีสาร methamidophos ตกค้างในลำไยก่อนการส่งออกและกำหนดให้ปี 2547 เป็นปีแห่งความปลอดภัยด้านอาหาร (Food safety Year 2004) ดังนั้นเมื่อวันที่ 4 เมษายน 2546 มติคณะรัฐมนตรี ให้ผู้ส่งออกลำไยต้องมีหนังสือ รับรองสารพิษตกค้าง (Certificate of Pesticide Residues) ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อแสดงต่อกรมศุลกากร ประกอบพิธีการส่งออกนอกราชอาณาจักรใน 6 ประเทศ กับ 1 กลุ่มประเทศ คือ จีน ฮ่องกง สิงคโปร์ มาเลเซีย ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และกลุ่มประเทศประชาคมยุโรป (EU) กับสินค้าลำไย และผัก ผลไม้ต่างๆ ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงรวม 12 ชนิด ประกอบด้วย ทุเรียน ลิ้นจี่ มังคุด มะขาม ส้มโอ มะม่วง หน่อไม้ฝรั่ง ขิง กระเจี๊ยบสด ข้าวโพดฝักอ่อน พริก และลำไย ต่อมาโดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้เสนอให้กระทรวงพาณิชย์ประกาศให้สินค้าลำไย และผัก ผลไม้ต่างๆ ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงรวม 12 ชนิด โดยกระทรวงพาณิชย์ ได้ออกประกาศเรื่อง การส่งออกสินค้าผักและผลไม้ออกไปนอกราชอาณาจักร พ.ศ. 2546 ประกาศ ณ วันที่ 11 เมษายน 2546 และประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่มที่ 120 ตอนพิเศษ 480 ประกาศ ณ วันที่ 24 เมษายน 2546 ดังนั้นตั้งแต่ ปี 2546 เป็นต้นนับตั้งเกิดปัญหาทางกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ภายใต้การนำของกรมวิชาการเกษตร จึงได้มีการแก้ไขปัญหาลำไยทั้งระบบโดยนำหลักการของเกษตรดีที่เหมาะสม (Good Agriculture Practise, GAP) มาใช้ ภายใต้โครงการชื่อว่า “ระบบการจัดการคุณภาพลำไยเพื่อการส่งออกแบบครบวงจรเขตภาคเหนือตอนบน” ได้ดำเนินการตั้งแต่ปี 2546 จนถึงปัจจุบัน โดยมีหน่วยงานรับผิดชอบและดำเนินการโดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 (สวพ. 1) จ.เชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพลำไยสดและแห้งให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งในและนอกประเทศ โดยมี 2 มาตรการ คือ 1. โครงการรับรองแปลงลำไยให้เข้ามาตรฐานGAP และ 2. การตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างและสาร SO_2 โดยกำหนดการตรวจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สาร SO_2 ให้ตกค้างไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในเนื้อ และไม่เกิน 350 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ทั้งผล โดยมีแผนการควบคุมคือ การตรวจสอบโรงรม SO_2 และการตรวจวิเคราะห์ SO_2 ในผลิตผลลำไยส่งออกซึ่งสรุปผลการดำเนินการในปี 2546 ดังนี้

มาตรการที่ 1 การรับรองแปลงมาตรฐาน GAP มีเกษตรกรสมัครเข้าร่วมโครงการ 12,376 ราย ได้ผ่านการตรวจสอบและได้รับหนังสือรับรอง 60 ราย 78 แปลง โดยกลุ่มที่ผ่านการรับรองจะทำการสุ่มตรวจสารพิษตกค้าง 10 % ส่วนกลุ่มที่ไม่ผ่านการรับรอง จะสุ่มตรวจสารพิษตกค้าง 100 % มาตรการที่ 2 การตรวจสารพิษตกค้างโดยวิเคราะห์ใช้ GC พบว่ามีสารพิษตกค้าง 11 ชนิด ไม่ผ่านเกณฑ์ 113 ตัวอย่างคิดเป็น 6.87 % โดยพบคลอไพริฟอสมากที่สุด 31 ตัวอย่าง และพบว่ามี 20 ตัวอย่างที่มีค่าคลอไพริฟอสเกินค่ามาตรฐาน

มีการตรวจโรงรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผู้ประกอบการสมัคร 50 โรงรม ผ่านมาตรฐานและได้รับหนังสือรับรอง 33 โรงรม และมีการตรวจสอบตัวอย่างลำไยดูสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตั้งแต่ มีนาคม-พฤศจิกายน 2546 จำนวน 441 ตัวอย่าง ผ่าน 386 ตัวอย่าง โดยระบบดังกล่าวสามารถกลั่นกรองผลผลิตลำไยส่งออกได้ 27,760 ตัน โดยแบ่งเป็นลำไยสด 14,099.90 ตัน และลำไยแห้ง 13,682.10 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 1,062 ล้านบาท

การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของลำไย

รวบรวมผลผลิตเข้าที่ร่ม คัดขนาดและคุณภาพ

↓

บรรจุและจัดเรียงในภาชนะบรรจุตามน้ำหนักที่กำหนด

↓

ลำเลียงเข้าห้องรมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)(ผลลำไยต้องแห้ง)

↓

ภายหลังการรมควัน ควรจะมีการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบปริมาณ SO_2 ทั้งผลและในเนื้อ

↓

นำมาลดอุณหภูมิด้วยวิธี forced-air cooling หรือจุ่มในน้ำเย็น (hydrocooling)
จนถึงอุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษา และการขนส่ง (5-8 องศาเซลเซียส) ภายในเวลา 1 ชม.
สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95%
อายุการเก็บรักษา 5-6 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 ข้อกำหนดการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในลำไย

ประเทศ	ปริมาณสูงสุดของสารตกค้างยอมให้ตรวจพบ(ppm.)
สิงคโปร์	0 (ในเนื้อผลลำไยสด)
ฮ่องกง	350 (ในเปลือกผลไม้ ส่วนในเนื้อต้องเป็น 0)
มาเลเซีย	0
แคนาดา	0
เนเธอร์แลนด์	100 (จากต้นทางต้องไม่เกิน 300)
สหราชอาณาจักร	0
ฝรั่งเศส	30
สหรัฐอเมริกา	10

ที่มา : สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2540

ส่วนประเทศไทยตามประกาศ สธ. ฉบับที่ 62 (2524) อนุญาตให้ใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นวัตถุกันเสียในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม และผลไม้สดได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การวิจัยด้านการรักษาคุณภาพลำไยมานาน 10 ปี โดยใช้วิธีต่างๆ หลายวิธี เช่น การใช้น้ำร้อน หรือน้ำเย็น การใช้สารเคมี พบว่าวิธีการรมด้วย SO_2 เป็นวิธีที่ดีที่สุด ซึ่งเคยใช้ได้ผลดีในองุ่น และได้ศึกษาการรมด้วย SO_2 มานานถึง 9 ปีสามารถเก็บได้นาน 1-1.5 เดือนในห้องเย็น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม, 2536) ซึ่งบางประเทศใช้เพื่อป้องกันผิวเป็นสีน้ำตาล (skin darkening) และควบคุม postharvest diseases แต่กรรมวิธีนี้เป็นวิธีการที่มีผลต่อรสชาติ (undesirable taste) และไม่อนุญาตให้ใช้ในตลาดลำไยในประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลลำไยที่เก็บอุณหภูมิปกตินาน 3 วันแสดงให้เห็นความสามารถในการกำจัด active oxygen ต่ำลง และเสริมการสร้าง peroxidation ของ membrane-lipid และผลลำไยเปลี่ยนทีละน้อย SO_2ไปลดการเกิด peroxidation ของ membrane-lipid และยืดอายุการเก็บรักษา (Xu *et al*., 1998)

Wu *et al*. (1999) ได้ศึกษากลไกของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการควบคุมสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ที่เก็บที่ 4 °C นาน 49 วัน ผลปรากฏว่าหลังจากรม SO_2 pH ของไซโตพลาสซึมลดลง และในส่วนเปลือกกิจกรรมเอนไซม์ polyphenol oxidase (PPO) [catechol oxidase] ถูกยับยั้งปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

free และtotal phenols และปริมาณ reduced ascorbic acid (AsA) เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการควบคุมและ PPO

Li *et al*. (1999) ผลลำไยที่รมด้วยก๊าซ SO_2 และเก็บรักษาที่ 4 °C ผลปรากฏว่า SO_2 ยับยั้งการหายใจของผลลำไย และกิจกรรมของ PPO [catechol oxidase] ของเปลือก และปรับปรุงสีเปลือกให้สวยงาม หลังจากเอาออกจากห้องเย็น การหายใจสูงขึ้น และกิจกรรมของเอนไซม์ PPO ถูกยับยั้งอย่างชัดเจนทำให้อายุการเก็บรักษานานขึ้น

เพ็ญศรี และคณะ(2541) ได้รายงานไว้ว่า สารซัลไฟต์ มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์การเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) เช่นพวก phenolase ในพืชผัก และผลไม้สด ทำให้เอนไซม์ที่ทำปฏิกิริยาสีน้ำตาลหมดสภาพลง การยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non-enzymatic browning reaction) ป้องกันการสูญเสียวิตามินซีในระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ และป้องกันการเหม็นหืนของไขมัน น้ำมันหอมระเหย และคาโรทีนอยด์ ซึ่งจะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ผิดปกติ โดยมีคุณสมบัติเป็นสาร antioxidant และ reducing agent

ชนิดของสารซัลไฟต์ที่นำมาใช้ในอาหารตามเอกสาร Food Chemicals codex มีหลายชนิด ได้แก่ โซเดียมซัลไฟต์ (Na_2SO_3) โพตัสเซียมซัลไฟต์ (K_2SO_3) โซเดียมไบซัลไฟต์ ($NaHSO_3$) โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) โพตัสเซียมเมตาไบซัลไฟต์ ($K_2S_2O_5$) หรือในรูปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซ SO_2 เป็นก๊าซไม่เกิดเปลวไฟ ไม่มีสี กลิ่นฉุนทำให้อึดอัด หายใจไม่ออก เป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -10°C ก๊าซ SO_2 ที่ใช้ในการถนอมอาหารได้จากการเผาสารซัลเฟอร์ หรือ SO_2 สภาพเหลว สามารถละลายน้ำได้ เกลือซัลไฟต์เมื่อละลายน้ำจะให้กรดซัลฟูรัส (H_2SO_3) ไบซัลไฟต์อิออน (HSO_3^-) และซัลไฟต์อิออน ($SO_3^=$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปฏิกิริยาของ SO_2 ในอาหาร

$$H_2O + SO_2 \rightleftharpoons H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^- \rightleftharpoons 2H^+ + SO_3^=$$

ลดลง ← pH → เพิ่มขึ้น

ที่ pH ต่ำกรดซัลฟูรัสจะไม่แตกตัวจึงมีผลต่อการยับยั้งการเจริญเชื้อจุลินทรีย์ พบว่า pH 3.5 ต้องใช้ SO_2 มากกว่าที่ pH 2.5 ประมาณ 2.4 เท่าในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ การใช้ที่ pH 7 ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา และยีสต์ สาร SO_2 สามารถยับยั้งได้ทั้ง ยีสต์ รา และแบคทีเรีย ในการยับยั้งแบคทีเรียต้องใช้ถึง 200 ppm หรือมากกว่า ประโยชน์ของ SO_2 ที่นำมาใช้ในอาหาร เช่น ผัก

และผลไม้, ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม, ผลิตภัณฑ์ปลาและเนื้อสัตว์, ผลิตภัณฑ์แป้งและเบเกอรี่ และผลิตภัณฑ์น้ำตาล

ผลกระทบจากการใช้ SO_2 มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของแอนโธไซยานิน เช่น เครื่องดื่ม ไวน์ หรือน้ำผลไม้ที่มีสารแอนโธไซยานินเป็นองค์ประกอบ หากมี SO_2 เพียง 2-5 ppm จะเปลี่ยนสีได้ง่าย การกัดกร่อนโลหะ, ผลต่อกลิ่นรสอาหารจากการใช้มากกว่า 500 ppm, ผลต่อสีสังเคราะห์, ต่อวิตามินบี 1 (thiamine) เช่น การเติมโซเดียมซัลไฟต์ 0.6% โดยน้ำหนักในอาหารที่อุณหภูมิห้อง 5-6 วัน จะสูญเสียและเหลือเพียงครึ่งเดียว และมีการสะสมแก๊ส SO_2 ในภาชนะบรรจุอาหาร การใช้พลาสติกชนิดโพลีเอธีลีนประเภท LDPE โพลีอะไมด์หรือไนลอน 11 และโพลีคาร์บอเนตเป็นภาชนะบรรจุ พบว่าก๊าซ SO_2 ซึมผ่านได้มากกว่าก๊าซออกซิเจน และดีกว่าภาชนะที่เคลือบด้วย PVCD (polyvinylidenechloride) Corrigang (2000) รายงานว่า การใช้ฟิล์มที่ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของ LDPE โคโพลิเมอร์ของเอธิลีน และไวนิลแอลกอฮอล์ (ethylene&vinyl alcohol) ในกล่องบรรจุองุ่น ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถลดลงในอัตราคงที่โดยปราศจากการซึดจางต่อสีองุ่น และส่งผลต่อปัญหาสุขภาพ โดยองค์การอนามัยโลกได้กำหนดให้ปริมาณสารซัลไฟต์ที่ยอมรับให้บริโภค (acceptance daily intake, ADI) ในรูปสาร SO_2 ที่ระดับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัมต่อวัน ความเป็นพิษของ SO_2 ที่มีต่อร่างกาย คือ ผลต่อการหายใจ ทำให้เกิดหวัดเรื้อรัง จามไอ และเกิดหลอดลมอักเสบ (วีนัศ, 2002)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และสำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (2536) รายงานว่า ผลลำไยที่ผ่านการรมก๊าซ SO_2 แล้ว ไม่ควรจะให้ถูกน้ำเนื่องจากจะทำให้กำมะถันตกค้างที่เปลือกมากขึ้น ควรใช้ระบบ forced air cooling หรือวิธีผ่านอากาศเย็นจะดีมากในการเก็บรักษาคุณภาพผลลำไย แต่ถ้าผลิตผลน้อย จะไม่คุ้มกับการลงทุนด้วยวิธีการนี้

Salunkhe and Kadam (1995) รายงานว่า การเก็บรักษาผลลำไยที่อุณหภูมิ 10 °C โดยการใช้ซองบรรจุสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ($Na_2S_2O_5$) แนบไว้ในกล่อง สามารถควบคุมการเกิดสีน้ำตาลและโรคภายหลังการเก็บเกี่ยวได้นานถึง 4 สัปดาห์ แต่มีผลทำให้เกิดกลิ่นแปลกปลอม เนื่องจากการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) อย่างช้าๆ จะทำให้เกิดการสะสมก๊าซ SO_2 ในระดับสูง และควบคุมยากมากกว่าการใช้วิธีรมควัน

อรรณพและคณะ (2534) ได้ทำการศึกษาผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่เกิดจากสาร $Na_2S_2O_5$ ปริมาณ 1, 2 และ 3 กรัม ต่อลำไยหนัก 1 กิโลกรัม เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 °C พบว่าก๊าซ SO_2 สามารถชะลอการเกิดสีน้ำตาลของเปลือก และควบคุมการเน่าเสียของผลลำไยได้ดี โดยเสนอว่าควรใช้ สาร $Na_2S_2O_5$ ในปริมาณ 2 กรัมต่อลำไยหนัก 1 กิโลกรัม จะให้ผลที่ดีที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัณห์ (2538) ได้ทำการศึกษาผลของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำต่อคุณภาพและสีผิวของผลลิ้นจี่ พบว่า วิธีการควบคุมการเปลี่ยนสีผิวและการรักษาสีผิวของผลลิ้นจี่พันธุ์ต่างๆ ที่ให้ผลดีที่สุด คือ การรมด้วยก๊าซ SO_2 ความเข้มข้น 2 % นาน 25 นาที แล้วแช่ในสารละลายกรดเกลือ (Hydrochloric acid ; HCl] ความเข้มข้น 1.0 นอร์มอล (Normal; N) นาน 15 นาที สามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และรักษาสีแดงของเปลือกได้นานกว่า 49 วัน แต่ต้องคำนึงถึงสารพิษตกค้าง และความผิดปกติทางกายภาพ ที่มีผลทำให้คุณภาพการบริโภคและการวางจำหน่ายลดลง

นำลำไยมาแช่ในสารละลาย $Na_2S_2O_5$ ความเข้มข้น 7.5 % และพ่นต่อด้วยสาร ally - isothiocyanate ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยจากมัสตาร์ด หลายความเข้มข้น พบว่าสาร allyl isothiocyanate ทุกระดับความเข้มข้น ไม่สามารถช่วยชะลอการเน่าเสียและไม่มีผลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารละลาย $Na_2S_2O_5$ ในการยับยั้งการเกิดโรคในผลลำไยที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C และอุณหภูมิห้อง แต่มีผลทำให้ปริมาณสารซัลไฟต์ที่ตกค้างในเปลือกของผลลำไยลดลงเร็วกว่าการใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ เพียงอย่างเดียว

Jiang *et al.*(1997) ได้ศึกษาการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลของผลลิ้นจี่หลังการเก็บเกี่ยวด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_5$ และกรด HCl โดยนำผลลิ้นจี่มาแช่ในสารละลาย $Na_2S_2O_5$ ความเข้มข้น 1 % ตามด้วยแช่ในกรด HCl ที่ความเข้มข้นระดับต่างๆ แล้วหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า การแช่ในกรด HCl ความเข้มข้น 5 % นาน 8 นาที สามารถรักษาสีแดงของเปลือก และคุณภาพของผลลิ้นจี่ได้ดีที่สุด และในวันที่ 6 ของการเก็บรักษา มีปริมาณ SO_2เหลือตกค้างที่เปลือกและเนื้อมีค่า 46 และ 4.2 ppm ตามลำดับ

นำผลลิ้นจี่ในประเทศอิสราเอลซึ่งเมื่อก่อนจะรมด้วยก๊าซ SO_2ตามมาด้วยการจุ่มแช่ใน HCl ที่ผสมสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา Prochloraz ซึ่งต่อมามีปัญหาเรื่องสารพิษตกค้าง จึงมีการพัฒนาวิธีการใหม่เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ SO_2โดยนำผลลิ้นจี่มาพ่นด้วยน้ำร้อนในช่วงที่กำลังขัดผิวอยู่ (Hot water brushing; HWB) จากนั้นนำมาแช่ด้วยกรด HCl ปรากฏว่าผลลิ้นจี่ยังคงมีสีแดงอยู่ประมาณ 35 วัน โดยไม่เปลี่ยนสีทั้งภายนอก และภายในเปลือก โดยรสชาติยังคงเดิม ในทางสรีระวิทยา การใช้วิธี HWB จะช่วยลดการสร้างเอนไซม์ PPO และรักษาสภาพของ แอนโธไซยานินให้คงอยู่เสมอ

จากการรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตรา 200 – 300 มล./กก. ทำให้ควันถูกดูดโดยลำไยปริมาณร้อยละ 30 – 65 จากน้ำหนักทั้งผล และมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างอยู่ 200 – 300 ppm จึงมีผลกำจัดเชื้อราบนเปลือก แต่อาจเกิดความเสียหายต่อเปลือก ถ้ารมด้วยความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงเกินไป และทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างอันจะมีปัญหาด้านการค้าระหว่างประเทศตามมา เนื่องจากการแพ้ของผู้บริโภค ถึงแม้จะมีรายงานว่าในสองวันแรกปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะลดลงก็ตาม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Tongdee (1997) กล่าวว่า การใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับลำไยใช้หลักการเดียวกันกับการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับองุ่นสด (Harvey and Volta, 1978) ควรใช้ในอัตราที่สูงพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบริเวณผิวเปลือก (rind) แต่ไม่ควรสูงมากจนทำให้เนื้อลำไย (aril) มีกลิ่นเหม็น โดยหลังรมควรมีซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในเปลือกประมาณ 1200 – 3200 ppm. และจะลดลงประมาณ 50 % หลังจากผ่านมาสองวัน และตกค้างหลังรมในเนื้อประมาณ 150 – 400 ppm. เมื่อผ่านไป 7 วัน SO_2 ที่ตกค้างจะเหลือตกค้างในเนื้อ 35 – 100 และในเปลือก 150 – 800 ppm. ตามลำดับ โดยเนื้อจะมีสารตกค้างสูงสุดไม่เกิน 10 – 30 ppm. การใช้ซัลเฟอร์อาจทำให้เกิดอาการความเสียหายต่อผลลำไย (SO_2injury) ในสองวันแรกหลังรมโดยปรากฏให้เห็นเป็นวงกลมสีน้ำตาลแดงหรือแถบเส้นต่างๆ ใต้เปลือก (rusty-brown circles or line) ทำให้เชื้อราต่างๆ เช่น *Penicillium* sp.ซึ่งเป็นเชื้อราพวก airborne สามารถเจริญได้ในการเก็บรักษา ดังนั้นวิธีการป้องกันต้องเพิ่มอัตราความเข้มข้นของซัลเฟอร์ให้สูงขึ้น (Tongdee, 1994)

ซิง ชิง (2541) รายงานว่าความเสียหายของเปลือกที่เกิดจากการรมซัลเฟอร์ไดออกไซด์เข้มข้นไม่เพียงพอจะเกิดการเจริญของเชื้อรามากกว่าผลลำไยที่ไม่ได้รับการรม โดยเชื้อราที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ เชื้อ *Botryodiplodia* sp. ลักษณะความเสียหายจาก SO_2 จะปรากฏให้เห็นในวันที่ 2 หลังจากการรม โดยสังเกตที่เปลือกด้านในจะเปลี่ยนเป็นวงสีน้ำตาล ลักษณะไม่สม่ำเสมอ หรือมีลักษณะเป็นเส้นสีน้ำตาลให้เห็นอย่างชัดเจน ส่วนผลที่ได้รับการรม SO_2 ที่เพียงพอจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อนสดใสสม่ำเสมอทั่วทั้งผล แต่เมื่อรม SO_2 เข้มข้นมากเกินไปเนื้อผลลำไยจะเปลี่ยนจากสีขาวใสมาเป็นสีขาวขุ่นและรสชาติจะเปลี่ยนไป นอกจากนี้เนื้อบริเวณขั้วผลจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหลังจากเก็บรักษา 10 วันขึ้นไป ลำไยที่รม SO_2 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเป็นเวลานานจะเกิดการเจริญของเชื้อ *Penicillium* sp. บนผิวเปลือก

สดศรี (2535) พบว่า จากการรมควันซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อัตรา 200 – 300 มล./กก.นาน 20 นาที ทำให้ควันถูกดูดโดยลำไยปริมาณร้อยละ 30 – 65 จากน้ำหนักทั้งผล และมีปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตกค้างอยู่ในลำไยทั้งผลในช่วง 200 – 300 ppm จึงมีผลกำจัดเชื้อราบนเปลือก และเฉพาะที่เปลือกผลในช่วง 1,500-2,500 ppm และหลังรมจะมี SO_2 เหลืออยู่ในช่องว่างของห้องหรือตู้อบภายหลังเสร็จสิ้นการรมเป็นเวลา 20 นาที อยู่ในระดับความเข้มข้น 1.5%

รัตนา (2535) รายงานว่า ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในรูปของก๊าซเท่านั้นที่เป็นพิษต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อละลายน้ำจะมีฤทธิ์เป็นกรด ระดับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ร่างกายมนุษย์สามารถดมได้เป็นประจำทุกวันโดยไม่เกิดอันตรายใดๆ เท่ากับ 5 ppm ปริมาณความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถ้าในบรรยากาศมีความเข้มข้น 20 ppm เมื่อสูดดมเข้าไปนานเกินกว่า 1 นาที มีผลทำให้เยื่อบุตา เยื่อบุจมูก และปอด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นอันตรายได้ ส่วนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหาร ถ้าอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินไปจะไม่ก่อให้เกิดอันตราย ทั้งนี้เพราะซัลเฟอร์ไดออกไซด์เมื่อถูกบริโภคเข้าไป จะถูกออกซิไดส์เป็นซัลเฟต แล้วขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ แต่ถ้าบริโภคเข้าไปในปริมาณที่มากเกินไป ปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เหลือจากการถูกออกซิไดส์จะไปลดประสิทธิภาพการใช้ปริมาณโปรตีนและไขมันในร่างกาย เพราะฉะนั้นจึงไม่ควรใช้เกินจากที่กฎหมายกำหนดไว้ และองค์การอนามัยโลกได้กำหนดค่า ADI ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ที่ระดับ 0.7 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/วัน

ซิง ชิง (2541) รายงานว่า ในปี 2535 ได้ทำการตรวจวัดปริมาณสาร SO_2 ตกค้าง ณ สถานประกอบการรมควันในจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูนที่ท่าเรือคลองเตย และที่ตลาดผลไม้ในฮ่องกง พบว่า มีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างบนเปลือกลำไยเท่านั้น คือ ปริมาณ SO_2 ตกค้างบนเปลือกลำไยที่ทำการวิเคราะห์ทันทีภายหลังการรมควันจะมีค่าประมาณ 2700±500 ppm ส่วนในเนื้อจะมีปริมาณสาร SO_2 ตกค้างไม่เกิน 20 ppm และเมื่อลำไยไปถึงฮ่องกง ปริมาณสาร SO_2 ตกค้างจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยบนเปลือกจะมีค่าประมาณ 770±200 ppm ซึ่งมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา ส่วนในเนื้อจะลดลงจนไม่สามารถวัดได้หรือพบน้อยมาก (น้อยกว่า 10 ppm) สำหรับการซึมผ่านของ SO_2 จากเปลือกไปยังเนื้อลำไยจะเกิดได้เมื่อ SO_2 อยู่ในสถานะก๊าซ คือในช่วงทันทีภายหลังจากการรมควัน หลังจากนั้นโอกาสที่ SO_2 จากเปลือกจะซึมผ่านมาที่เนื้อจึงมีน้อยมาก ฉะนั้นการกำจัดก๊าซ SO_2 ที่เหลือจากการรมควันจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก

พรรัตน์และจันทร์ฉาย (2540) ได้สำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในลำไยระหว่างปี 2536-2538 พบว่า จากลำไยเพื่อการส่งออก 81 ตัวอย่าง มีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกร้อยละ 55.6 โดยมีปริมาณในช่วง 7.6-173.6 ppm และมีตัวอย่างที่มีค่าเกิน 350 ppm ประมาณร้อยละ 39.5 ในเนื้อลำไยจะมีการตกค้างร้อยละ 25.9 โดยมีปริมาณในช่วง 7.1-98.8 ppm ส่วนลำไยที่บริโภคในประเทศจากปากคลองตลาดเทเวศน์ มีการตกค้างของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในเปลือกร้อยละ 25 และทุกตัวอย่างมีปริมาณมากกว่า 350 ppm ส่วนในเนื้อลำไยมีการตกค้างร้อยละ 10 มีปริมาณ 92.0-111.0 ppm ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในลำไยส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการส่งออกลำไยเนื่องจากคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ตกค้างในเนื้อลำไยที่บริโภคในประเทศจะทำให้ผู้บริโภคได้รับสารซัลไฟต์สูงกว่าเกณฑ์ที่องค์การระหว่างประเทศกำหนด

อาทิตย์ (2544) รายงานว่า การสำรวจปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยปี 2544 จากสถานประกอบการในเขตจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน จำนวน 7 แห่ง โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณ SO_2 ตกค้างในส่วนของเนื้อและเปลือกผลลำไยภายหลังการรมด้วย SO_2 แล้วเป็นเวลา 36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และ 48 ชั่วโมงด้วยวิธี Modified Monier-William Method พบว่า ผลลำไยทุกตัวอย่างมีปริมาณ SO_2 ตกค้างสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยมีปริมาณ SO_2ตกค้างภายหลังการรม 36 ชั่วโมง ในส่วนของเนื้อและเปลือกเฉลี่ยประมาณ 140 และ 1,880 ppm ตามลำดับ และหลังจากการรม 48 ชั่วโมง พบว่ามีปริมาณ SO_2 ตกค้างในเนื้อและเปลือกเฉลี่ยประมาณ 80 และ 1,210 ppm ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงปริมาณการสลายตัวของ SO_2หลังจากระยะเวลา 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณการสลายตัวของ SO_2 ในส่วนเนื้อและเปลือกผลลำไยลดลงร้อยละ 57.14 และ 64.36 ตามลำดับ

3. การเก็บรักษาในสภาพบรรยากาศดัดแปลง (Modified Atmosphere Packaging ; MAP)

เป็นวิธีการนำผลิตภัณฑ์มาปิดล้อมด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติในการสกัดการผ่านเข้าออกของก๊าซ โดยมีการปรับสภาพบรรยากาศภายในที่แตกต่างจากองค์ประกอบของบรรยากาศปกติ อัตราส่วนผสมของก๊าซชนิดต่างๆ จะเปลี่ยนไปตามก๊าซเริ่มแรก และวัสดุที่ใช้ในการบรรจุ ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถเก็บรักษาผลผลิตได้นานยิ่งขึ้น สภาพบรรยากาศปกติประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนประมาณ 78.1% ก๊าซออกซิเจน 20.9% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.03% และก๊าซอื่นๆ (อรรณพ, 2532) ปัจจุบันความก้าวหน้าในการออกแบบและการประดิษฐ์วัสดุบรรจุภัณฑ์ประเภท plastic และ polymer film ที่มีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซบางอย่างผ่านได้ ทำให้มีการพัฒนาบรรจุภัณฑ์แบบ MAP มีประสิทธิภาพ และได้รับความนิยมมากขึ้น (บุษกร, 2532) วิธีการดังกล่าวมีการนำมาใช้ทั้งการบรรจุขนาดใหญ่ (bulk storage) และขนาดเล็กเพื่อการขายปลีก (retail package) มีข้อดี คือ ต้นทุนต่ำ เนื่องจากไม่ต้องควบคุมความเข้มข้นของก๊าซซึ่งบรรจุในภาชนะเรียบร้อยแล้ว (วิไล, 2543) วิธีการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศมีหลักการใกล้เคียงกับการเก็บรักษาแบบสภาพบรรยากาศควบคุม CA แต่วิธี MA เป็นการดัดแปลงสภาพของบรรยากาศ โดยไม่สามารถควบคุมสัดส่วนของบรรยากาศให้คงที่ หรืออยู่ในสัดส่วนความเข้มข้นของบรรยากาศตามที่ต้องการได้ ขณะที่ CA เป็นการเก็บรักษาและควบคุมบรรยากาศตามสัดส่วนที่ต้องการได้ (คุณวุฒิ, 2540)

การเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MA storage) แบ่งออกเป็น 2 วิธีการ (จักรพงษ์, 2542) คือ

1. Active modified atmosphere เป็นวิธีการทำให้เกิดสภาพสุญญากาศในห้องเย็นหรือในภาชนะบรรจุก่อนแล้วจึงฉีดพ่นก๊าซ (flushing) ตามความเข้มข้นที่ต้องการ ได้แก่ การฉีดพ่นก๊าซไนโตรเจนเข้าไปในห้องเย็นหรือภาชนะบรรจุ เรียกว่า innert blanketing การฉีดพ่นก๊าซที่มีส่วนผสมของก๊าซ N_2 กับ CO_2 หรือก๊าซ N_2, CO_2 และ O_2 เรียกว่า semi-active blanketing และวิธีการฉีดก๊าซ CO_2 หรือก๊าซที่มีส่วนผสม CO_2 และ O_2 เข้าไปเรียกว่า fully-active blanketing

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพื่อให้บรรยากาศภายในห้องเย็นหรือในภาชนะบรรจุมีองค์ประกอบของก๊าซทั้งสองชนิดตรงตามต้องการเร็วขึ้นในระดับที่เรียกว่า equilibrium modified atmosphere; EMA

2. Passive modified atmosphere หรือ modified atmosphere packaging; MAP เป็นวิธีการห่อหุ้มผลไม้ด้วยภาชนะบรรจุ โดยเฉพาะฟิล์มพลาสติกโดยเลือกชนิดฟิล์มพลาสติกที่มีอัตราการซึมผ่านของก๊าซ CO_2 และ O_2 ให้เหมาะสมกับอัตราการหายใจของผลิตผลในขณะที่เก็บรักษาโดยผลผลิตในถุงพลาสติกจะใช้ก๊าซ O_2สำหรับการหายใจเพื่อสร้างอาหาร ทำให้ความเข้มข้นของก๊าซ O_2 ลดลง จึงเกิดแรงขับดัน (driving force) บังคับให้ก๊าซ O_2 จากภายนอกบรรยากาศซึมผ่านเข้าไปในภาชนะบรรจุ ขณะเดียวกันก็ปล่อยก๊าซ CO_2 ที่ได้จากการหายใจออกมาซึมผ่านภาชนะออกไปด้านนอก การเปลี่ยนแปลงสภาวะบรรยากาศเพื่อเข้าสู่ระดับสมดุล หรือ EMA นั้นในระยะแรกอัตราการหายใจไม่คงที่ ระดับก๊าซ O_2 สูง และ CO_2 ต่ำมาก ต่อมาอัตราการหายใจเริ่มลดลงโดยระดับ O_2 ลดลงเรื่อย ๆ จนคงที่พร้อมกับระดับ CO_2 ที่สูงขึ้นจนคงที่พร้อมกับ O_2 เรียกระดับนี้ว่า EMA

ความสำเร็จของวิธี MAP ที่จะเข้าสู่สภาวะสมดุล EMAได้เร็วขึ้นอยู่กับปัจจัย คือ (1) การหายใจ ในกลุ่มผลไม้ประเภท non-climacteric หรือผลิตผลในกลุ่ม climacteric ที่ยังไม่แก่จะมีระดับการหายใจที่ต่ำมากจึงเข้าสู่สภาวะ EMA ได้ช้ากว่าผลไม้ประเภท climacteric หรือที่แก่แล้ว (2) ปริมาณผลิตผลในภาชนะบรรจุ ถ้าผลิตผลชนิดเดียวกันบรรจุมากย่อมเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วกว่า (3) คุณสมบัติในการยอมให้ก๊าซต่างๆ ผ่านเข้าออกจากฟิล์ม ชนิดฟิล์มที่ยอมให้อากาศผ่านเข้าออกง่ายย่อมเข้าสู่สภาวะสมดุลได้ช้ากว่าแบบผ่านเข้าออกได้ยาก ดังนั้นต้องเลือกชนิดฟิล์มพลาสติกให้เหมาะสมกับชนิดผลิตผล

นวัตกรรมในการใช้ออกซิเจนในการเก็บรักษาแบบ MAP

ปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีใหม่ของการเก็บรักษาแบบ MAP มากขึ้น การเก็บในสภาพที่มี O_2 ต่ำมีผลเสียเกิดขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาในสภาพก๊าซ O_2 สูงจึงเป็นวิธีการใหม่ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสีเปลือก ป้องกันการเกิด anaerobic fermentation reactions และป้องกันจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจากทั้งการหายใจแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน ผลิตผลที่บรรจุในภาชนะที่มีการซึมผ่านของก๊าซไม่ดีพอ (insufficient permeability) มีผลทำให้เกิดการพัฒนาของสภาพการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน(ตัวอย่างเช่น $<2\%O_2$ และ $>20\%$ CO_2) การทดลองเกี่ยวกับการใช้ออกซิเจนระดับสูงใน MAP (70-100%) มีความสำเร็จมาก การใช้ Ar และ N_2O ในการเก็บรักษาแบบ MAP เริ่มมีการศึกษา โดย Ar มีขนาดของอะตอมคล้าย O_2 แต่ละลายน้ำได้ดีกว่ามีผลยับยั้งเอนไซม์ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ และลดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ Ar มีผลยับยั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

PPO ของเห็ด การใช้ก๊าซออกซิเจนสูงมีผลดีต่อการลดการสูญเสียสารแอนตีออกซิแดนส์ต่างๆ เช่น ascorbic acid, Betacaroteine และ lutein ในผักกาดหอมไม่สูญเสียสารประกอบฟีนอล (Day, 2001)

ลำไย

การศึกษาการเก็บรักษาดัดแปลงบรรยากาศในลำไยสดยังขาดแคลนการศึกษาทดลองค้นคว้าถึงประโยชน์การใช้บรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกสามารถลดการเปลี่ยนสีของเปลือก แต่ยังต้องพิจารณาผลของบรรจุภัณฑ์ต่อความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมที่มีการถ่ายเทก๊าซ CO_2 และ O_2 ในระดับที่เหมาะสมกับการหายใจของผลลำไย (Jiang *et al.,* 2002) การเก็บรักษาแบบ MAP ที่มีระดับของ 2-3% O_2 และมีระดับ 5% CO_2 มีประสิทธิภาพลดการสูญเสียน้ำ และการเปลี่ยนสีน้ำตาลของเปลือก แต่เมื่อไม่นานมานี้ มีรายงานว่าการเก็บรักษาแบบดัดแปลงบรรยากาศ (MA) ที่มีระดับ (50 %อากาศ + 50 % ไนโตรเจน) เมื่อใช้ร่วมกับสารป้องกันเชื้อรามีผลดีคุณภาพผล 92.3% หลังจากเก็บรักษานาน 7 วัน

Ngu *et al*. (2002) การใช้วิธีการเก็บรักษาแบบ MAP และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสำหรับยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดโดยนำผลลำไยมาเก็บรักษาในภาชนะที่ออกแบบ appropriate oxygen transmission rate(OTR); 4,000 mls/m^2/hr. สามารถเก็บรักษาลำไยและมังคุดที่ 10°C ได้นาน 3-4 สัปดาห์

เบญจมาส และคณะ (2548) การทดลองเก็บรักษาลำไยสดพันธุ์ดอ ที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และแช่กรดซิตริก เข้มข้น 1% ในบรรจุภัณฑ์ 4 แบบ คือ ถาดพลาสติก polyvinyl chloride (PVC) ปิดฝา เจาะรู หุ้มฟิล์มโพลีไวนิลคลอไรด์ และเปิดฝา พบว่าการนำลำไยกรรมวิธีต่างๆ มาเก็บที่อุณหภูมิ 25°C จะเก็บรักษาได้นาน 3 วัน และควรบรรจุลำไยในถาด PVC หุ้มฟิล์มยืด PVC เพราะลำไยมีการเกิดโรคและเปลี่ยนแปลงสีผิวน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

4. การรมด้วยก๊าซโอโซน (O_3)

การใช้ก๊าซโอโซนที่มีความเข้มข้น 60 ไมโครลิตรต่อลิตร วันละ 8 ชั่วโมง เป็นเวลา 28 วัน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2, 8 และ 16 องศาเซลเซียส สามารถลดการเน่าเสียของหัวแครอทได้ 50 เปอร์เซนต์ และสีผิวของหัวแครอทมีสีสดใสกว่าที่ไม่ได้รมก๊าซโอโซน Sarig *et al*. (1996) พบว่าผลอุ่นที่ได้รับการรมก๊าซโอโซนอัตรา 8 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ทำให้ปริมาณของเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรียบนผิวอุ่นลดลง และลดการเน่าเสีย ไม่เป็นพิษต่อผลอุ่น และอายุการเก็บรักษานานขึ้น ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการรมด้วยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ วาสนา (2546) พบว่าการรมโอโซนที่ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เป็นเวลา 90 นาที สามารถยืดอายุการเก็บรักษาลิ้นจี่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ได้นาน 15 วัน ส่วนเปอร์เซ็นต์การเน่าเสียที่รมด้วยโอโซนเน่าเสียต่ำกว่าที่ไม่รมด้วยก๊าซโอโซน ทั้งนี้เนื่องจากก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์จึงสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ (ชมภูศักดิ์ และเทพพนม, 2540) แต่การใช้ก๊าซโอโซนในการทดลองครั้งนี้อาจอยู่ในปริมาณน้อยเกินกว่าที่จะฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนสาเหตุการเน่าของผลลิ้นจี่พบว่าสัดส่วนของปริมาณแอนโธไซยานินมีแนวโน้มลดลงเพราะแอนโธไซยานินเป็นรงควัตถุชนิดที่ละลายน้ำพบมากในส่วนของแวคคิวโอล แอนโธไซยานินที่อยู่ในเซลล์พืชมักไม่เสถียร (ยงยุทธ, 2541) และโอโซนมีคุณสมบัติในการฟอกสี ดังนั้นโอโซนจึงอาจฟอกสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นที่เปลือกของผลในระหว่างการเก็บรักษาทำให้สามารถเห็นสีแดงได้ Barth *et al.* (1995) พบว่า โอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 0.0, 0.1 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 วัน พบว่า สีผิวของผลที่เก็บรักษาในโอโซนเข้มข้น 0.3 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง มีสีผิวที่ดีกว่า 0.0 และ 0.1 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง และกิจกรรมของ peroxidase (POD) พบว่าเกิดขึ้นในผลที่เก็บรักษาไว้ในโอโซนเข้มข้น 0.0 และ 0.1 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง มากกว่า 0.3 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง พบว่า โอโซนที่ใช้ในการเก็บรักษาแอ๊ปเปิลพันธุ์ Jonathan ที่ความเข้มข้น 5-6 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ระยะเวลา 1.5 ชั่วโมง ทุกๆ 10 วัน ที่อุณหภูมิ 0.1-1.0 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในตู้ทำความเย็น 92-95 เปอร์เซ็นต์สามารถลดการเน่าเสียและความเสียหายทั้งหมด 7 เปอร์เซ็นต์ และคุณภาพของผลที่ได้รับโอโซนดีกว่าที่ไม่ได้รับโอโซน พบว่าโอโซนในการเก็บรักษาผลสาลี่พันธุ์ Beurre Bosc และ Beurre d'Hardenpont นาน 10 นาทีทุกวัน เป็นเวลา 10 วัน ทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรงเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร และอายุการเก็บรักษาของผลสั้นลงที่ 20 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทำให้เกิด scald ที่ผิวของผลสาลี่พันธุ์ Beurre Bosc ส่วนการให้โอโซนที่ความเข้มข้น 10-15 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรชักนำให้เพิ่มคุณภาพของผลตลอดอายุ การเก็บรักษาเมื่อเทียบกับที่ไม่ใช้โอโซน

การให้โอโซนในการเก็บรักษาคุณภาพของแอปเปิลพันธุ์ Golden Delicious และ Starkrimson แล้วเก็บรักษาแบบ free access of air (FAA), controlled atmosphere (CA) ที่ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร ทุกๆ 3 วัน การเก็บรักษาแบบ FAA ทำให้คุณภาพต่ำลง และมีความสูญเสียทางการค้า แต่การเก็บรักษาแบบ CA ให้ผลดี โอโซนที่ใช้ในการเก็บรักษาท้อและแอ๊ปเปิล ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.2 และ 0.3 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง เปิดทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง เดือนละ 1 ครั้ง การทดลองที่ให้โอโซน 0.3 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ลดอัตราการหายใจของผล และการสูญเสียน้ำตาลในผล ส่วนปริมาณการเน่าเสียและลดการสูญเสียทางการค้าของท้อและแอ๊ปเปิล 13.88 และ 14.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทุกการทดลองสามารถชะลอการอ่อนตัวของเนื้อผลและยืดอายุการเก็บรักษา สารละลายน้ำของโอโซนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและ partial pressure ของโอโซนในสถานะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก๊าซ และยังขึ้นอยู่กับ ค่า pH ด้วย โดยพบว่า ความสามารถในการละลาย (solubility) ของก๊าซในน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง และได้แนะนำให้ทำการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานกระดาษที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved