

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ส้มเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศ ถิ่นกำเนิดของส้มอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อาจเป็นแถบตอนใต้ประเทศจีนหรือหมู่เกาะมลายู สำหรับการนำส้มมาปลูกในประเทศไทยนั้น เชื่อกันว่าชาวจีนเป็นผู้นำเข้ามาเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2400-2410 ปัจจุบันมีการปลูกส้มแพร่หลายไปทั่วประเทศ เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพดินฟ้าอากาศและลักษณะของดินที่เหมาะสมต่อการปลูกส้มมาก จนสามารถกล่าวได้ว่าเป็นพืชที่ปลูกได้งอกงามและให้ผลดีในทุกๆภาคของประเทศไทย (อำไพวรรณและคณะ, 2527)

ส้มเขียวหวาน

ส้มเขียวหวานเป็นส้มชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันทั้งในรูปผลสดและน้ำส้มคั้น ซึ่งนอกจากจะให้คุณค่าทางอาหารสูงแล้ว การบริโภคในลักษณะที่รวมเส้นใยและกากก็ทำหน้าที่เป็นยาระบายอ่อนๆได้ อีกทั้งเป็นผลไม้ที่ราคาไม่แพงและมีจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไป ส้มเขียวหวานนับว่าเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญในประเทศไทย และมีผู้บริโภคนิยมรับประทานเป็นจำนวนมาก สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 239,336 ไร่ โดยภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด เพราะมีภูมิอากาศเหมาะสม ทำให้เปลือกส้มมีสีเหลืองส้มมากขึ้น โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ปลูกมากที่สุด โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 72,352 ไร่ บริเวณที่มีการปลูกส้มกว่า 95 เปอร์เซ็นต์อยู่ที่อำเภอฝาง แม่สาย ไชยปราการมีผลผลิตเฉลี่ย 240,000 ตัน ซึ่งพันธุ์ที่ได้รับการปลูกมากที่สุดคือพันธุ์สายน้ำผึ้ง ส่วนจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกรองลงมาได้แก่ กำแพงเพชร สุโขทัย และเชียงราย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) ได้มีการส่งออกส้มไปยังประเทศต่างๆ เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ สองกงและบรูไน เป็นต้น

ส้มเขียวหวานมีชื่อสามัญว่า mandarin หรือ tangerine มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus reticulata* Blanco. อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีลักษณะทั่วไปเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก ทรงต้นสูงประมาณ 2-8 เมตร ทรงพุ่มมีลักษณะแน่นทึบ ลำต้นไม่มีหนาม กิ่งแก่มีสีเขียวเข้ม และมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ทั่วไป ใบมีขนาดเล็กกว้าง 1.54-4 เซนติเมตร และยาว 3.5-8 เซนติเมตร รูปร่างรูปไข่ค่อนข้างยาวหรือรูปหอกปลายหรือฐานใบมีลักษณะมน ส่วนปลายสุดของใบมีลักษณะเว้าเข้า ผิวท้องใบมีสีเขียวอม

เหลือง ผิวหลังใบเป็นมันสีเขียวเข้ม ตัวใบมีกลิ่น ก้านใบมีปีกแคบหรือไม่มีปีก ดอกมีขนาดเล็ก ขนาดของดอกตูมมีความยาว 0.5-0.7 เซนติเมตร ดอกบานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.5 เซนติเมตร ดอกสีขาวและมีต่อมน้ำมันกระจายอยู่ในแต่ละดอก มีจำนวนเกสรตัวผู้อยู่ในลักษณะแยกกัน 18-23 อัน ออกดอกในตำแหน่งซอกใบ เป็นดอกเดี่ยวหรือดอกช่อ ผลมีรูปร่างกลมแป้น ด้านปลายผลราบหรือเว้าเป็นแอ่งตื้นๆ ฐานผลส่วนใหญ่มน บางสายพันธุ์มีลูกขนาดเล็กและเดี่ยว ผิวเปลือกเรียบมีสีเขียว เขียวอมเหลือง หรือส้มอมเหลือง จนถึงแดงอมส้ม สัมเขียวหวานที่ปลูกในเขตอากาศเย็นจะมีผิวผลสีเหลืองส้ม ผิวเปลือกมีต่อมน้ำมันอยู่ภายใน เปลือกบางมีความหนาประมาณ 0.2-0.3 เซนติเมตร ปอกง่ายและมีกลิ่นหอมแรง ในแต่ละผลมี 10-15 กลีบ แต่ละกลีบมีผนังบาง มีรคน้อย ชานนึ่ง เนื้อสีส้ม มีน้ำมากและมีรสหวานอมเปรี้ยวเล็กน้อย ขนาดผลแตกต่างกัน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-8 เซนติเมตร และผลยาวประมาณ 4-7 เซนติเมตร ติดผลในลักษณะห้อยลง เมล็ดมีรูปร่างเป็นรูปไข่ จำนวนเมล็ดมีมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละกลีบ (อภิชาติ, 2545)

ส้มสายน้ำผึ้ง (พานิชย์, 2542)

ส้มสายน้ำผึ้ง เดิมเรียกว่าส้มโชกุน ถิ่นเดิมอยู่ที่ประเทศจีน เนื่องจากมีคนไทยเชื้อสายจีนนำส้มโชกุนมาจากเมืองชัวเถามาปลูกที่จังหวัดยะลา และต่อมากการปลูกส้มพันธุ์นี้สร้างรายได้และชื่อเสียงให้แก่จังหวัดยะลามาจน ดั่งนั้นทางจังหวัดจึงจัดให้มีการประกวดการตั้งชื่อใหม่ให้แก่ส้มพันธุ์นี้และได้ชื่อว่า “เพชรยะลา” แต่ชื่อไม่เป็นที่นิยมเท่าชื่อเดิม จากนั้นได้มีการนำส้มจากจังหวัดยะลาไปปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ เช่น พื้นที่อำเภอฝาง ซึ่งผลผลิตที่ได้แตกต่างไปจากจังหวัดยะลา เนื่องจากผิวของผลส้มสวย มีสีเหลืองนวล เนื่องจากช่วงที่ผลแก่มีอากาศหนาวเย็น จากนั้นจึงมีการปลูกส้มพันธุ์นี้ในจังหวัดเชียงใหม่มากขึ้นและนิยมเรียกส้มพันธุ์นี้ว่า “สายน้ำผึ้ง” (พานิชย์, 2542)

ลักษณะประจำพันธุ์ของส้มเขียวหวาน (บ้านส้มเขียวหวาน, 2546)

ทรงพุ่มของส้มสายน้ำผึ้งมีการเจริญได้ดีพอๆ กับส้มเขียวหวาน โดยจะมีทรงพุ่มแน่นกว่า ส้มเขียวหวาน ลักษณะกิ่งและใบจะตั้งขึ้น (erect form) ในขณะที่ส้มเขียวหวานใบจะตก หรือห้อยลงมา ส่วนใบของส้มสายน้ำผึ้งนั้นเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวาน จะมีขนาดเล็กและมีสีเขียวเข้มมากกว่า นอกจากนี้ใบยังมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจินและส้มพองแกน และผลของส้มสายน้ำผึ้งมีลักษณะผลคล้ายส้มเขียวหวานมาก ขณะที่ผลยังอ่อนจะมีสีคล้ายส้มเขียวหวาน เมื่อแก่จัดผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแดง ยกเว้นผลส้มที่ได้จากภาคใต้จะมีสีผิวเหมือนกับส้มเขียวหวาน ปอกเปลือก

ง่าย เปลือกมีกลิ่นหอมคล้ายส้มจีน หรือส้มพองแกน ส้มพันธุ์นี้มีช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว 8 – 8 เดือน
ครั้งในการปลูกจากกิ่งตอนจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในปีที่ 3

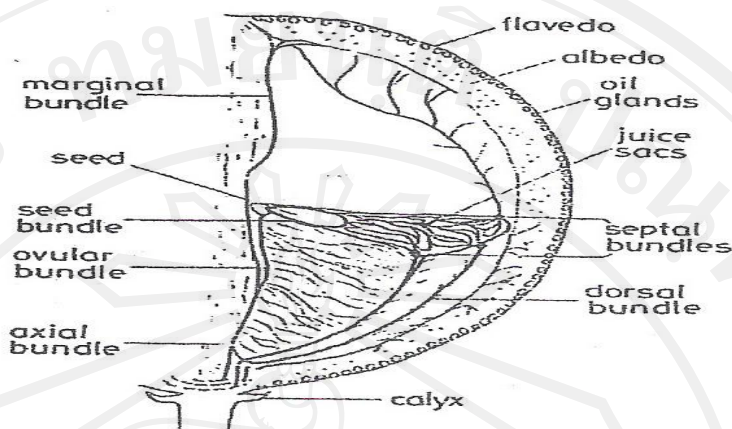
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของผลส้ม

ผลส้มจัดเป็น berry type ชนิดพิเศษที่เรียกว่า hesperidium ซึ่งเจริญมาจากรังไข่ แบ่งตาม
ลักษณะทางสัณฐานวิทยาได้เป็น 3 ส่วน (พานิชย์, 2542)

1. เปลือก (peel หรือ rind) ประกอบด้วยชั้นอีพิดERMิส (epidermis) ซึ่งมีชั้นของ cuticle หุ้ม
อยู่ด้านบนชั้นนอกสุด โดยจะมีการสะสมมากขึ้นระหว่างการเจริญเติบโตของผล ความหนาของชั้น
cuticle ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อม เปลือกส้มแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ flavedo และ albedo
โดยส่วนของ flavedo เป็นเซลล์ที่อยู่ใต้ชั้นเซลล์ผิว ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมากที่มีสาร
แคโรทีนอยด์เป็นส่วนประกอบ ซึ่งจะแสดงสีต่างๆกันในส้มแต่ละพันธุ์ และยังพบต่อมน้ำมัน
(oil gland) ในชั้น flavedo ด้วย ถัดจากชั้น flavedo จะเป็นชั้น albedo ซึ่งเป็นเซลล์พวก spongy
parenchyma มีลักษณะบางๆ สีขาว คล้ายฟองน้ำ เกาะกันอย่างหลวมเป็นร่างแห ประกอบด้วยสาร
เพกติน (pectin) และเฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses) จำนวนมาก ความหนาบางของชั้น albedo จะ
แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ เช่น ส้มเขียวหวานหรือส้มที่ปอกเปลือกง่าย เนื้อเยื่อชั้นนี้จะ
ค่อนข้างบาง แต่ผลเกรฟฟรุ้ทและส้มโอเนื้อเยื่อชั้นนี้将有ความหนาประมาณ 1-3 เซนติเมตร
ชั้น flavedo และ albedo รวมกันเป็นเปลือกส้มนั่นเอง

2. กลีบ (Segment and section) ประกอบด้วย segment wall ที่เป็นผนังบางๆแบ่งระหว่าง
locule มีเนื้อเยื่อ 2 ชั้นของ 2 locule มาประกบกัน จึงสามารถแยกออกเป็นกลีบได้ กุ้ง (juice sac)
เป็นส่วนที่เจริญมาจากผนังของ segment wall เข้าไปภายใน locule และเป็นส่วนของผลที่นำมา
รับประทาน ภายในตัวกุ้งประกอบด้วยน้ำตาลและกรด ซึ่งส่วนมากเป็นกรดซิตริก เมล็ดมีขนาด
รูปร่าง และจำนวนแตกต่างกันไปตามชนิดและพันธุ์

3. ใจกลาง (core) ประกอบด้วยกลุ่มท่อลำเลียงหลายอันรวมกันอยู่อย่างหลวมๆ



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

คุณค่าทางอาหาร

ส้มเขียวหวานเป็นผลไม้ที่มีวิตามินซีสูง ในปริมาณ 100 กรัมของผลที่บริโภคได้ ประกอบด้วยพลังงาน สารอาหาร แร่ธาตุ และวิตามินอื่นๆอีกหลายชนิด ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางอาหารของผลส้มเขียวหวานต่อ 100 กรัมของส่วนที่บริโภคได้

องค์ประกอบ	ปริมาณ
พลังงานอาหาร	44 กิโลแคลอรี
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
วิตามินเอ	4000 หน่วยสากล
วิตามินบี 1	0.04 มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.05 มิลลิกรัม
วิตามินซี	18 มิลลิกรัม

ที่มา : ฝ่ายข้อมูลการวิเคราะห์กองโภชนาการ (2540)

แมลงและไรศัตรูส้ม

ปัญหาและแมลงไรศัตรูส้มก่อให้เกิดความเสียหายต่อการปลูกส้มของเกษตรกรเป็นอย่างมาก ซึ่งแมลงและไรที่เข้าทำลายส้มในพื้นที่ปลูกของเกษตรกรทั่วไป ได้แก่

เพลี้ยไฟฟริก (Chilli Thrips , Yellow Tea Thrips) (ภาพ 2)

เพลี้ยไฟฟริก เป็นแมลงปากดูดที่ทำความเสียหายให้กับส้มเขียวหวานระยะยอดอ่อนและผลอ่อน โดยตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากใบอ่อน (ภาพ 3) ดอก และผลอ่อน ทำให้ใบมีลักษณะผิดปกติ ใบแคบ เรียวและกร้าน การทำลายจะรุนแรงในระยะผลอ่อน นับตั้งแต่ก่อดอก ร่วงจนถึงผลส้มเขียวหวานมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5 เซนติเมตร ผลอ่อนที่ถูกทำลายจะปรากฏเป็นวงสีเทาเงินบริเวณซั้วผล และก้นผล หรือเป็นทางสีเงินตามยาวของผล สำหรับผลอ่อนที่ถูกเพลี้ยไฟฟริกทำลายอย่างรุนแรงจะแคระแกรน ผลผลิตที่ได้จึงด้อยคุณภาพ ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

การควบคุม / ป้องกันกำจัด

1. สำรวจแปลงโดยส้มเคาะยอดอ่อนบนกระดาดขาว
 - สุ่มสำรวจ 10-20 ต้นต่อสวน
 - สุ่มสำรวจ 10-20 ต้นต่อสวน
2. สารเคมีที่ใช้สามารถเลือกใช้ในการควบคุม ได้แก่
 - อิมิดาโครพริด เช่น คอนฟิเตอร์ 10 %SL อัตรา 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
 - อะบาเมคติน เช่น เวอร์ทิเมค 1.8 % EC อัตรา 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
 - ฟอสฟาโลน เช่น โซโลน 35 % EC อัตรา 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
 ควรผสมสารจับใบด้วยทุกครั้ง และเมื่อสำรวจพบการระบาดของอีกควรพ่นซ้ำ

เพลี้ยไก่อ๊ตัม (Asian citrus psyllid) *Diaphorina citri* Kuawayama (ภาพ 4)

ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยดูดกินน้ำเลี้ยงจากตา และยอดอ่อนตัวอ่อนจะกลั่นสารสีขาวมีลักษณะเป็นเส้นด้าย และอาจทำให้เกิดราดำติดตามมา ใบที่ถูกทำลายจะเป็นคลื่น ถ้าทำลายรุนแรงจะทำให้ใบร่วงติดผลน้อยหรือไม่ติดผลเลย เพลี้ยไก่อ๊ตัมนอกจากจะทำความเสียหายยังเป็นพาหะถ่ายทอดโรคใบเหลืองต้นโทรม หรือกรีนนึ่ง ต้นจะทรุดโทรมและตายในที่สุด

การป้องกันกำจัด

1. หมั่นสำรวจโดยการสุ่ม 10 -20 ต้น / สวน ต้นละ 5 ยอด และสำรวจตัวเต็มวัยโดยการใช้กับดักกาเวนียวดิด 5 กับดัก / ไร่ เมื่อพบต้องดำเนินการควบคุมทันที สำหรับยอดที่พบไขให้ตัดออกและนำไปเผาทำลาย ตัวเต็มวัยต้องควบคุมโดยการใส่สารเคมี
2. สารเคมี ดังนี้
 - อิมิดาโครพริด เช่น คอนฟิเตอร์ 10 %SL อัตรา 8 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร
 - น้ำมันปิโตรเลียม เช่น DC Tron Plus อัตราความเข้มข้น 0.3 % พ่นให้เปียกโชกทั่วต้น

ไรแดงแอฟริกัน (African Red Mite) *Eutetranychus africanus* Tucker (ภาพ 5)

เพศเมีย ลำตัวกลมแบนมีสีแดงเข้ม หรือน้ำตาลเกือบดำ ขนบนลำตัวด้านหลังสั้นคล้ายกระบองขาทั้งคู่มีสีเหลืองอ่อน ความยาวของลำตัวเฉลี่ย 0.34 มม. และกว้าง 0.228 มม. วางไข่ได้เฉลี่ย 12.7 ฟอง และเฉลี่ย 3.19 ฟองต่อวันเพศผู้ ลำตัวมีสีน้ำตาลอ่อน ขนาดเล็กกว่าเพศเมีย ด้านหน้าของลำตัวกว้างและค่อย ๆ เรียวแคบเล็กกลางทางด้านท้าย ก้นแหลมและยาว ความยาวของลำตัวเฉลี่ย 0.25 มม. กว้าง 0.17 มม. การเจริญเติบโตจากระยะไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยกินเวลานานประมาณ 9.4 วัน โดยแต่ละระยะใช้เวลา ดังนี้ ระยะไข่ 4.67 วัน ตัวอ่อนระยะที่ 1.2 วัน มีระยะพักตัว 0.55 วัน ตัวอ่อนระยะที่ 3 0.98 วัน มีระยะพักตัว 0.75 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียมีชีวิตอยู่ได้นาน 9.8 วัน และเพศผู้มีชีวิตอยู่ได้นาน 6.9 วัน โดยมีลักษณะการทำลายที่ จะดูดกินน้ำเลี้ยงบริเวณใบและผลทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีเขียวจางและร่วงในที่สุดถ้าทำลายที่ผลทำให้ผลเปลี่ยนเป็นสีเขียวจาง หากการทำลายเกิดขึ้นอย่างรุนแรงในขณะที่ผลยังเล็กอยู่จะทำให้ผลร่วงในที่สุดพบว่ามีปริมาณสูงในฤดูแล้งและในฤดูฝนที่ฝนไม่ตกติดต่อกันเป็นเวลานาน

การป้องกันและกำจัด

1. สำรวจปริมาณไรแดงที่ผล ตั้งแต่เริ่มติดผลจนอายุผล 2 เดือน ก่อนเก็บเกี่ยว จำนวน 5 ผล/ต้น ทุก 14 วัน ถ้าพบมากกว่า 50% ของจำนวนที่สำรวจให้ทำการป้องกันกำจัด
2. สำรวจไรตัวห้ำที่ใบแก่ในทรงพุ่ม ตั้งแต่ติดผลจนเก็บเกี่ยวทุก 14 วัน ตรวจบริเวณใต้ใบใกล้เส้นกลางใบ 5 ใบ/ต้น ถ้าพบเกิน 25% ไม่ต้องทำการป้องกันกำจัด
3. ฉีดพ่นน้ำติดต่อกันหลาย ๆ ครั้งที่ใบเพื่อลดปริมาณไรแดง
4. เมื่อสำรวจผลส้มที่มีไรแดงทำลายเกิน 50% ของผลทั้งหมดที่สำรวจ ให้พ่นสารกำจัดไร เช่น propargite (Omite 30 % WP.) อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร หรือ hexythiazox (Nissorun 2 % EC.) อัตรา 40 มล./น้ำ 20 ลิตร



ภาพ 2 ตัวเต็มวัยของเพลี้ยไฟพริก



ภาพ 3 ใบอ่อนส้มถูกเพลี้ยไฟทำลาย



ภาพ 4 ตัวเต็มวัยของเพลี้ยไก่แจ้ส้ม



ภาพ 5 ไรแดงแอฟริกัน

รูปแบบของสารกำจัดแมลงที่พบในประเทศไทย (พันทิพา, 2549)

1. Aerosol เป็นการบรรจุของเหลวใส่ลงในกระป๋องอัดความดัน ซึ่งจะมีปริมาณสารออกฤทธิ์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจะถูกปล่อยออกมาในรูปของสเปรย์หรือหมอกควัน รูปแบบนี้สะดวกในการใช้เพราะสามารถใช้ได้ทันที แต่ในการเก็บรักษานั้น ควรเก็บอย่างระมัดระวังเพราะหากกระป๋องบรรจุมีรอยร้าวหรือถูกไฟเผาอาจเกิดการระเบิดกลายเป็นเศษโลหะชิ้นเล็กๆได้

2. Bait เป็นการผสมของสารออกฤทธิ์กับสิ่งที่แมลงกิน ซึ่งเมื่อแมลงกินเข้าไปก็จะเกิดผลต่อร่างกายทันที ดังนั้นควรจัดเก็บให้ปลอดภัยจากเด็ก และสัตว์ที่ไม่ใช่เป้าหมายที่จะกำจัด

3. Chalk เป็นการผสมสารออกฤทธิ์กับผงแป้ง ซึ่งจะเกิดผลต่อแมลงด้วยการสัมผัส

4. สารจุดกันยุง เป็นการผสมสารออกฤทธิ์กับขี้เถ้า เมื่อจุดสารกันยุงจะเกิดความร้อนและส่งผลให้สารออกฤทธิ์ที่ผสมอยู่กลายเป็นไอ ระเหยออกมาพร้อมควัน และทำหน้าที่กำจัดแมลง

5. แผ่นกำจัดยุงไฟฟ้า ใช้ความร้อนในการทำให้สารออกฤทธิ์ระเหยเป็นไอออกมาทำหน้าที่กำจัดแมลงเช่นเดียวกับสารจุดกันยุง ต่างกันตรงที่ใช้ไฟฟ้าเป็นการทำให้เกิดความร้อน

กลุ่มของสารกำจัดแมลงที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (สุภาณี, 2540)

1. Organophosphates insecticides สารกำจัดแมลงประเภทนี้จะมีฟอสฟอรัสซึ่งเป็นพิษโดยการสัมผัสแล้วซึมผ่านเข้าทางผิวหนังตัวยาจะยับยั้งเอนไซม์ cholinesterase ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบประสาทเนื่องจากมันสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ง่ายและส่งผลอย่างรวดเร็วต่อระบบประสาททำให้มันทำหน้าที่กำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สารประเภทนี้ไม่ถูกสะสมในไขมันและจะสลายตัวได้ในสภาพที่เป็นด่างทำให้ไม่สะสมในเนื้อเยื่อของคน และสารเคมีประเภทนี้จะสลายตัวภายใน 72 ชั่วโมง ในสิ่งแวดล้อมปกติ สารกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ที่พบตามท้องตลาดคือ chlorpyrifos, dichlofos หรือ DDVP ซึ่งพบในสเปรย์กำจัดยุงและแมลงสาบ, สเปรย์กำจัดแมลงสาบ และสเปรย์กำจัดปลวก มด มอด แมลงสาบ เช่น chlorpyrifos ซึ่งมีความเป็นพิษมาก เป็นอันตรายเมื่อกินหรือหายใจเข้าไป อาจระคายเคืองผิวหนัง ถ้าได้รับสารเป็นระยะเวลาอันยาวนานอาจมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำลายตับหรือไต ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อตา น้ำตาไหล ตาบวม แดง และมองภาพไม่ชัดเจน chlorpyrifos มีผลยับยั้งการทำงานของ cholinesterase enzyme ซึ่งพบในเนื้อเยื่อประสาท เซลล์เม็ดเลือดแดง และพลาสมา ถ้าได้รับสารมากเกินไปจะเกิดอาการภายใน 24 ชั่วโมง ทำให้ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ม่านตาหดตัว เห็นภาพไม่ชัดเจน มีน้ำมูกหรือน้ำลายเหนื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง ชันร้ายแรงทำให้หมดสติ ชัก หายใจลำบาก อาจตายได้เนื่องจากระบบหายใจและหัวใจล้มเหลว เป็นพิษมากต่อสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในน้ำ

2. Carbamate insecticides สารกำจัดแมลงประเภทนี้จะมีไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เข้าสู่ร่างกายได้ทางการสัมผัส การกิน และการซึมผ่านผิวหนัง ทำหน้าที่ยับยั้งเอนไซม์ cholinesterase และกระตุ้นให้ระบบประสาทของแมลงทำงานมากเกินไป สารเคมีประเภทนี้ไม่สะสมสิ่งแวดล้อมและหมดฤทธิ์ในสภาพที่เป็นด่างอย่างรวดเร็ว สารเคมีที่ใช้ในตลาดคือ propoxur พบในสเปรย์กำจัดยุงและแมลงสาบ, สเปรย์กำจัดปลวก มด มอด แมลงสาบ และ bendiocarb เป็นผงกำจัดแมลงสาบ ซึ่งสารกำจัดแมลงที่มี bendiocarb ผสมอยู่มักอยู่ในรูปของฝุ่นผงหรือแป้งที่เปียกน้ำได้ อันตรายของ bendiocarb มีค่า lethal dose fifty หรือ LD₅₀ (หนู) 46-156 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แสดงว่ามีพิษมาก bendiocarb มีความเป็นพิษสูงถ้ากินเข้าไปหรือดูดซึมผ่านผิวหนัง อาการอ่อนเพลีย เห็นภาพไม่ชัดเจน ปวดศีรษะ วิงเวียน ปวดท้องเกร็ง เจ็บหน้าอก ม่านตาแข็ง เหนื่อออก กล้ามเนื้อทำงานไม่ประสานกัน ชีพจรลดลง ถ้าสัมผัสทางตา ทำให้ระคายเคืองตา เจ็บตา เห็นภาพไม่ชัดเจน น้ำตาไหล กล้ามเนื้อตาชักกระตุก รูม่านตาไม่ตอบสนองต่อแสง ในกรณีรุนแรงอาจเสียชีวิตได้เนื่องจากหัวใจเต้นไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้ระบบกล้ามเนื้อและระบบหายใจไม่สามารถทำงานได้

3. Botanicals and Pyrethroid insecticides สารเคมีในกลุ่มนี้นิยมใช้กำจัดแมลง เช่นสารจูดกันยุงมีสารออกฤทธิ์คือ d-allethrin ซึ่งอาจใช้ในชื่ออื่น (pynamin forte หรือ esbiothrin) Botanicals มีอีกชื่อเรียกว่า pyrethrins จัดเป็นสารประกอบของสารเคมีหลายชนิดที่ได้จากพืช เป็นพิษโดยการสัมผัสหรือการกิน ส่วนใหญ่ไม่คงอยู่ในสภาพแวดล้อม เป็นพิษสูงควรใช้ในปริมาณน้อยๆ นอกจากนี้ยังมีผลต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เช่น cypermethrin มีพิษมาก ก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจส่วนบนและล่าง ต่อตา และต่อผิวหนัง อาการชาที่ผิวหนัง คัน ร้อนไหม้ ขาดความสามารถในการควบคุมกระเพาะปัสสาวะ ร่างกายทำงานไม่ประสานกัน หมดสติ และอาจถึงตายได้ ถ้ากลืนหรือกินเข้าไปทำให้เกิดอาการปวดท้อง ท้องร่วง ถ้าได้รับสารเป็นเวลานานจะเกิดการเปลี่ยนแปลงการทำงานของตับ cypermethrin เป็นพิษอย่างมากต่อปลาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในน้ำ

4. Insecticidal bait toxicants สารเคมีกลุ่มนี้ใช้เป็นสารออกฤทธิ์ที่ผสมกับสิ่งที่กินแมลงสามารถกินได้ ดังนั้นจึงควรเก็บให้เป็นที่ ป้องกันไม่ให้เด็ก สัตว์เลี้ยง หรือ สัตว์อื่นๆกินเข้าไปได้ เช่น hydramethynon จัดเป็นสารกำจัดแมลงชนิดที่มีพิษน้อย ก่อให้เกิดการระคายเคืองผิวหนังและตา อาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ hydramethynon ที่พบในท้องตลาดใช้กำจัดมดเท่านั้น เนื่องจากมีความเป็นพิษน้อย

5. Inorganic insecticides สารประเภทนี้ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ มักเป็นผลึกคล้ายเกลือ มีความคงตัวและละลายน้ำได้ เช่น boric acid ซึ่งสามารถพบได้ในสเปรย์กำจัดแมลงสาบ เช่น boric acid พิษปานกลาง การหายใจเข้าไปก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกของทางเดินหายใจ อาจทำให้มีการดูดซึมของสารผ่านทางเยื่อเมือก ทำให้เกิดการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง เชื้องซึม เป็นผื่นแดงบนผิวหนัง ปวดศีรษะ อุดมภูมิในร่างกายลดลง ความดันต่ำ ไตได้รับอันตราย เกิดภาวะที่ผิวหนังเป็นสีน้ำเงินเนื่องจากขาดออกซิเจน หมดสติ และเสียชีวิต การสัมผัสทางผิวหนัง ก่อให้เกิดการระคายเคือง สารดูดซึมอย่างรวดเร็วทำลายผิวหนังหรือเป็นแผลไหม้ มีอาการเช่นเดียวกับการหายใจและกลืนกินเข้าไป ในผู้ใหญ่ถ้ากินสารนี้เข้าไปมากกว่า 30 กรัม อาจทำให้ตายได้ การสัมผัสถูกตาก่อให้เกิดการระคายเคือง ตาแดง ปวดตา การได้รับสารติดต่อกันเป็นเวลานานทำให้น้ำหนักลด อาเจียน ท้องร่วง เป็นผื่นแดงบนผิวหนัง ชักกระตุกอย่างรุนแรง และโรคโลหิตจาง boric acid อาจทำลายตับ ไต ทางเดินอาหาร เป็นอันตรายต่อทารกในครรภ์ และ boric acid เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ นอกจากนี้ยังมีสารเคมีบางชนิดที่ไม่ได้ใช้กำจัดแมลงโดยตรง แต่ใช้ร่วมกับสารในกลุ่ม Botanicals and Pyrethroid Insecticides เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์ พบในสารกำจัดยุงประเภทใช้ไฟฟ้า และสารเคมีที่พบในกลุ่มนี้คือ piperonyl butoxide

อีโทอน

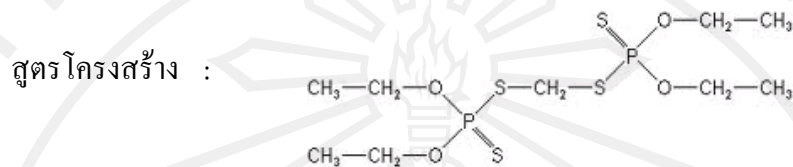
จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการหาวิธีการป้องกันโดยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชซึ่งนับเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าเชื่อถือใช้เนื่องจากให้ผลรวดเร็ว ประหยัดเวลา และแรงงาน

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2549-2550 ได้รายงานการศึกษาความเสี่ยงของเกษตรกรชาวสวนส้มในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยพบว่า มีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ คลอไพริฟอส ไดเมทโทเอท และอีโทอน และกลุ่มคาร์บาเมท จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ คาร์เบนดาซิม ฟิโนบูคาร์บ อะมิทราซ คาร์บาริล แคบแทน คาร์โบซัลแฟน และเมทโทมิล สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทเป็นสารที่ทำงานโดยการยับยั้งเอ็นไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งเป็นเอ็นไซม์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของระบบประสาท ผู้ป่วยที่ได้รับสารเคมีประเภทนี้จะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหลเหงื่อออก ม่านตาหด ถ่ายบัสสาวะและอุจจาระโดยคลื่นไม่อยู่ มีการเกร็งของหลอดเลือด มีเสมหะมาก บางรายมีอาการกระตุกของกล้ามเนื้อหน้า หน้าตา ลึน ถ้าอาการรุนแรงจะพบว่ามีอาการกระตุกทั่วร่างกาย ผู้ป่วยที่ได้รับสารประเภทนี้มากๆ อาจถึงตายได้เนื่องจากระบบหายใจล้มเหลว การเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมี 3 ทาง คือ 1. ทางผิวหนัง เป็นวิธีที่พบได้บ่อยที่สุด โดยสามารถดูดซึมผ่านผิวหนังปกติได้และจะดูดซึมได้ดียิ่งขึ้นถ้าผิวหนังมีรอยขีดข่วนหรือเป็นแผล และบริเวณผิวหนังที่เป็นเนื้อเยื่ออ่อน เช่น ถุงอัมพาะ รักแร้ รูหู หน้าผาก หนังสี่ระยะจากการศึกษาครั้งนี้เกษตรกรมีความเสี่ยงสูงในการที่จะได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยทางผิวหนังเพราะต้องจับต้องสารเคมีโดยตรง โดยเฉพาะเกษตรกรที่ไม่ได้ใส่ถุงมือหรือถุงมือชำรุด 2. ทางปอด เกิดจากการหายใจเอาสารเคมีเข้าไปจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายขนาดของอนุภาค อัตราในการหายใจ รวมทั้งปริมาตรของการหายใจ 3. ทางปาก อาจเกิดจากการเจตนากินเพื่อฆ่าตัวตาย หรือโดยการไม่เจตนา เนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจ และขาดความระมัดระวัง เช่น รับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ขณะฉีดพ่น (ชวานพิศและคณะ, 2550)

อีโทอนเป็นสารเคมีที่ใช้ทางการเกษตรจัดอยู่ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยอ่อน และเพลี้ยไฟ โดยมีการพบปัญหาสารกำจัดแมลงอีโทอนตกค้างบริเวณผิวและเนื้อเยื่อของผลผลิตส้มเขียวหวาน ซึ่งในประเทศไทยได้มีพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร ปี พ.ศ.2551 กำหนดปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits : MRL) ที่มีได้ในส้มคือ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่ ได้รายงานการสำรวจค่าเฉลี่ยของสารพิษที่พบในผลผลิตส้มของจังหวัดเชียงใหม่ ถ้าปาง และลำพูน พบว่าในการวิเคราะห์มีสารกำจัดแมลงอีโทอน 1.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากตัวอย่าง

92 เเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเกินค่ามาตรฐานของสำนักงานสินค้ามาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ลภิสราและคณะ, 2010) โดยมีสูตรของสารที่เป็นองค์ประกอบดังนี้

สูตรโมเลกุล : $C_9H_{22}O_4P_2S_4$



สูตรเคมี : O,O',O',O' -tetraethyl S,S' -methylenebis(phosphorodithioate)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารอีไทออน

Molecular weight	384.5
Vapour pressure	0.2 mPa (25°C)
Melting point	-12 to -15°C
partition coefficient	$\log P_{ow} = 5.07$
Solubility	sparingly soluble in water
Specific gravity	1.22 (20°C)
Hydrolysis	hydrolysed by aqueous acids and alkalis

ที่มา : FAO (2000)

อีไทออนบริสุทธิ์เป็นของเหลวมีสีเหลืองใส มีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ส่วนใหญ่ใช้ในการควบคุมศัตรูพืชโดยการละลายในน้ำแล้วฉีดพ่น ในบางครั้งอาจเป็นผงละลายในน้ำหรือเป็นเม็ด โดยปกติแล้วสารอีไทออนจะสลายตัวอย่างรวดเร็วภายใต้สภาพที่เหมาะสมกว่า 8 โดยปกติแล้วสารกำจัดแมลงกลุ่มนี้จะเกิดการสลายตัวไปตามธรรมชาติถ้าถูกกับแสงแดด หรือถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ในดิน โดยเฉพาะกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทจะสลายตัวในสิ่งแวดล้อมในช่วงระยะเวลาอันสั้น อย่างไรก็ตามถ้าเกิดการรวมตัวกับสารอินทรีย์บางชนิดหรือแร่ธาตุบางชนิดที่มีอยู่ในดิน อาจทำให้สารกลุ่มนี้คงอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นานขึ้น หรือสภาพของกรดก็อาจทำให้คงอยู่ในบริเวณนั้นได้นานขึ้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

1. กระบวนการทางด้านเคมีและฟิสิกส์ (ศุภมาส, 2545)

การดูดซับมีผลต่อการเคลื่อนย้ายและการสลายตัวของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ทำให้โมเลกุลของสารเหล่านั้นถูกยึดไว้โดยกลไกหลายๆกลไก เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน การเกิดพันธะไฮโดรเจน และการเกิดโคออร์ดิเนชันเชิงซ้อน เป็นต้น อัตราการดูดซับนอกจากขึ้นอยู่กับลักษณะคอลลอยด์หรือตัวดูดซับเองแล้ว ยังขึ้นอยู่กับลักษณะของสารแต่ละชนิดอีกด้วย ได้แก่ ขนาดและโครงสร้างโมเลกุล

การระเหยเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของสารในสิ่งแวดล้อม อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้น และคุณสมบัติของสาร เช่น ความคงทน คุณสมบัติในการถูกดูดซับ การละลายน้ำ ความดันไอ โครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุล

การสลายตัวด้วยแสง เป็นการสลายตัวโดยตรง คือ โมเลกุลของสารเมื่อได้รับแสงก็จะถูกดูดซับพลังงานทำให้อิเล็กตรอนอยู่ในสภาวะถูกกระตุ้น จนทำให้โครงสร้างโมเลกุลของสารเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้มีความซับซ้อนน้อยลง ทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่นๆต่อไป หรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์อื่นๆได้ง่ายขึ้น สารจึงเกิดการเปลี่ยนรูปหรือสูญหายไป

การเปลี่ยนรูปและการสลายตัวทางเคมี การสลายตัวของสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตคือปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปและการสลายตัวของสารในกลุ่มนี้ ได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis), ออกซิเดชัน (oxidation), ไอโซเมอไรเซชัน (isomerization), การแตกตัวเป็นไอออน (ionization), และการเกิดเกลือ (salt formation) ปฏิกิริยาที่สำคัญในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ ไฮโดรไลซิส เนื่องจากพันธะเอสเทอร์ของสารในกลุ่มนี้เป็น phosphate ester bond ซึ่งเป็น weak link การสลายตัวโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสเกิดขึ้นได้ง่าย ขึ้นอยู่กับสภาพกรด-ด่างของสภาพแวดล้อม สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ไวต่อปฏิกิริยาแบบ base catalyze hydrolysis ทำให้สลายตัวในสภาพด่าง

2. กระบวนการทางด้านชีวภาพ

สารกำจัดแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ถูกย่อยสลายหรือลดความเป็นพิษลงได้โดยกระบวนการทางชีวภาพโดยอาศัยจุลินทรีย์บางชนิด ที่ผลิตเอนไซม์ ออร์กาโนฟอสฟอรัสไฮโดรเลส นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลของสารด้วย

โอโซน

ในปัจจุบันได้มีวิธีการต่างๆมากมายที่จะลดปริมาณสารตกค้างในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ค้างทับทิม โซเดียมคาร์บอเนต คลอรีน และ hydrogen peroxyacetic acid (HPA) เป็นต้น แต่ยังมีข้อสงสัยในเรื่องประสิทธิภาพที่จำกัดและการเกิดสารตกค้างต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการใช้โอโซนซึ่งมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่ดีสามารถทำปฏิกิริยากับสารต่างๆและปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

โอโซนเป็นก๊าซธรรมชาติที่มีการค้นพบมาเป็นเวลา 150 ปีมาแล้ว ซึ่งเยอรมันเป็นประเทศแรก ที่นำโอโซนเข้ามาใช้ในการแพทย์และต่อมาสหรัฐอเมริกาได้นำมาทดลองใช้ทางด้านการแพทย์เช่นเดียวกัน โอโซนจะทำงานโดยเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ซึ่งมีผลในการฆ่าเชื้อโรคและย่อยสลายก๊าซพิษและสารเคมี ตัวอย่างเช่น การสลายของก๊าซมีเทน (CH_4)



โอโซนจะสามารถทำความสะอาดได้เป็นอย่างดีประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ ของอากาศเสียเพราะ โอโซนจะจับโมเลกุลของอากาศเสียและแยกย่อยสลายอากาศที่เสียไปในที่สุด เหลือเป็นออกซิเจนต่อไป นอกจากนี้ยังสามารถดับกลิ่น ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค ย่อยสลายก๊าซพิษ และฟอกสีเป็นต้น (ชมพูนุศักดิ์, 2539)

ก๊าซโอโซนมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมีทั้งในน้ำ สารละลายและอากาศ มีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนจากสารอื่นเพิ่มเข้ามาได้อีก ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยตัวเองทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง ในบรรดาก๊าซออกซิไดซ์ทางเคมีที่มีอยู่มากมาย นับว่าตัวโอโซนมีความสามารถสูงสุดเป็นอันดับสองรองลงมาจากโมเลกุลของก๊าซฟลูออรีนและเป็นอันดับ 4 ถ้านับรวมอนุมูลไฮดรอกซิลและอะตอมเดี่ยวของออกซิเจน โดยมีศักย์ไฟฟ้า 2.08 โวลต์ สูงกว่าก๊าซคลอรีน 1.52 เท่า การทำปฏิกิริยากับสารต่างๆจะเกิดปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันไป ตามชนิดของสาร สภาพของก๊าซโอโซนที่อยู่ในอากาศหรือสารละลาย สารที่มีอิเล็กตรอนมากหรือตัวรีดิวซ์ ส่วนปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารอินทรีย์หรือสารอินทรีย์ที่มีโลหะ โดยเฉพาะโอโซนที่ละลายในน้ำ อาจเกิดปรากฏการณ์ที่ไม่มีก๊าซออกซิเจนเหลืออยู่ สำหรับก๊าซโอโซนซึ่งละลายอยู่ในน้ำยังสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นทางอ้อมจากอนุมูลอิสระโดยโมเลกุลของน้ำบางส่วนแตกตัวเป็นอนุมูลไฮดรอกซิล (OH^\cdot) แล้วทำปฏิกิริยากับโอโซนกลายเป็นอนุมูลอิสระพาราออกไซด์ (superoxide radical) และอนุมูลไฮดรอกซิล (hydroxyl radical) ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่าโอโซน แล้วจึงเข้าทำปฏิกิริยากับสารอื่นอีกที จะเห็นได้ว่าปฏิกิริยาเคมีของโอโซน ถึงแม้ว่าโดยพื้นฐานจะอาศัยการออกซิเดชัน แต่บางครั้งกว่าจะสิ้นสุดกระบวนการ ก็อาจมีความซับซ้อนหลาย

ขั้นตอน นอกจากจะขึ้นกับสารที่จะทำปฏิกิริยายังขึ้นกับสภาพความเป็นกรด-เบส (พีเอช) ความเข้มข้นของโอโซน ระยะเวลาในการสัมผัส อุณหภูมิและความชื้น (สุรพล, 2543)

โอโซนมีคุณสมบัติเป็นก๊าซสีฟ้า มีกลิ่นฉุนเฉพาะตัว มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 48 จุดเดือดและจุดหลอมเหลวที่ 1 บรรยากาศเท่ากับ -111.9 และ -192.7 °C ตามลำดับ โอโซนมีน้ำหนักประมาณ 0.135 ปอนด์/ลูกบาศก์ฟุต มีค่าออกซิเดชันโพเทนเชียลประมาณ -2.07 V (สิริพร, 2543) โอโซนถูกผลิตขึ้นในธรรมชาติโดยการแผ่รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) จากดวงอาทิตย์และการเกิดฟ้าแลบ ส่วนในทางการค้าถูกผลิตขึ้นมาโดยการใช้แสง UV ที่ความยาวคลื่น 185 นาโนเมตร หรือ corona discharge โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อให้โมเลกุลของ O_2 แตกตัวและรวมตัวเป็น O_3 (สุรพล, 2543)

ก๊าซโอโซนที่นำไปใช้ในงานอื่นนอกจากการแพทย์เรียกว่า เทคโนโลยีโอโซน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในรูปของก๊าซ (air treatment) น้ำโอโซน (ozonated water) หรือในน้ำมัน (ozonated oil) แต่ไม่ว่าจะใช้ในรูปแบบใด คุณสมบัติของโอโซนในการทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ก็จะคล้ายๆกัน แต่เนื่องจากสารเคมีหรือส่วนประกอบต่างๆในสิ่งแวดล้อมมีอยู่มากมายและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การนำโอโซนไปใช้จึงขึ้นอยู่กับสภาพที่เป็นจริงในช่วงเวลาที่แน่นอน บางครั้งก็ซับซ้อนจนยากที่จะอธิบายกลไกในการทำปฏิกิริยาให้ชัดเจนลงไปได้ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม โอโซนก็มีความเด่นชัดและข้อได้เปรียบตรงที่สามารถนำไปฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด สามารถกำจัดสารพิษ ดับกลิ่นฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังไม่ก่อให้เกิดสารตกค้างที่เป็นอันตราย เหมือนกับการใช้สารเคมีอย่างอื่น การประยุกต์ใช้โอโซนส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของน้ำโอโซน อาจเป็นการผลิตขนาดย่อมเพื่อใช้ในครัวเรือนหรือขนาดใหญ่ระดับเมือง น้ำโอโซนมีคุณสมบัติที่นอกเหนือจากก๊าซโอโซนที่เกิดปฏิกิริยาของก๊าซโอโซนในน้ำนั้น จะทำให้โมเลกุลของน้ำส่วนหนึ่งแตกตัวออกเป็นอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรงกว่า การออกฤทธิ์จึงดีกว่าโอโซนที่อยู่ในสถานะก๊าซ อย่างไรก็ตามหลักการทั่วไปในการนำไปใช้ก็คงต้องพยายามควบคุมให้ใช้ก๊าซโอโซนในปริมาณและความเข้มข้นต่ำที่สุด และใช้ระยะเวลาให้สั้นที่สุด เพื่อประหยัดพลังงานในการผลิตและป้องกันไม่ให้มีการสะสมก๊าซโอโซนมากเกินไป ทั้งนี้ก็ขึ้นกับการวิเคราะห์ชนิดคุณสมบัติ และปริมาณของสารที่จะให้โอโซนไปทำปฏิกิริยาและสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงในขณะนั้น ทั้งด้านอุณหภูมิ ความเป็นกรดเบส การกระจายตัว ความคงที่ในการผลิตก๊าซของเครื่องให้กำเนิดโอโซนและตัวควบคุมอื่นๆ (สุรพล, 2543) โอโซนถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆเช่น

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

- ทำน้ำไอโซนสเปรย์เพื่อยืดอายุของดอกไม้
- ใช้น้ำไอโซนในกระบวนการล้างเนื้อสัตว์และอาหารทะเล ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการบรรจุ
- บำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
- กำจัดกลิ่นจากน้ำโสโครก
- ใช้ทำความสะอาดในสระว่ายน้ำ แทนสารคลอรีน
- อุตสาหกรรมอาหาร ใช้อบอาหารและสมุนไพร
- ใช้เตรียมน้ำสะอาดปราศจากเชื้อ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมยา
- ผลิตเป็นอุปกรณ์ล้างมือทางการแพทย์แทนการใช้สารเคมี

ข้อจำกัดของไอโซน

ไอโซนโดยคุณสมบัติของมัน โดยเฉพาะที่มีความเข้มข้นมาก สามารถทำปฏิกิริยากับร่างกายได้และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ เมื่อหายใจเข้าไปไอโซนทำอันตรายต่อปอด แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อย ไอโซนสามารถทำให้เกิดอาการเจ็บหน้าอก ไอ หายใจไม่ออก เจ็บคอ ระคายเคืองคอ ไอโซนสามารถทำให้เกิดปัญหาโรคระบบทางเดินหายใจอย่างเรื้อรัง อย่างเช่น โรคหอบ นอกจากนั้นไอโซนยังทำให้ภูมิคุ้มกันของร่างกายที่จะต่อสู้กับโรคติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจลดลง ขึ้นอยู่กับร่างกายแต่ละคนและปริมาณ ไอโซนที่จะได้รับ ในคนที่แข็งแรงก็เช่นเดียวกับคนที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบทางเดินหายใจสามารถมีปัญหาในการหายใจได้เมื่อได้รับไอโซนมากพอ การออกกำลังกายในบริเวณที่มีไอโซนมากสามารถทำให้ได้รับไอโซนมากเกินไปซึ่งจะยิ่งเพิ่มผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ (EPA, 1996) ในประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานสารมลพิษในอากาศของไอโซนเท่ากับ 0.20 มก/ลบ.ม. หรือ 0.1 ppm จากค่าเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2538)

ตารางที่ 3 ระดับความเข้มข้นของก๊าซไอโซนที่มีผลต่อสุขภาพ

ระดับของก๊าซไอโซน (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 : ชมพูศักดิ์และเทพนม, 2540

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโอโซน

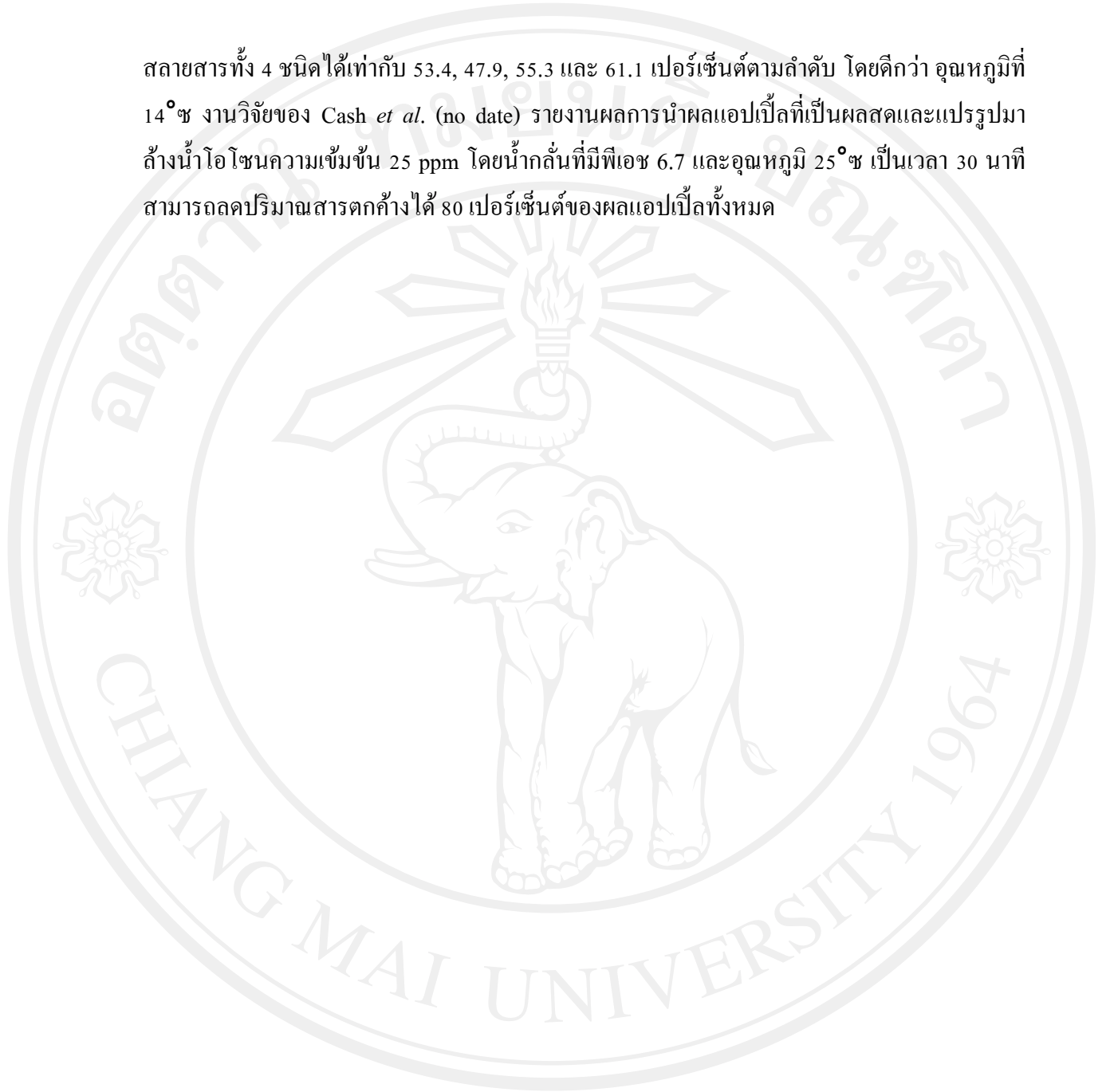
ในปัจจุบันมีการนำโอโซนเข้ามาใช้ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้สดมากขึ้น เนื่องจากคุณสมบัติของโอโซนซึ่งเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ อีกทั้งโอโซนมีครึ่งชีวิตในน้ำที่อุณหภูมิห้องเพียงแค่ 20 นาทีเท่านั้น และจะสลายตัวเป็นออกซิเจนธรรมดา จึงไม่ต้องกังวลว่าจะมีโอโซนตกค้างในอาหาร (Graham, 1997) โอโซนได้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีการนำไปใช้เพื่อช่วยลดความเป็นพิษของสารอินทรีย์ ลดค่า BOD (Biological Oxygen Demand) และ COD (Chemical Oxygen Demand) ในสภาพแวดล้อม โอโซนสามารถเปลี่ยนแปลงสารอินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ไปเป็นสารที่ย่อยสลายได้โดยธรรมชาติ โมเลกุลของโอโซนจะแตกตัวเป็นออกซิเจนได้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นการใช้โอโซนจะช่วยลดการสะสมของอินทรีย์สารในสภาพแวดล้อมได้ การที่โอโซนมีสภาพเป็นสารออกซิไดซ์สูง และมีการสลายตัวโดยอัตโนมัติ ทำให้โอโซนเป็นสารกำจัดเชื้อได้อย่างปลอดภัยในอาหาร สำหรับรูปแบบของโอโซนที่นำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรนั้น มีทั้งที่ใช้ในรูปแบบของก๊าซโดยใช้รมผลิตผลโดยตรงและการใช้ก๊าซโอโซนผ่านลงไปใต้น้ำ ซึ่งมีงานวิจัยออกมามากมายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น มีการรายงานจากฝ่ายตรวจวิเคราะห์สารเคมีและบริการเครื่องมือ กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช กรมส่งเสริมการเกษตร พบว่า การแช่ผักใต้น้ำปุ๊นไฮ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 34-52 เปอร์เซ็นต์การใช้ความร้อน ลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 48-50 เปอร์เซ็นต์ การแช่ผักใต้น้ำด่างทับทิม เป็นเวลา 10 นาที (ด่างทับทิม 20-30 เกล็ด) ผสมน้ำ 4 ลิตร ล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้ง ลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 35-43 เปอร์เซ็นต์ และการแช่ผักด้วยน้ำยาล้างผัก เป็นเวลา 10 นาที และล้างด้วยน้ำสะอาดอีกครั้งลดปริมาณสารพิษตกค้างได้ 22-36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการใช้โอโซนเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่จากการศึกษาวิจัยต่างๆ พบว่า เปอร์เซ็นต์การสลายตัวของสารกำจัดแมลงนั้นสูงกว่าในวิธีที่กล่าวมา ซึ่ง Whangchai *et al.* (2011) ได้ใช้โอโซนในการลดสารตกค้างในลิ้นจี่ พบว่า การใช้ก๊าซโอโซนและโอโซนใต้น้ำสามารถลดสารคลอไพริฟอสได้ โดยการใช้ก๊าซโอโซนที่เวลา 60 นาที ให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารคลอไพริฟอสได้ดีที่สุด เช่นเดียวกับ Whangchai *et al.* (2010) ได้ศึกษาการใช้โอโซนลดสารคลอไพริฟอสตกค้างในข้าวโพดอ่อน พบว่า การใช้โอโซนใต้น้ำและการรมก๊าซโอโซนสามารถลดสารคลอไพริฟอสได้ โดยการใช้โอโซนใต้น้ำที่เวลา 60 นาที มีเปอร์เซ็นต์การสลายตัวมากกว่าการรมก๊าซโอโซนคือ 68.35 และ 31.87 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Hwang *et al.* (2001) ที่พบว่า การจุ่มแอปเปิ้ลในสาร mancozeb ความเข้มข้น 1 และ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วนำไปล้างด้วยน้ำโอโซนสามารถลดปริมาณสาร mancozeb ได้ 56-97 เปอร์เซ็นต์ Benitez *et al.* (2002) ได้ศึกษาการสลายตัวของสาร carbofuran โดยใช้โอโซนและรังสี UV พบว่า การใช้โอโซนร่วมกับรังสี

UV ทำให้อัตราการสลายตัวของสาร hydroxyl radical เพิ่มและมีประสิทธิภาพในการลดสาร carbofuran ได้ (Faust and Gomma, 1972) ได้ศึกษาการลดสารกำจัดแมลงในน้ำ พบว่า สารกำจัดแมลงลดลงหลังจากการใช้โอโซนเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น และจากการศึกษาของ ศรีธยาและคณะ (2011) ได้ศึกษาการใช้อัลตราโซนิกและโอโซนช่วยเพิ่มการสลายตัวของสาร chlopyrifos ในพริก โดยจากการศึกษาพบว่า การใช้อัลตราโซนิกร่วมกับ โอโซนให้ผลเสริมกันในการสลายตัวของสาร chlopyrifos ที่ตกค้างทั้งในสารมาตรฐานและในพริกมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีการใช้โอโซนลดความเป็นพิษของอะฟลาทอกซิน B1 ในพริกแดง ซึ่งการได้รับโอโซนความเข้มข้น 33 และ 66 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 60 นาที สามารถลดได้ 80 และ 93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่กระทบต่อคุณภาพและสีของพริกแดง (Inan *et al.*, 2007) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้พัฒนาเครื่องผลิตโอโซนเพื่อล้างผักปนเปื้อนสารพิษ ซึ่งสามารถกำจัดสารพิษได้จริง เพราะโอโซนจะช่วยทำลายโครงสร้างทางเคมีของสารกำจัดแมลงที่ติดในผักให้หลุดออกไปได้ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี., 2551) งานวิจัยของ Cataldo (2008) ศึกษาการใช้โอโซนเพื่อสลายสารพิษ patulin และการปนเปื้อนของอาหารในน้ำสาเล่และน้ำแอปเปิล พบว่า โอโซนสามารถสลาย/ลดสารพิษ patulin ในน้ำแอปเปิลได้ และจากการศึกษาของ วิญญู และคณะ (2546) ในการลดปริมาณ malathion และ parathion ที่ตกค้างบนกะหล่ำปลี โดยใช้วิธีการแช่ผักในน้ำ แช่ในน้ำผสมต่างทับทมแช่ในน้ำพร้อมฟอนโอโซน พบว่าวิธีการแช่กะหล่ำปลีในน้ำผสมผงฟูสามารถลดปริมาณของสาร malathion และ parathion ได้มากที่สุด 80% และการแช่ผักในน้ำที่ฟอนโอโซนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการแช่น้ำผสม ต่างทับทม ประมาณ 60%

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลอุณหภูมิและค่าพีเอชของโอโซน

Ong *et al.* (1996) ได้ศึกษาการล้างผลแอปเปิ้ลด้วยโอโซนในน้ำที่อัตราการไหล 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้โอโซนในน้ำที่อุณหภูมิ 21 และ 44 °ซ และควบคุมค่าพีเอชเท่ากับ 4.5, 7.0 และ 10.7 พบว่า สามารถลดปริมาณสาร azinphos-methyl, captan และ formetanate hydrochloride ได้ 50-100 เปอร์เซ็นต์และอัตราการสลายตัวของสารกำจัดแมลงจะเพิ่มขึ้นเมื่อพีเอช และอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ส่วน Ku *et al.* (1998) รายงานการใช้โอโซนในน้ำพีเอช 9 สามารถทำให้สาร diazinon สลายตัวได้เกือบหมดในเวลา 30 นาที เช่นเดียวกับ Ruan *et al.* (2004) ศึกษาการสลายตัวของสาร malathion ในองุ่น โดยใช้โอโซนควบคุมค่าพีเอชที่ 4, 7 และ 10.7 พบว่าการใช้โอโซนที่พีเอช 10.7 สามารถลดสาร malathion ได้หมด Wu *et al.* (2007) ได้ศึกษาการใช้โอโซนที่ความเข้มข้นต่ำ (1.4-2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) โดยควบคุมอุณหภูมิ 14 และ 24 °ซ เพื่อกำจัดสารปราบศัตรูพืชในผักกวางตุ้ง 4 ชนิด ได้แก่ methyl-parathion, cypermethrin, parathion และ diazinon พบว่า โอโซนที่อุณหภูมิ 24 °ซ สามารถ

สลายสารทั้ง 4 ชนิดได้เท่ากับ 53.4, 47.9, 55.3 และ 61.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยดีกว่า อุณหภูมิที่ 14°C งานวิจัยของ Cash *et al.* (no date) รายงานผลการนำผลแอปเปิ้ลที่เป็นผลสดและแปรรูปมาล้างน้ำไอโซนความเข้มข้น 25 ppm โดยน้ำกลั่นที่มีพีเอช 6.7 และอุณหภูมิ 25°C เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ 80 เปอร์เซ็นต์ของผลแอปเปิ้ลทั้งหมด



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved