บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ส้ม

ส้ม เป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นขนาดเล็กหลายชนิดในสกุล *Citrus* วงศ์ Rutaceae มีด้วยกันนับร้อยชนิด เติบโตกระจายอยู่ทั่วโลก โดยมากจะมีน้ำมันหอมระเหยในใบ ดอก และผล และมีกลิ่นฉุน หากนำใบขึ้นส่องกับแสงแดด จะเห็นจุดเล็กๆของต่อมน้ำมันหอมระเหย ส้มเป็นไม้ผลขนาดเล็ก ต้นสูงประมาณ 2.5-3 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ เริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี และให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 15 ปี ถ้ามีการดูแลรักษาอย่างดี ตั้งแต่เริ่มออกดอกจนถึงดอกบานใช้เวลาประมาณ 20-25 วัน นับจากดอกบานจนถึงผลแก่ใช้เวลาประมาณ 8 เดือน ต้นส้มเขียวหวานที่มีอายุ 10 ปี ให้ผลผลิตประมาณ 150-180 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี น้ำหนักเฉลี่ยของผลประมาณ 8 ผลต่อ 1 กิโลกรัม

ส้มสายน้ำผึ้ง เดิมเรียกว่าส้มโชกุน ถิ่นเดิมอยู่ที่ประเทศจีน เนื่องจากมีคนไทยเชื้อสายจีนนำส้มโชกุนมาจากเมืองซัวเถามาปลูกที่จังหวัดยะลา และต่อมาการปลูกส้มพันธุ์นี้สร้างรายได้และชื่อเสียงให้แก่จังหวัดยะลามานาน ดังนั้นทางจังหวัดจึงจัดให้มีการประกวดการตั้งชื่อใหม่ให้แก่ส้มพันธุ์นี้และได้ชื่อว่า “เพชรยะลา” แต่ชื่อไม่เป็นที่นิยมเท่าชื่อเดิม จากนั้นได้มีการนำส้มจากจังหวัดยะลาไปปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ เช่น พื้นที่อำเภอฝาง ซึ่งผลผลิตที่ได้แตกต่างไปจากจังหวัดยะลา ผิวของผลส้มสวย มีสีเหลืองนวล เนื่องจากช่วงที่ผลแก่มีอากาศหนาวเย็น จากนั้นจึงมีการปลูกส้มพันธุ์นี้ในจังหวัดเชียงใหม่มากขึ้นและนิยมเรียกส้มพันธุ์นี้ว่า “สายน้ำผึ้ง” (พานิชย์, 2542)

ส้มสายน้ำผึ้ง หรือส้มโชกุน หรือ ส้มเพชรยะลา มีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* อยู่ในวงศ์ Rutaceae จัดเป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน (Subtropical fruit) เป็นพันธุ์ส้มในกลุ่มส้มเขียวหวาน มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน และยังมีลักษณะทรงต้น ขนาดต้นและขนาดของใบใกล้เคียงกันอีกด้วยแต่ส่วนที่แตกต่างไปจากส้มเขียวหวานก็คือ ทรงพุ่มของส้มสายน้ำผึ้งจะค่อนข้างหนาแน่นกว่าและมีลักษณะของกิ่งและใบตั้งขึ้น (erect form) ในขณะที่ส้มเขียวหวานจะมีลักษณะของกิ่งและใบห้อยลง (weeping form and willow form) ส้มสายน้ำผึ้งปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะผลส้มนี้มีคุณภาพและรสชาติที่ดีกว่าส้มเขียวหวานชนิดอื่นๆ ในหลายๆ ด้าน เนื้อแน่น สีสันสวยงาม ชานมีลักษณะนิ่ม มีน้ำส้มในปริมาณมาก รสชาติหวานแหลม อมเปรี้ยวเล็กน้อย (เปรมปรี, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มสายน้ำผึ้ง (บ้านส้มเขียวหวาน, 2546)

ทรงพุ่มของส้มสายน้ำผึ้งมีการเจริญได้ดีพอๆ กับส้มเขียวหวาน โดยจะมีทรงพุ่มแน่นกว่าส้มเขียวหวาน ลักษณะกิ่งและใบจะตั้งขึ้น (erect form) ในขณะที่ส้มเขียวหวานใบจะตก หรือห้อยลงมา ส่วนใบของส้มสายน้ำผึ้งนั้นเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวาน จะมีขนาดเล็กและมีสีเขียวเข้มมากกว่า นอกจากนี้ใบยังมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีนและส้มพองแกน และผลของส้มสายน้ำผึ้งมีลักษณะผลคล้ายส้มเขียวหวานมาก ขณะที่ผลยังอ่อนจะมีสีคล้ายส้มเขียวหวาน เมื่อแก่จัดผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแดง ยกเว้นผลส้มที่ได้จากภาคใต้จะมีสีผิวเหมือนกับส้มเขียวหวาน ปอกเปลือกง่าย เปลือกมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน หรือส้มพองแกน ส้มพันธุ์นี้มีช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว 8 – 8.5 เดือน ในการปลูกจากกิ่งตอนจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในปีที่ 3

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผลส้ม

ผลส้มจัดเป็นพวกเบอรี่ มีชื่อเรียกว่า hesperidium เจริญจากรังไข่โดยตรงมีราว 10 พู เชื่อมต่อกันเป็นวงกลมล้อมรอบแกนที่เรียกว่า Central axis (วิเชียร, 2548) ส้มพันธุ์สายน้ำผึ้งเป็นพวกส้มเปลือกล่อน สามารถปอกเปลือกได้ง่าย ขนาดของทรงพุ่มประมาณ 4-6 เมตร ผลมีลักษณะค่อนข้างกลม แป้นเล็กน้อย บริเวณขั้วผลราบถึงเว้าเล็กน้อย ผิวผลเมื่อสุกมีสีเขียวอมเหลืองถึงเหลืองเข้ม ถ้าปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็นผิวผลจะมีสีเหลืองเข้ม เช่น แถบจังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ผิวผลเรียบมีต่อมน้ำมันถี่เต็มผิวผล กลีบผลแยกออกจากกันได้ง่าย มีกลีบประมาณ 11 กลีบ มีรกน้อย ถุงน้ำหวาน(juice sac) มีขนาดสั้น ฉ่ำน้ำ เนื้อผลมีสีส้ม รสชาติหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย มีเมล็ดน้อย 5-12 เมล็ดต่อผล ตั้งแต่ออกดอกถึงเก็บผลิตผลได้ใช้เวลา 9 เดือนและเริ่มให้ผลผลิตหลังจากปลูกประมาณปีที่ 3 ขึ้นไป

ส่วนต่างๆ ของผลแบ่งออกได้ ดังนี้ (วิเชียร, 2548)

1. เปลือกผล (ovary wall) เปลือกของผลส้มแบ่งออกเป็น 3 ชั้น คือ

เปลือกผลชั้นนอก (flavedo) เป็นส่วนที่อยู่ชั้นนอกสุดของผลส้ม ประกอบด้วยชั้นอิพิเดอมิส (epidermis) ที่มีคิวติเคิล (cuticle) หุ้มหนามาก เซลล์ในชั้นของอิพิเดอมิสยังคงมีการแบ่งเซลล์ต่อไปจนถึงระยะผลแก่ เซลล์ที่มีการแบ่งตัวระยะหลังมีคิวติเคิลบางและมีต่อมน้ำมันซึ่งสร้างตั้งแต่ในระยะที่เป็นรังไข่ของดอก ต่อมน้ำมัน (oil gland) จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระยะที่ผลขยายใหญ่ขึ้น บริเวณใต้ชั้นอิพิเดอมิสมีชั้นของเซลล์พาเรนไคมา (parenchyma) ที่มีคลอโรพลาสต์ (chloroplast) อยู่ด้วย จึงทำให้เปลือกผลมีสีเขียว และเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่ (mature) คลอโรพลาสต์จะเปลี่ยนเป็นโครโมพลาสต์ (chromoplast) และมีการสร้างสารพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) ทำให้ผลส้มมีสีสันตามลักษณะประจำพันธุ์ เช่น สีเหลืองและสีส้ม เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปลือกชั้นกลาง (albedo) เป็นเซลล์สปองจิพาเรนไคมา (spongy parenchyma) ชั้น albedo มีสีขาวอ่อนนุ่มในระยะแรกของการเจริญเติบโตของผล การเพิ่มขนาดของผลในระยะแรกเกิดจากการเพิ่มความหนาของชั้น albedo ส่วนการเพิ่มขนาดของช่องผลมีน้อยเมื่อสุกเปลือกผลที่แกะออกมาจะเป็นชั้นของเปลือกผลชั้นนอกและชั้นใน ส้มพวกแทนเจอรีน (tangerine) เช่น ส้มเขียวหวาน ส่วนของเปลือกที่เป็นที่เป็นเปลือกชั้นนอกและชั้นกลางมีลักษณะบางมากกว่าส่วนในส้มโอและซิตรอนมีชั้นของเปลือกผลชั้นกลางหนามาก

เปลือกผลชั้นใน ได้แก่ ส่วนที่เป็นช่องหรือกลีบผลและผนังของพูรังไข่ ส่วนที่เป็นจุดกำเนิดถุงน้ำหวาน (juice sac primordia) จะจัดเรียงกันอย่างหนาแน่นและเป็นระเบียบ ในระยะก่อนที่ช่องผลจะขยายขนาด เมื่อช่องผลขยายขนาดเต็มที่ถุงน้ำหวานจะกระจัดกระจายออกอย่างไม่เป็นระเบียบ ผนังของเปลือกชั้นในจะยืดตัวตึงและปกคลุมด้วยชั้นคิวติเคิล

2. ผนังกั้นและแกนผล (septa and central axis)

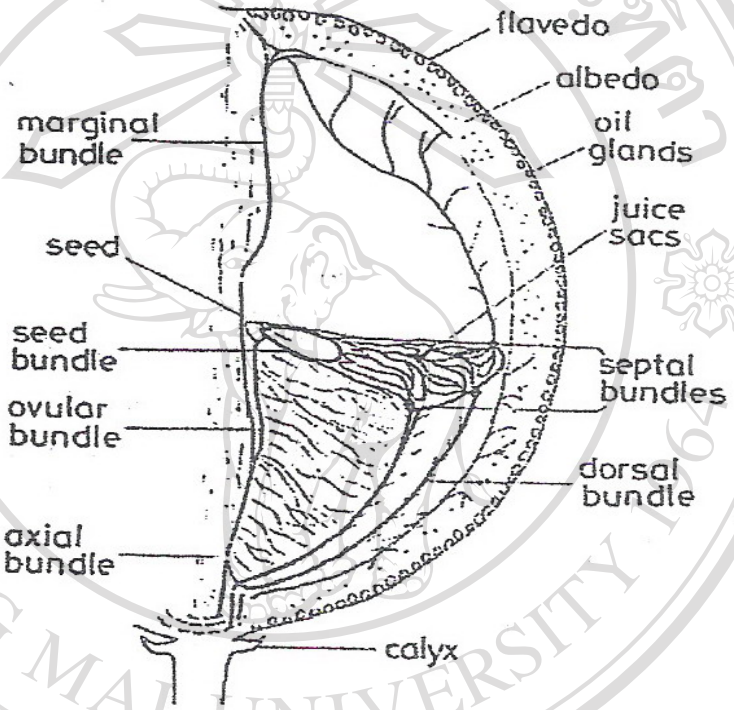
ผนังกั้น เป็นผนังบางๆ แบ่งกั้นระหว่างช่องผล แต่ละกลีบผลประกอบด้วยผนัง 2 ชั้นของช่องมาประกบกัน สามารถแยกออกจากกันได้เป็นกลีบผล เรียกว่า เซ็กเม็นต์ (segment) และระหว่างผนังของกลีบผลจะมีท่อน้ำท่ออาหารซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นเล็กๆ และมีสีขาว มีลักษณะเป็นเส้นใยมาเลี้ยงผลและทุกกลีบผล ซึ่งอยู่บริเวณภายในของเปลือกชั้นใน

แกนผล เป็นแกนกลางของผลที่เปลี่ยนแปลงมาจากแกนของดอกแต่ละพูรังไข่ที่เชื่อมกันว่ามีวิวัฒนาการจากใบนั้นที่แกนผลทางตอนล่างจะมีท่อน้ำท่ออาหารกระจายไปหล่อเลี้ยงส่วนของถุงน้ำหวานและไข่อ่อน เซลล์พวกนี้มีลักษณะเป็นพวก สปองจิพาเรนไคมา ในส้มบางพันธุ์อาจจะมีแกนกลางขนาดเล็กหรือเกือบไม่มี เช่น ส้มจุกและส้มเขียวหวาน แต่ส้มบางชนิดมีแกนกลางขนาดใหญ่มาก เช่น ส้มโอ

3. ถุงน้ำหวาน (juice sac)

เป็นส่วนของผลที่เจริญมาจากผนังเปลือกชั้นใน ถุงน้ำหวานบางถุงมีก้านยาว บางถุงก็มีก้านสั้น ภายในก้านไม่มีมัดท่อน้ำท่ออาหาร ลักษณะของถุงน้ำหวานจะเป็นเซลล์ที่มีช่องว่างใหญ่และมีรูปร่างต่างๆ กัน ภายในถุงน้ำหวานจะมีกรดและน้ำตาลอยู่ (ภาพ 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 ส่วนประกอบของผลส้ม (Spiegel – Roy and Goldschmidt, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณค่าทางอาหาร

เนื่องจากส้มเป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางอาหารสูง จึงสามารถพบสารอาหารและวิตามินต่างๆ หลายชนิดดังตาราง 1

ตาราง 1 องค์ประกอบทางอาหารของผลส้มเขียวหวานต่อ 100 กรัมส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงานอาหาร	44 แคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	9.9 กรัม
โปรตีน	0.6 กรัม
ไขมัน	0.2 กรัม
น้ำ	88.7 กรัม
เส้นใย	0.2 กรัม
แคลเซียม	31 มิลลิกรัม
เหล็ก	0.8 มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	18 มิลลิกรัม
วิตามิน A	4000 หน่วยสากล
วิตามิน B1	0.04 มิลลิกรัม
วิตามิน B2	0.05 มิลลิกรัม
วิตามิน C	18 มิลลิกรัม

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2540

การเก็บเกี่ยวผลส้ม

ผลผลิตทางการเกษตรจะมีคุณภาพดีและเก็บรักษาได้นาน ถ้าเก็บเกี่ยวในระยะความแก่อ่อนที่เหมาะสม (ดนัยและนิธิยา, 2535) ส้มเป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือตลอดเวลาของการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่พบปรากฏการณ์การสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้น ผลส้มชนิดต่างๆ เป็น 'tree-ripened' คือ ผลส้มจะต้องอยู่บนต้นจนกระทั่งถึงระยะเวลาที่ผลส้มมีส่วนประกอบ หรือคุณภาพที่เหมาะสมสำหรับบริโภคก่อนที่จะเก็บเกี่ยวและจะไม่มีการเพิ่มคุณภาพโดยเฉพาะความหวานหลังจากการเก็บเกี่ยวเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric (สายชล, 2538) ดังนั้นควรให้ผลส้มสุกก่อนที่จะเก็บเกี่ยว ส้มเขียวหวานเริ่มเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุประมาณ 9.5–10.5 เดือนหลังจากดอกบาน (จริงแท้, 2541) ส้มบางพันธุ์สามารถให้อัตราส่วนระหว่างปริมาณของแข็งที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA ratio) เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยว (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

การเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม

ผักและผลไม้เป็นสิ่งที่ยังมีชีวิต กระบวนการต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาทั้งทางสรีระและชีวเคมี และส่วนมากมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ทำให้คุณภาพลดลง สำหรับผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวทั้งคุณภาพทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีจะไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนัก (กฤษฎา, 2545) การเปลี่ยนแปลงของผลส้มทั้งคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของสีเปลือก การสูญเสียน้ำ การผลิตเอทธิลีน การหายใจ และการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ดังนี้

1. สีเปลือกนอก

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลิตผลต่างๆ มักมีการเปลี่ยนสีเกิดขึ้น โดยเฉพาะสีเขียวจะสลายไปและมักปรากฏสีเหลืองหรือสีแดงขึ้นแทน สีต่างๆ ของผลิตผลที่เห็นเกิดจากรงควัตถุ (pigment) สีต่างๆ (จริงแท้, 2541) ในผลไม้หลายชนิดการเปลี่ยนแปลงของสีผิวบ่งบอกถึงความสุกแก่ทางสรีระ เช่น มะเขือเทศ แต่สำหรับการเปลี่ยนแปลงของเปลือกส้มไม่สามารถใช้บอกถึงระยะการสุกแก่ได้ Will *et al.* (1998) การเปลี่ยนสีของเปลือกส้มขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสภาพแวดล้อม กล่าวคือผลส้มที่ปลูกในสภาพอากาศร้อนเปลือกส้มจะมีสีเขียว แต่ในทางกลับกันส้มที่ปลูกในสภาพอากาศที่หนาวเย็นจะมีสีเหลืองสวยงามซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมบริโภค ดังนั้นจึงมีการนิยมเร่งสลายสีเขียว (degreening) การเร่งสลายสีเขียวจะใช้แก๊สเอทธิลีน ในสภาวะที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมซึ่งทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และความเข้มของแก๊สเอทธิลีนที่ใช้จะแปรผันตามชนิดของผลไม้ เช่น ในการเร่งสลายสีเขียวของผลส้มฟลอริดาจะทำที่อุณหภูมิ 27-29°C ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95 % และความเข้มข้นของเอทธิลีนประมาณ 1-5 ppm โดยใช้ห้องที่มีการหมุนเวียนอากาศเพื่อที่จะทำให้มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่น้อยที่สุด (ดนัยและนิธิยา, 2535)

2. การสูญเสียน้ำ

การสูญเสียน้ำหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นขณะที่มีการเก็บรักษา การสูญเสียน้ำไม่เพียงแต่ทำให้สูญเสียน้ำหนักซื้อขาย แต่ยังทำให้ลักษณะที่ดึงดูดใจผู้ซื้อลดน้อยลงไปด้วย การสูญเสียน้ำของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ โครงสร้างของพืช สารเคลือบผิว รอยบาดแผล อุณหภูมิ ความชื้น การเคลื่อนที่ของอากาศ นอกจากนี้อัตราของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรยังมีผลต่อการสูญเสียน้ำอีกด้วย กล่าวคือการสูญเสียน้ำในผลส้มที่มีขนาดเล็กมากกว่าผลที่มีขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การผลิตเอทธิลีนและการหายใจ

ผลส้มชนิดต่างๆ เป็นผลไม้ประเภท non-climacteric คือ ไม่พบการสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้นขณะที่ผลพัฒนาจนแก่เต็มที่และเข้าสู่ระยะเสื่อม สำหรับผลส้มสร้างเอทธิลีนเล็กน้อย ประมาณ 0.02-0.06 ppm ตลอดระยะเวลาของการเจริญเติบโตจนกระทั่งผลแก่ เนื่องจากผลส้มมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ดังนั้นควรปล่อยผลส้มให้อยู่บนต้นช่วงระยะเวลาหนึ่งหลังจากถึงระยะเวลาแก่ สำหรับอัตราการหายใจเป็นการเร่งการเสื่อมสภาพจึงมีผลต่ออายุการเก็บรักษา การหายใจของผลส้มจะค่อยๆ ลดลงเมื่อผลมีอายุมากขึ้น แต่อัตราการหายใจจะไม่เพิ่มขณะที่ผลไม้มีการสุก

4. การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมี ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดอินทรีย์ และวิตามิน ซึ่งมีผลต่อรสชาติของผลไม้ หลังการเก็บเกี่ยวการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรตของผลส้มนั้น ความหวานหรือน้ำตาลได้มาจากการเคลื่อนย้ายจากใบเข้ามาสะสมในผลขณะที่มีการเจริญเติบโตไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงแป้งไปเป็นน้ำตาลเหมือนกับผลไม้ประเภท climacteric ผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวไม่สามารถเก็บมาบ่มให้หวานได้ ดังนั้นเวลาเก็บเกี่ยวจะต้องให้ผลแก่มากที่สุดคุณภาพของการบริโภคจึงจะดี ส่วนโปรตีนไม่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดคุณภาพหรือรสชาติของผลไม้แต่ว่าการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนจะเป็นตัวชี้ถึงกระบวนการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาในระยะต่างๆ ส่วนกรดอินทรีย์โดยทั่วไปแล้วปริมาณกรดในผลไม้จะเพิ่มขึ้นสูงสุดระหว่างการเจริญเติบโตและพัฒนาอยู่บนต้น ยกเว้นกล้วยและสับปะรด กรดอินทรีย์ที่พบมากในผลส้มคือ กรดซิตริกและรองลงมาคือกรดมาลิก ดังนั้นการเกิดรสชาติที่ดีสำหรับผลไม้ส่วนหนึ่งมาจากการลดความเป็นกรดพร้อมกับการเพิ่มปริมาณของน้ำตาล (สายชล, 2538)

วิตามินต่างๆ ที่สำคัญที่พบในผลไม้ตระกูลส้ม คือ วิตามินซี หรือกรดแอสคอร์บิก เป็นอนุพันธ์ของน้ำตาลเฮกโซส ละลายได้ดีในน้ำจึงดูดซึมเข้าร่างกาย และกระจายตัวไปตามเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกายได้ง่าย วิตามินซีสลายตัวได้ง่ายเมื่อถูกแสง อากาศ และความร้อน (กฤษฎา, 2545) สารประกอบในน้ำส้มภายหลังการเก็บเกี่ยวผลส้มแล้ว จะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะค่อยๆ ลดลงเนื่องมาจากการลดลงของปริมาณกรดซิตริกในน้ำส้ม ขณะที่กรดลดลงปริมาณน้ำตาลจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถบอกได้ในรูปปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้กับปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ สามารถใช้เป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวได้ (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้ม

ส้มเป็นพืชที่ให้ผลเป็นฤดูกาลชนิดหนึ่งถึงแม้ว่าพืชตระกูลส้มสามารถบังคับให้ออกผลนอกฤดูกาลได้ แต่ก็เป็นจำนวนน้อย เนื่องจากการบังคับให้ออกผลนอกฤดู ต้องอาศัยปัจจัยร่วม

เป็นส่วนประกอบหลายอย่าง ดังนั้นในฤดูที่ผลผลิตออกสู่ตลาด จึงมีช่วงระยะเวลาไม่นานนักแต่การบริโภคกลับมีความต้องการตลอดปี ดังนั้นจำเป็นต้องเก็บรักษาผลิตผลในฤดูให้ยาวนานออกไป เพื่อให้ระยะเวลาการบริโภคยาวนานขึ้นด้วย นอกจากนี้ ส้มเป็นพืชที่มีการผลิตมากในเขตเมืองร้อนแต่ระยะเวลาการขนย้ายไปจำหน่ายยังส่วนอื่นๆ ของโลกต้องใช้เวลานาน ดังนั้นโรคหลังการเก็บเกี่ยวจะเข้ามาทำความเสียหายต่อส้มในระหว่างการขนส่ง ถ้าหากผลส้มที่ขนส่งนี้ไม่ได้รับการปฏิบัติและป้องกันไม่ถูกต้อง ส่วนส้มที่ได้รับการป้องกันอย่างถูกต้องจะสามารถเก็บรักษาได้ตั้งแต่หลายสัปดาห์ไปจนหลายเดือน ความเสียหายหลังการเก็บเกี่ยวของส้มขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น

1. แหล่งผลิต
2. ชนิดของส้ม
3. อายุและสภาพของส้ม
4. สภาพภูมิอากาศระหว่างที่ส้มเจริญเติบโตและระหว่างการเก็บเกี่ยว
5. ความบอบช้ำของผลผลิตระหว่างการเก็บเกี่ยว
6. ประสิทธิภาพของสารเคมี
7. ชนิดของเชื้อและพัฒนาการต้านทานต่อสารเคมี
8. สภาพการเก็บรักษา

อาการของโรคหลังการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่เป็นอาการที่เกิดจากการเน่า โดยเชื้อสาเหตุสร้างเอนไซม์มาย่อยสลายเนื้อเยื่อทำลายส่วนที่เป็นเพคตินทำให้เซลล์แยกออกจากกัน เนื้อเยื่อยุบตัวลง ทำให้นิ่มและเละ อาการอีกชนิดที่พบคือ อาการที่เซลล์หรือเนื้อเยื่อถูกทำลายให้ตายไป แล้วมีการสะสมสารประกอบฟีนอลทำให้แผลเกิดเป็นสีน้ำตาลซึ่งอาจแห้งหรือชื้นก็ได้ สำหรับโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม ได้แก่ โรคราเน่าสีเขียว โรคเน่าราสีน้ำเงิน โรคเน่าราสีน้ำตาล โรคที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizopus* โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria* โรคแอนแทรคโนส โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* และ โรคขั้วผลเน่า (ดนัย, 2543)

โรคหลังการเก็บเกี่ยวที่สำคัญของไม้ผลตระกูลส้มมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน เช่น โรคเน่าราสีเขียว (green rot) เกิดจากเชื้อ *Penicillium digitatum* ซึ่งเชื้อราสาเหตุจะสามารถเข้าทำลายผลิตผลได้ทางบาดแผลเท่านั้น โดยอาการเริ่มแรกจะเริ่มที่เปลือกส้มเกิดรอยช้ำใสๆ เป็นวง ต่อมาจะเพิ่มขนาดขยายขึ้นเรื่อยๆ ต่อมาจะพบการสร้างเส้นใยสีขาวบริเวณกลางรอยช้ำ และจะพบการสร้างสปอร์เป็นสีเขียวจำนวนมาก ทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคอย่างรวดเร็ว บางครั้งพบร่วมกับอาการผลแตก หรือผลช้ำ เมื่อกดด้วยนิ้วจะทะลุถึงส่วนที่เป็นเนื้อได้ และลักษณะอาการผลนิ่มจะแพร่กระจายไปทั้งผล ลักษณะของแผลที่เด่นชัดและค่อนข้างเฉพาะตัวคือ เส้นใยจะเกิดขึ้นก่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และขยายตัวไปพร้อมๆ กับการนิ่มของผล แล้วจึงมีกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกเกิดขึ้นภายหลัง ส่วนเส้นใยสีขาวจะมีลักษณะติดอยู่ที่เปลือกแต่สปอร์สีเขียวจะอยู่บริเวณผิวและปลิวได้ง่าย

ในสภาพความชื้นต่ำแผลอาจจะแห้งไปแต่ถ้าความชื้นสูงอาการจะรุนแรง และอาจมีเชื้อราชนิดอื่นเข้าทำลายต่อ สีของกลุ่มสปอร์อาจจะแตกต่างไปบ้างตามอายุการเกิดโรค ในกรณีที่เกิดร่วมกับอาการโรคเน่าราสีน้ำเงิน อาการของโรคเน่าราสีเขียวจะเกิดขึ้นก่อน และต่อมาอาการของโรคเน่าราสีน้ำเงินจะปกคลุมแผลทั้งหมด การทำลายของโรคเน่าราสีเขียวจะเกิดเฉพาะส่วนเปลือกเท่านั้น แต่คุณภาพของเนื้อและน้ำในผลจะเสียไปด้วย (ดนัย, 2543) ซึ่ง Snowdon (1990) รายงานเกี่ยวกับโรคหลังการเก็บเกี่ยวของส้มว่า โรคเน่าราสีเขียว (green mould rot) และโรคเน่าราสีน้ำเงิน (blue mould rot) เป็นโรคที่สำคัญและพบมากในระยะหลังการเก็บเกี่ยวของผลส้ม โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อราทั้งสองชนิดสามารถเกิดขึ้นร่วมกันได้ แต่การเจริญเติบโตของโรคเน่าราสีน้ำเงินจะเจริญได้ช้ากว่าโรคเน่าราสีเขียว ดังนั้นจึงพบการแพร่กระจายของโรคเน่าราสีเขียวมากกว่าโรคเน่าราสีน้ำเงิน

กลุ่มของเชื้อราที่ทำความเสียหายภายหลังการเก็บเกี่ยวนี้ บางครั้งไม่ได้ถูกจำกัดอยู่เฉพาะการเน่าเสียเท่านั้นแต่มีผลต่อเนื่องไปถึงสารพิษที่เชื้อราเหล่านี้สร้างขึ้นด้วย ในการบริโภคผลส้มโดยตรงคงไม่เกิดปัญหาอย่างไรเพราะสามารถตัดผลที่เสียทิ้งไป แต่ในทางอุตสาหกรรม เช่น การผลิตน้ำส้มคั้น บางครั้งจะมีผลที่เสียจากการติดเชื้อปะปนเข้าไปด้วยและอาจก่อให้เกิดปัญหาสารพิษปนเปื้อนในน้ำส้มคั้นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อรา *Penicillium digitatum*

สามารถจัดจำแนกกลุ่มของเชื้อ *Penicillium digitatum* ตั้งแต่ระดับ Kingdom ลงไปจนถึง Species ได้ดังนี้ (Alexopoulos, 1996)

Kingdom Fungi
Phylum Deuteromycota
Class Deuteromycetes
Order Moniliales
Family Moniliaceae
Genus *Penicillium*
Species *Penicillium digitatum*

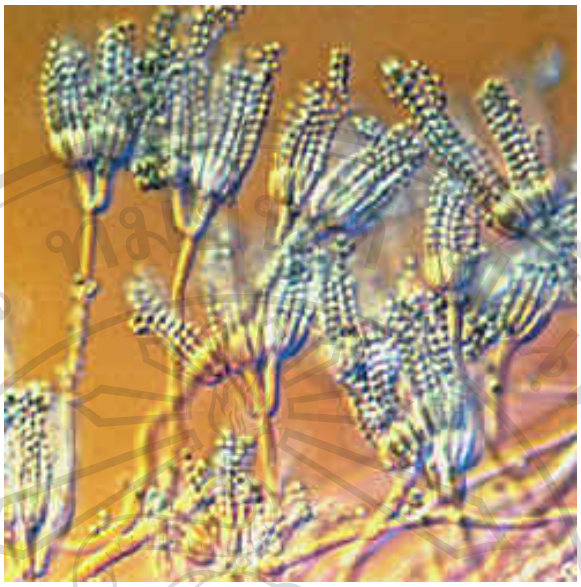
ลักษณะทั่วไปของเชื้อรา

ลักษณะโคโลนีที่เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 33-55 มิลลิเมตร โคโลนีแบน ผิวหน้าพบว่ามีลักษณะตั้งแต่เป็นกำมะหยี่จนถึงปุยฟู มีเส้นใยเป็นสีขาว มีการสร้างสปอร์ปานกลางถึงมาก สปอร์มีตั้งแต่สีเขียวอมเทาถึงสีเขียวมะกอก พื้นหลังของโคโลนีมีสีน้ำตาลอ่อนๆ หรือขาวขุ่น

ก้านชูสปอร์ (conidiophore) ของ *P. digitatum* สร้างมาจากเส้นใย และมีก้านชูสปอร์ยาวประมาณ 70-150 ไมโครเมตร และมีขนาดเล็กผนังบางและเรียบ เมื่อโตเต็มที่จะแตกกิ่งก้าน 2-3 กิ่ง phialides มีลักษณะเป็นรูปขวด สปอร์มีลักษณะค่อนข้างรีจนถึงทรงกระบอก มีขนาด 6-8 ไมโครเมตร มีผนังเรียบและต่อกันเป็นโซ่ มีสีเขียวอมเหลืองถึงสีเขียวมะกอก บนอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิด (ภาพ 2 และ 3) (Pitt, 1979)

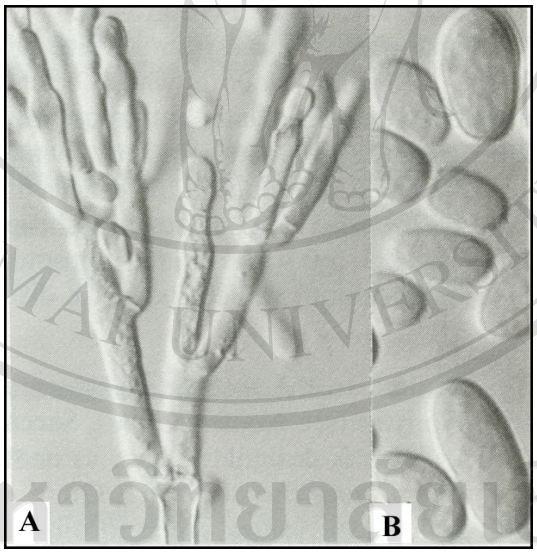
การสืบพันธุ์เป็นแบบไม่อาศัยเพศโดยสร้างโคนิเดีย แต่ถ้ามีการพบว่ามีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยสร้างแอสโคสปอร์จะจัดไว้เป็นอีกจีนัสหนึ่ง การดำรงชีวิตเป็นแบบ saprophyte หรือเป็น parasite คือ เป็นปรสิตที่สามารถเจริญอยู่ได้โดยได้รับอาหารจากสิ่งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต ในสภาพธรรมชาติสามารถขึ้นทำลายพืชและดำรงชีวิตอยู่ในซากพืชต่อไปได้อีกหลังจากพืชนั้นตายแล้ว แต่มีความเคยชินต่อการเจริญและดำรงชีวิตอยู่ในสภาพปรสิตมากกว่า ทำความเสียหายเฉพาะพืชตระกูลส้มเท่านั้น และเป็นเชื้อโรคอย่างอ่อน (weak parasite) จึงเข้าทำลายทางบาดแผลเท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2 ลักษณะของเชื้อรา *Penicillium digitatum*

ที่มา University of Guelph, 1999. (21 มิถุนายน 2551)



ภาพ 3 ลักษณะของเส้นใย (A) และรูปร่างของสปอร์ *Penicillium digitatum* (B)

ที่มา Universite´ de Bretagne Occidentale, 2003.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะอาการโรคเน่าราสีเขียว

เชื้อ *Penicillium digitatum* สามารถเข้าทำลายทางบาดแผลเท่านั้น อาการจะเริ่มที่เปลือกของผลส้ม โดยเกิดเป็นจุดฉ่ำน้ำที่เปลือก เนื้อเยื่อจะนิ่ม แผลจะเริ่มค่อยๆ ขยายออกไปเป็นวงกว้าง เมื่อกดด้วยนิ้วจะทะลุถึงส่วนที่เป็นเนื้อผลได้ ต่อมาลักษณะอาการนิ่มนี้จะเกิดทั่วทั้งผล บริเวณที่

เป็นจุดฉ่ำน้ำจะมีเส้นใยสีขาวเจริญปกคลุม เส้นใยจะสร้างกลุ่มของสปอร์สีเขียวมะกอกขึ้นมาตรงบริเวณกลางแผล สปอร์สีเขียวจะฟุ้งกระจายได้ง่าย ปัจจัยสำคัญที่ทำให้การเข้าทำลายของเชื้อรา *P. digitatum* ประสบความสำเร็จ ได้แก่ จำนวนสปอร์ของเชื้อราและความลึกของบาดแผล บาดแผลที่ลึกถึงขั้น flavedo หรือบริเวณส่วนนอกสุดของเปลือกเป็นส่วนที่มีสีส้มเหลืองของชั้นเปลือกหุ้มผลพบว่าอัตราการเข้าทำลายต่ำ เนื่องจากบาดแผลที่ผลส้มจะมีการพัฒนาในการต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อรา เป็นผลมาจากการเกิด lignification และบาดแผลที่ลึก 2-3 mm ซึ่งลึกถึงชั้น albedo หรือบริเวณส่วนสีขาว ลักษณะคล้ายฟองน้ำของชั้นเปลือกหุ้มผล พบว่ามีการเข้าทำลายที่สูง (Eckert and Brown, 1986)

การป้องกันกำจัดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

การลดความสูญเสียจากโรคหลังการเก็บเกี่ยวนี้ สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น

1. การลดการติดเชื้อของผลส้มก่อนเก็บเกี่ยว

การตัดแต่งกิ่งและการกำจัดส่วนที่เป็นโรค โดยการทำลาย จะช่วยลดการแพร่กระจายของเชื้อได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การฉีดพ่นสารเคมีเพื่อป้องกันการติดเชื้อในช่วงก่อนเก็บเกี่ยวจะช่วยลดจำนวนสปอร์ที่ปลิวอยู่ในอากาศตลอดจนส่วนที่ติดอยู่ที่ผล ทำให้จำนวนผลติดเชื้อน้อยลง การฉีดพ่นสารเคมี เช่น ไธอะเบนดาโซล หรือเบนโนมิล ก่อนเก็บเกี่ยว 1 สัปดาห์จะช่วยลดความเสียหายภายหลังเก็บเกี่ยวได้ ในทำนองเดียวกันการป้องกันกำจัดแมลงก็สามารถลดการเสียหายได้ นอกจากนี้ควรปรับปรุงวิธีการเก็บเกี่ยวให้ผลได้รับบาดแผลน้อยที่สุด ก็จะทำให้คุณภาพของผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวดีขึ้นด้วย สำหรับอุปกรณ์การเก็บเกี่ยวตลอดจนภาชนะ ซึ่งมักจะมีเชื้อติดอยู่ควรต้องฉีดพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดเชื้อเหล่านี้ หรือใช้วิธีการอบฆ่าเชื้อก็ได้

2. การรักษาความต้านทานต่อเชื้อของผลส้ม

การลดบาดแผลของผลในระหว่างเก็บเกี่ยวจะช่วยลดการติดเชื้อได้ในขณะเดียวกันเซลล์ของผิวส้มที่ยังไม่มีความเสียหายจะมีปฏิกิริยาต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อด้วย การบ่มส้มควรบ่มที่อุณหภูมิและความชื้นพอเหมาะ ซึ่งจะทำให้ส้มไม่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราการรักษาผลส้มให้สดจะช่วยให้เซลล์ของผิวส้มแข็งแรง ซึ่งภายในเซลล์ของผิวส้มเองจะมีสารเคมีพวกสารประกอบฟีโนลิค (phenolic compound) ช่วยในการต้านทานเชื้อด้วย ในบางประเทศอาจมีการใช้สารเคมีช่วยเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อ เช่น การใช้สารเคลือบผิว (wax) และ 2,4 – D เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

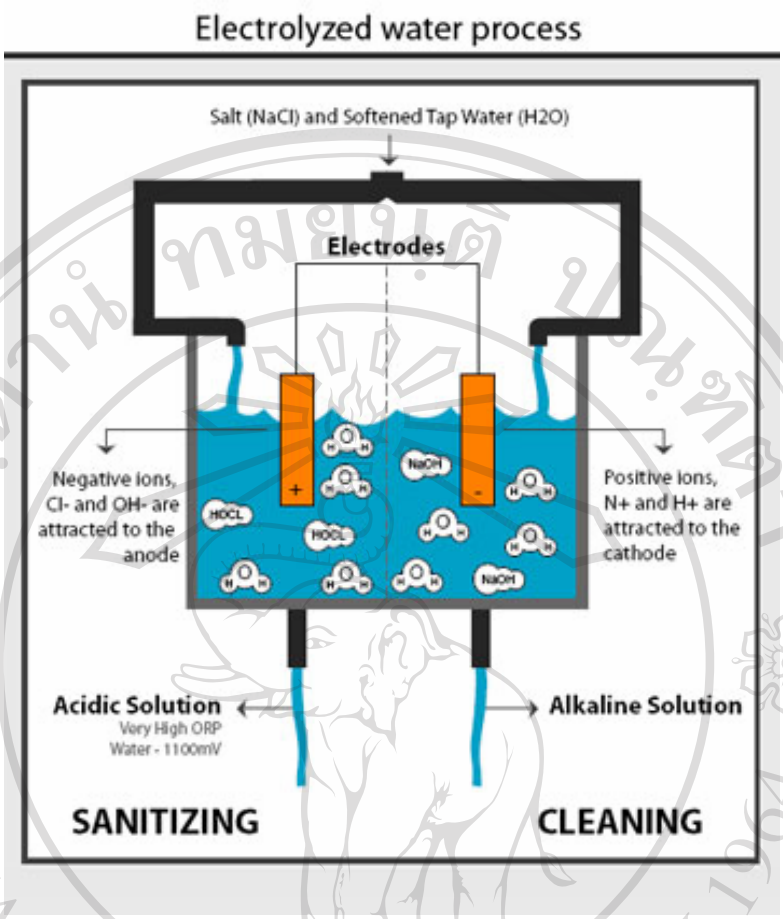
3. การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยว

การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวสามารถลดการเน่าเสียของผลส้มได้ วิธีที่นิยมมากที่สุด คือ การใช้สารเคมีหลังการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตามสารเคมีนี้ควรคำนึงถึงความปลอดภัย การใช้สารละลายจำพวก SOPP ล้างจะช่วยทำให้ผลส้มสะอาด ลดจำนวนสปอร์ของโรคซึ่งติดมาทั้งจากในแปลงปลูกและในระหว่างเก็บเกี่ยว ส่วนการแช่น้ำร้อนที่ 46-49°C เป็นเวลา 2-4 นาที ก็สามารถกำจัดโรคผลเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora, Phomopsis* และ *Penicillium* เป็นต้น การฉายรังสีก็เป็นอีกทางหนึ่งที่จะช่วยในการกำจัดเชื้อโรคหลังเก็บเกี่ยวแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้อยู่มากและยังมีอีกวิธีหนึ่งนั่นคือการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ล้างผลส้มเพื่อใช้กำจัดเชื้อโรค ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัยและไม่มีสารพิษตกค้าง

น้ำอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyzed oxidizing water ; EO Water)

น้ำอิเล็กโทรไลต์สามารถฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ได้โดยการใช้น้ำ EO ซึ่งผลิตมาจากน้ำและเกลือและไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม น้ำ EO มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในโรงพยาบาลที่ญี่ปุ่นและอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ (Whangchai *et al.*, 2003) รวมทั้งทางด้านอุตสาหกรรมอาหาร (Grech and Rijkenberg, 1992; Kim *et al*., 2000) เพราะน้ำอิเล็กโทรไลต์ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียเชื้อราต่างๆ และข้อดีของน้ำ EO คือ การผลิตที่ใช้ต้นทุนต่ำ วัตถุดิบได้แก่ น้ำ และเกลือแกง (NaCl) เท่านั้น โดยหลักการคือ การแยกสลายสารด้วยขั้วไฟฟ้าบวกและลบ เมื่อผ่านน้ำเกลือลงไปทำให้เกิดการแตกตัวเป็นสารประกอบที่มีไอออน คือ OH^- และ Cl^- ซึ่งเป็นไอออนลบจะถูกดึงดูดไปยังขั้วบวก ดังนั้นขั้วจะมีการสูญเสียอิเลคตรอนเพื่อให้มีอะตอมเป็นกลางและเกิดเป็นก๊าซออกซิเจน, hypochlorite ion, hypochlorus, chlorine gas และ hydrochloric acid (ภาพ 4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4 กระบวนการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์

ที่มา : E- Water Systems Pty Ltd. (2008) อ้างอิงเมื่อ (21 มิถุนายน 2551)

สมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวก

$$2Cl^- = Cl_2 + 2e^-$$

$$Cl_2 + H_2O = HOCl + Cl^- + H^+$$

สมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ขั้วลบ

$$2Na + 2H_2O + 2e^- = H_2 + 2NaOH$$

$$2Na + 2H_2O = H_2 + 2NaOH$$

$$Na^+ + OH^- = NaOH$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งสารไฮโปคลอรัส (hypochlorus) ที่ได้นี้เป็นสารที่ออกซิไดซ์แรงกว่าสารประกอบคลอรีนที่อยู่ในรูปแคลเซียมไฮโปคลอไรด์และโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน นอกจากนี้ยังเป็นการลดการใช้สารเคมีที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ (Bonde *et al.,* 1999) แต่ในทางอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ผักและผลไม้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้น้อยมาก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ (EO) ในการควบคุมโรค

Al – Haq *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Botryosphaeria berengerion* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียในสาลี่พันธุ์ La-France โดยใช้น้ำ อิเล็กโทรไลต์ในการทดสอบ โดยทำการปลูกเชื้อลงบริเวณผิวผลไม้และบ่มเป็นเวลา 10 วัน และนำไปจุ่มในน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่าเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลง ส่วน Buck *et al.* (2002) ได้ทำการศึกษาผลของน้ำ EO ต่อการเจริญของเชื้อราชนิดต่างๆ ในสภาพหลอดทดลองทั้งหมด 22 ชนิด พบว่าเชื้อราที่มีผนังเซลล์บางเช่น เชื้อรา *Botrytis* และ *Monilinia* ถูกยับยั้งการเจริญภายในเวลา 30 วินาที หลังจากได้รับน้ำอิเล็กโทรไลต์ และ เชื้อราที่มีผนังเซลล์หนา เช่น *Curvularia, Helminthosporium* ใช้เวลา 2 นาทีหรือน้อยกว่านั้นสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงผลของการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* และ *Listeria monocytogenes* ที่อยู่บนผิวของมะเขือเทศโดยใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ล้างพบว่าน้ำอิเล็กโทรไลต์สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Deza *et al.* 2003) และ Hsu *et al*. (2003) ได้ศึกษาถึงผลของอัตราการไหลของน้ำ ความเข้มข้นของเกลือและอุณหภูมิของน้ำต่อประสิทธิภาพของเครื่องผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ พบว่า การให้กระแสไฟแก่เครื่องผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำและอัตราการไหลของน้ำ ส่วนความสามารถในการแตกตัวของเกลือจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายเกลือ ซึ่ง Okull and Laborde (2004) พบว่าน้ำอิเล็กโทรไลต์ตั้งแต่ 50 % สามารถลดการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium expansum* ในแอปเปิลที่ทำบาดแผล ได้ เช่นเดียวกับ Paola *et al*. (2005) ทำการทดลองในกะหล่ำปลีโดยใช้น้ำ EO ในการล้างทำความสะอาดพบว่าการล้างเป็นเวลา 5 นาทีสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Listeria monocytogenes* ได้ดีที่สุด และ Venkitanarayanan *et al*. (1999) ได้ศึกษาผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ต่อการยับยั้งเชื้อ *Escherichia coli* 0157:H7, *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* พบว่าการให้น้ำ อิเล็กโทรไลต์นาน 5 นาทีสามารถยับยั้งเชื้อโรคได้ 3 ชนิดและถ้าเพิ่มเวลาเป็น 10 นาทีจะสามารถยับยั้งได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำ EO มาใช้เพื่อควบคุมโรคก่อนการเก็บเกี่ยวเช่น Fujiwara *et al.*(2004) ได้ทำการศึกษาถึงการใช้ น้ำ EO ฉีดพ่นไปบนใบแตงกวาเพื่อควบคุมภาวะการเกิดโรคราแป้งโดยใช้น้ำ EO ที่ผลิตจากขั้วบวกมาทำการฉีดพ่น ปริมาณ 100 ml ไปที่ใบแตงกวาวันเว้นสองวันเป็นเวลา 3 ครั้ง พบว่าความรุนแรงของโรคลดลงหลังจากที่ฉีดพ่นน้ำในครั้งแรกและพบว่าความรุนแรงของโรคเพิ่มขึ้นในชุดที่ฉีดพ่นน้ำเปล่าและชุดควบคุม Tsukagoshi (2001) ได้ศึกษาถึงการควบคุมโรคราแป้งโดยการสเปรย์น้ำอิเล็กโทรไลต์ในสตรอเบอรี่ที่ปลูกแบบไฮโดรโพนิค ซึ่งพบว่าชุดควบคุมมีการเพิ่มขึ้นของโรคมากที่สุดและมีการลดลงของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โรคในชุดที่สเปรย์สารเคมีทางการเกษตร ส่วนชุดที่สเปรย์น้ำอิเล็กโทรไลต์ไม่พบการเกิดของโรคเลย

โอโซน

โอโซน(ozone; O_3) เป็นก๊าซสีฟ้า ประกอบด้วยอะตอมของออกซิเจน 3 อะตอมรวมกันในภาวะกึ่งเสถียร (meta-stable state) มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 จุดเดือดที่ -111.9 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลวที่ -192.7°C ที่ 1 บรรยากาศ โอโซนมีน้ำหนักประมาณ 0.135 ปอนด์/ตารางฟุต ตามปกติออกซิเจนจะประกอบกันในลักษณะ 2 อะตอม เป็น 1 โมเลกุล (O_2) ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกันมากคือ O_2 จะสามารถคงสภาพอยู่ได้หลายสภาวะ หรือ กล่าวได้ว่ามีความเสถียร (stable) แต่ก๊าซโอโซน (O_3) จะไม่คงตัวหรือไม่เสถียร (unstable) เนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน ความดันและการสัมผัสกับสารที่มีพลังงานต่ำกว่าจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) อย่างรวดเร็ว ซึ่ง O_3 มีปฏิกิริยาสูงถึง 2.07 mVolt (oxidation potential) และมีข้อจำกัดในการใช้โอโซนคือ การห้ามสัมผัสโอโซนความเข้มข้น 0.1 ppm เป็นเวลาติดต่อกัน 8 ชั่วโมง หรือความเข้มข้น 0.3 ppm เป็นเวลานาน 15 นาที ซึ่งอาจทำให้เกิดการระคายเคืองตาและที่ลำคอได้ โอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติโดยการแผ่รังสีอัลตราไวโอเลต (UV) จากดวงอาทิตย์และการเกิดฟ้าแลบ ส่วนในทางการค้าถูกผลิตขึ้นมาโดยการใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร หรือ corona discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุล O_2 แตกตัวและรวมตัวเป็น O_3 (อัมพวัน, 2544)

คุณสมบัติของโอโซน

1. ฆ่าเชื้อโรคได้รวดเร็ว โดยเฉพาะ แบคทีเรีย (ทำให้เกิดโรคและกลิ่นเหม็น) ที่ความเข้มข้นเพียง 0.01 - 0.04 ppm
2. ทำลาย กลิ่น สารเคมี และก๊าซพิษได้ดีเยี่ยม
3. ไม่ทิ้งพิษตกค้าง เพราะเมื่อทำปฏิกิริยากับมลพิษเสร็จทุกครั้ง จะได้ ออกซิเจน (O_2) จึงเป็นการรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี
4. สามารถ ผลิตขึ้นได้จากอากาศทั่วไป และบริเวณที่มีไฟฟ้าใช้
5. สามารถควบคุมได้ง่ายอย่างอัตโนมัติ
6. ค่าใช้จ่ายในการใช้งานและบำรุงรักษาต่ำมากและใช้ได้ตลอดไป ไม่ต้องคอยเปลี่ยนอันใหม่เหมือนสารเคมีดับกลิ่นอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลักการผลิตโอโซน

การผลิตโอโซนใช้หลักของพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ที่เรียกทั่วไป คือ โอโซนเนเตอร์ (ozonator) ซึ่งหมายถึง อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถผลิตและควบคุมระดับของก๊าซโอโซนได้ หลักการทั่วไปคือ อะตอมของออกซิเจนจะได้รับการถ่ายพลังงานจนทำให้เกิดเป็นโมเลกุลที่เร่งสภาพหรือมีพลังงานสูง และในที่สุดก็เกิดการรวมเป็นโมเลกุลของโอโซน ทฤษฎีของการทำ corona discharge หรือการเร่งประจุไฟฟ้าให้ออกมาเป็นกลุ่มก้อนหรือเป็นประกายในบรรยากาศ จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา และเร่งปฏิกิริยาของก๊าซออกซิเจน ดังนั้น ทฤษฎีของโคโรน่าจึงใช้เป็นบรรทัดฐานในการผลิตอุปกรณ์โอโซน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตโดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV) เพราะแสงอัลตราไวโอเลตไม่สามารถควบคุมปริมาณละเอียดได้ และจะมีการผลิตได้ในระดับความเข้มข้นต่ำ

ด้วยคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ โอโซนจึงมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคที่เหนือกว่าสารเคมีจำพวกคลอรีน คลอรีนไดออกไซด์ โปแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ หลายประเทศในยุโรปได้มีการเลือกใช้ก๊าซโอโซนแทนสารเคมีดังกล่าว ในต่างประเทศได้มีการค้นคว้าหาสารเคมีที่จะนำมาเป็นตัวฆ่าเชื้อโรคในผัก และผลไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น ในบางผลิตภัณฑ์หรือในบางขั้นตอนของการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ได้มีการนำเอาโอโซนมาใช้ฆ่าเชื้อโรคเพื่อทำน้ำบริสุทธิ์ สำหรับใช้ล้างผลิตผลทั้งที่ปอกเปลือกและยังไม่ได้ปอกเปลือก หรืออาจใช้ฆ่าเชื้อโรคในห้องเย็นที่ใช้เก็บรักษาผลิตผล ซึ่งได้รับการรับรองว่าปลอดภัย (Generally Recognized As Safe, GRAS) ในการผลิตน้ำดื่มจะใช้โอโซนเพื่อกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในอัตรา 0.5-2.0 ppm โอโซนส่วนใหญ่ละลายในน้ำ ทั้งนี้โอโซนเป็นก๊าซที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน และเป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับเกินกว่า 4 ppm (ตาราง 2) มนุษย์สามารถได้กลิ่นในช่วงความเข้มข้น 0.01-0.04 ppm สมาคมนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแห่งประเทศญี่ปุ่นได้กำหนดระดับสูงสุดของก๊าซโอโซนไว้ 0.1 ppm สำหรับการทำงาน 8 ชั่วโมง ซึ่งมาตรฐานนี้เท่ากับมาตรฐานที่สมาคม American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดไว้ นอกจากนั้นยังได้มีมาตรฐานช่วงระยะเวลาสั้นๆ คือ อนุญาตให้สัมผัสได้ 0.3 ppm ในช่วงระยะเวลา 15 นาที

โอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ดีกว่าคลอรีนถึง 52% ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส และสิ่งมีชีวิตที่แขวนลอยอยู่ในน้ำได้อย่างดี โอโซนมีความสามารถในการบำบัดน้ำเสียเร็วกว่าคลอรีนถึง 5,000 เท่า ในเวลาเพียงไม่กี่วินาทีโอโซนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันฆ่าเชื้อโรค โดยปราศจากสารตกค้างพวกฮาโลเจนที่มีผลต่อการปนเปื้อนในน้ำสะอาด คลอรีนซึ่ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียจะมีผลทำให้เกิดสารตกค้างซึ่งเรียกว่า ไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane, THM) ซึ่งสาร THM นี้เป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้

ตาราง 2 ระดับความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่มีผลทางด้านสุขภาพ

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

ที่มา : ชมภูศักดิ์ และ เทพนม, 2540

การนำก๊าซโอโซนไปใช้ประโยชน์

1. การควบคุมสาหร่าย

ในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงของอากาศตามฤดูกาล การเจริญเติบโตของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการปนเปื้อนของสารอาหารในน้ำอยู่ในระดับที่เหมาะสม ทำให้เกิดการเจริญเติบโตของสาหร่าย และโอโซนจะช่วยยับยั้งระบบการเผาผลาญอาหารของสาหร่ายหลายชนิด โดยทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับส่วนประกอบของสารอินทรีย์นั้นๆ

2. การควบคุมกลิ่นและรสชาติ

โดยปกติส่วนประกอบของรสและกลิ่นเป็นสารอินทรีย์ธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการปะปนของสารอนินทรีย์บางตัวเป็นพวกซัลไฟด์ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นฉุนอย่างรุนแรง สารประกอบอินทรีย์หลายชนิดก่อให้เกิดรสชาติไม่สามารถจะรับได้เช่นเดียวกับกลิ่นซึ่งเกิดจากการสะสมจากการเน่าเปื่อยของบรรดาพืชผักในธรรมชาติ

3. ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีต่อธาตุเหล็กที่ละลายได้และแมงกานีส

ธาตุเหล็กจะถูกทำปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างรวดเร็วโดยโอโซนในสภาพความเป็นด่างปกติจนกลายเป็นประจุธาตุเหล็ก ซึ่งจะรวมตัวและตกตะกอนได้เช่นเดียวกัน สารแมงกานีสจะถูกออกซิไดซ์เป็น manganese ions ซึ่งทำให้สามารถแตกตัวเป็นสารแมงกานีสไดออกไซด์ และมีผลในการทำให้เกิดการตกตะกอนและสามารถกรองได้ง่าย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การขจัดสารแขวนลอย

ตะกอนต่างๆ เกิดขึ้นจากการรวมตัวสารแขวนลอยที่มีอนุภาคเล็กและมีพื้นที่ผิวมาก ตะกอนเหล่านี้มีประจุไฟฟ้าจำนวนมาก และด้วยเหตุนี้จึงทำให้เกิดการสะสมของปริมาณสารแขวนลอยเพิ่มขึ้น ดังนั้นเมื่อตะกอนเหล่านี้ผ่านขั้นตอนในการกรองจึงไม่สามารถกักเก็บไว้ได้

ก๊าซโอโซนสามารถเปลี่ยนประจุพื้นผิวและช่วยให้สารแขวนลอยและตะกอนรวมตัวได้ดีกว่า และสามารถกรองทิ้งได้ง่าย เช่น เมื่อมีประจุของธาตุเหล็กเกิดขึ้น โอโซนจะทำหน้าที่ออกซิไดซ์ให้กลับเป็นธาตุเหล็กดังเดิม

5. การขจัดกลิ่นและอากาศเสีย

โมเลกุลของโอโซนค่อนข้างมีความไวสูง ทำให้มีความสามารถในการทำความสะอาดได้เป็นอย่างดีประมาณ 99 % ของอากาศเสีย (กลิ่นอันไม่พึงประสงค์ ก๊าซต่างๆ) เกิดขึ้นจากโมเลกุลที่ไม่อิ่มตัว โมเลกุลที่ไม่อิ่มตัวนี้มีความต้องการที่จะจับโมเลกุล หรืออะตอม หรือประจุไฟฟ้าเพื่อให้อิ่มตัว เช่น เดียวกับโมเลกุลโอโซนซึ่งมีความไวสูง

6. ช่วยทำลาย หรือยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

โดยการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของโอโซนเกิดขึ้นได้สองลักษณะ อย่างแรกคือ โมเลกุลของโอโซนเข้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารเคมีที่อยู่ในเซลล์ของจุลินทรีย์ (Hunt and Marinas, 1999) และอีกลักษณะคือ อนุมูลตัวกลางอิสระ (free radical-mediated) เป็นตัวเข้าทำลาย การเข้าทำลายของโอโซนมีผลต่อเซลล์เมมเบรน ไซโตพลาสซึม โปรตีน และชั้นของไขมันในเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้โปรตีนในเซลล์จับตัวกันเป็นก้อน เซลล์แตก บางครั้งพบว่าโอโซนจะเข้าทำลายระบบหายใจ (respiratory system) ของเซลล์ ตลอดจนทำลายเอ็นไซม์ที่สำคัญในการดำรงชีพของเซลล์ และในบางกรณีโอโซนจะทำลาย DNA และ RNA ของเซลล์จุลินทรีย์ด้วย (สิริพร, 2543)

โอโซนสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ทั้งแกรมบวกและแกรมลบ (Restaino *et al*., 1995) รวมทั้งฆ่าสปอร์ของแบคทีเรียได้ด้วย ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียของโอโซนขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลาที่สัมผัสกับเชื้อแบคทีเรีย และสภาพ pH ที่เป็นกรดของ medium จะช่วยให้โอโซนฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ดีขึ้น สำหรับเชื้อยีสต์จะ sensitive กับโอโซนมากกว่าเชื้อรา (สิริพร, 2543)

โอโซนได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำไปใช้เพื่อช่วยลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์ ลดค่า BOD (Biological Oxygen Demand) และ COD (Chemical Oxygen Demand) ในสภาพแวดล้อม โอโซนสามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ไปเป็นสารที่ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ โมเลกุลของโอโซนจะแตกตัวเป็นออกซิเจนได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นการใช้โอโซนจะช่วยลดการสะสมของอินทรีย์สารในสภาพแวดล้อมได้ การที่โอโซนมีสภาพเป็นสาร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ออกซิไดซ์สูง และมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติทำให้โอโซนเป็นสารกำจัดเชื้อได้อย่างปลอดภัยในอาหาร โดยคุณภาพของอาหารนั้นยังคงสภาพอยู่ จึงมีการนำโอโซนไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมนม เนื้อ เจลาติน และอัลบูมิน ตลอดจนโรงงานผลิตไวน์ เหล้า เป็นต้น ในปี พ.ศ. 2525 สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) รับรองว่าโอโซนเป็นสารที่ใช้ได้อย่างปลอดภัย (GRAS) (สิริพร, 2543) นอกจากนี้ยังมีการนำโอโซนมาใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำดื่ม การประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย หรือการใช้โอโซนลดแอมโมเนียและฆ่าเชื้อ *Vibrio harveyi* ในบ่อเลี้ยงกุ้ง (Matsumura *et al.,* 1998; Whangchai, 2001) ซึ่งพบว่าการฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับเวลาและความเข้มข้นของโอโซน (Hunt and Marinas, 1999)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโอโซนในการควบคุมโรค

Sarig *et al.* (1996) รายงานการศึกษาในองุ่นพบว่าโอโซนสามารถใช้ทดแทนด้วยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้ความเข้มข้น 8 mg/hr เป็นเวลา 20 นาที ช่วยลดการเกิดโรคบนผิวของผล ซึ่งโอโซนกระตุ้นให้มีการสร้าง phytoalexins, resveratrol และ pterostillbene ทำให้ผลองุ่นต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อได้ Perez *et al.* (1999) รายงานว่าให้โอโซน 0.35 ppm กับผลสตรอเบอรี่ก่อนนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 2°C ช่วยลดการเน่าเสียแต่ทำให้กลิ่นลดลง 40% Hungsavanich (1999) รายงานว่าได้ใช้โอโซนในการทำลายการปนเปื้อนในพืชสมุนไพร 4 ชนิดคือ กระเทียม ทับทิม กระเจี๊ยบ และชา พบว่าสามารถเก็บรักษาสมุนไพรดังกล่าวได้นาน 1 ปี เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาโดยวิธีการตากแดดสามารถเก็บรักษาได้เพียง 6 เดือน โดยโอโซนไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสาระสำคัญที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เช่น สารอัลลิซินของกระเทียม กรดแทนนิคของทับทิมและชา และฮิบิสชั่นของกระเจี๊ยบ Khan *et al.* (1999) รายงานว่าการใช้โอโซนที่ 50, 100 และ 200 ppm เพื่อควบคุมโรค powdery mildew ในแตงกวา พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นสูง 200 ppm ช่วยลดการงอกของสปอร์ *Sphaerotheca fuliginea* ที่เลี้ยงบนแผ่นสไลด์ได้ Kells *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของโอโซนโดยการรมโอโซนในข้าวโพด 8.9 ต้น ที่ความเข้มข้น 50 ppm เป็นเวลา 3 วัน พบว่าโอโซนสามารถกำจัดตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าวโพด และตัวอ่อนของ *Plodia interpunctell*a (Hubner) ได้ 92-100% และสามารถลดการปนเปื้อนของรา *Aspergillus parasiticus* ได้ถึง 63 % Palou *et al.* (2002) รายงานว่าการใช้โอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm (v/v) อย่างต่อเนื่องช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Monilinia fructicola, Botrytis cinerera*, *Mucor piriformis* และ *Pennicillium expansum* บนผิวท้อพันธุ์ Elegant Lady เมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ Palou *et al.* (2003) รายงานว่าการใช้โอโซน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถควบคุมการงอกของสปอร์เชื้อ*Penicillium digitatum* และ *P. italicum* โดยปลูกเชื้อทั้งสองลงบนผิวส้ม และรมด้วยโอโซน 0.72 ppm เป็นเวลา 14 วัน แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12.8°C ในภาชนะบรรจุต่างๆกัน พบว่าโอโซนจะมีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อทั้งสองเมื่อใช้ภาชนะบรรจุแบบตะกร้าพลาสติกซึ่งเป็นภาชนะที่ก๊าซสามารถผ่านทะลุได้ดี

ธนะชัย (2544) รายงานว่าผลของลำไยที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 mg/hr เป็นเวลา 90 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5°C สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลลำไยได้ สิคีริยา (2545) รายงานว่าผลของลำไยที่ผ่านการรมด้วยก๊าซโอโซนความเข้มข้น 100 mg/hr เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 °C สามารถเก็บรักษาผลลำไยได้นานที่สุด โดยสามารถเก็บรักษาได้ 24 วัน ธนะชัย และ อรุโณทัย (2545) รายงานว่าการให้โอโซนแก่ผลลิ้นจี่พันธุ์จักรพรรดิในอัตรา 100 mg/hr นาน 30, 40 และ 60 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่ 10°C พบว่าโอโซนสามารถชะลอการเน่าเสียได้นาน 24 วัน ภายหลังจากการเก็บรักษา โดยใช้โอโซนไม่มีผลต่อ การสูญเสียน้ำหนักสดและแห้งของผล ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS และ TA ปริมาณแอนโธไซยานิน และการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล และการใช้โอโซนอัตรา 100 mg/hr นาน 10 นาที ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อัตรา 0.05, 0.1 และ 1.0%โดยปริมาตร สามารถควบคุมการเน่าเสียของผลลิ้นจี่ที่เก็บรักษาไว้ ณ อุณหภูมิ 10°C ได้ดีขึ้น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่มีผลต่อการสูญเสียน้ำหนักสดและแห้ง ความแน่นเนื้อ ปริมาณ TSS และ TA แต่ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีผลต่อปริมาณแอนโธไซยานินและการเกิดสีน้ำตาลบนเปลือกผล ฉันทวรรณและคณะ (2545) ศึกษาการล้างถั่วงอกเพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธีน้ำโอโซนที่ไหลผ่าน 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 และลดแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ได้ 1.0-2.0 log CFU/g ขณะที่การล้างน้ำประปา ลดได้เพียง 0.6-0.7 log CFU/g และ 0.1-0.8 log CFU/g ตามลำดับ จิรวัฒน์และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในสาหร่ายเกลียวทองผง ก่อนทำการทดลองพบว่า มีเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 6.32 x10^3 CFU/g, ยีสต์และรา 3.8 ถึง 5.6x10^3 CFU/g, *Bacillus cereus* 3.1 ถึง 3.3x10^3 CFU/g, *Staphylococcus* sp. 4.6 ถึง 5.4x10^3 CFU/g และพบ *Vibrio* sp. ซึ่งจากการทดลองฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในสาหร่ายผงด้วยการพ่นโอโซนที่ความเข้มข้น 350 mg/l ในตัวอย่าง 1 g พบว่าสามารถทำลายเชื้อ *Bacillus cereus* ได้ 1 log cycle หรือ 90.46% เมื่อใช้เวลา 20 นาที ขณะที่การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นลดลงได้เพียง 41.13-66.07% เท่านั้น ซึ่งเห็นได้ว่าโอโซนสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อ *Bacillus cereus* ในสาหร่ายเกลียวทองผงได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved