

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 เกษตรอินทรีย์

2.1.1 ความหมายของเกษตรอินทรีย์

เกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) คือ ระบบการจัดการการผลิตด้านการเกษตรแบบองค์รวม ที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศน์ รวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ วงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุสังเคราะห์ และไม่ใช้พืช สัตว์หรือจุลินทรีย์ที่ได้มาจากเทคนิคการตัดแปรพันธุกรรม (genetic modification) มีการจัดการกับผลิตภัณฑ์โดยเน้นการแปรความระมัดระวัง เพื่อรักษาสภาพการเป็นเกษตรอินทรีย์และคุณภาพที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ในทุกขั้นตอน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) สำหรับ IFOAM ได้ให้ความหมายของเกษตรอินทรีย์ว่า คือ ระบบการผลิตที่ให้ความสำคัญกับความยั่งยืนของสุขภาพดิน ระบบนิเวศ และผู้คน เกษตรอินทรีย์พึ่งพาอาศัยกระบวนการทางนิเวศวิทยา ความหลากหลายทางชีวภาพ และวงจรธรรมชาติ ที่มีลักษณะเฉพาะแต่ละพื้นที่ แทนที่จะใช้ปัจจัยการผลิตที่มีผลกระทบทางลบ เกษตรอินทรีย์ผสมผสานองค์ความรู้พื้นบ้านและความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และส่งเสริมความสัมพันธ์ที่เป็นธรรม และคุณภาพชีวิตที่ดีของทุกคนรวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นจะเห็นว่าองค์ประกอบสำคัญของเกษตรอินทรีย์ตามความหมายของ IFOAM จะประกอบด้วย 4 มิติ คือ สุขภาพ นิเวศวิทยา ความเป็นธรรม และการดูแลเอาใจใส่ (อังคณา, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

2.1.2 มาตรฐานการผลิตพืชอินทรีย์และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตที่ต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อม รักษาความสมดุลของธรรมชาติและ ความหลากหลายทางชีวภาพ ประเทศไทยในฐานะเป็นผู้ผลิต และส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารที่สำคัญของโลก ประกอบกับแนวโน้มความต้องการสินค้าเกษตรอินทรีย์ ทั้งในและต่างประเทศขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี มาตรฐานสินค้าผักอินทรีย์ จะต้องตรวจสอบตั้งแต่ดินที่ปลูก น้ำที่ไช้รด พันธุ์พืช กรรมวิธีการผลิต การเก็บเกี่ยวและผลผลิตที่ได้จะต้องอยู่ใน

มาตรฐานสากลที่กำหนดจึงจะถูกต้อง ซึ่งการจัดการเก็บรักษาและขนส่งผลิตภัณฑ์ต้องจัดวางแยกจากผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่อินทรีย์ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากวัสดุและสารต้องห้าม และพื้นที่ของการเก็บรักษาและการขนส่งจะต้องทำความสะอาดตามระบบและใช้สารที่อนุญาตตามมาตรฐาน ในกระบวนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว สารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ใช้ในทุกขั้นตอนต้องเป็นสารจากธรรมชาติหรือสารที่อนุญาตตามมาตรฐาน รวมถึงการจัดการโรงเก็บโรงคัดบรรจุ และโรงงานแปรรูป ต้องสะอาดมีอุปกรณ์ที่เหมาะสม มีการป้องกันการปนเปื้อนจากสารต้องห้าม ป้องกันสัตว์และแมลง ทั้งทางวิธีกาล วิถีทางกายภาพ หรือใช้สารที่อนุญาตตามมาตรฐานเท่านั้น และใช้วัสดุที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม และในกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์ควรเป็นไปตามข้อกำหนดของ GMP วัตถุดิบต้องมาจากผลิตภัณฑ์ หากมีการผลิตแบบคู่ขนาน (อินทรีย์และไม่ใช่อินทรีย์) ให้แปรรูปผลิตภัณฑ์อินทรีย์ก่อน มีระบบการทำงานแบ่งแยกและข้อบ่งชี้ที่ชัดเจน หากมีการใช้สารเติมแต่ง สารช่วยในกรรมวิธีการผลิต และสารทำความสะอาด จะต้องใช้ตามที่มีมาตรฐานกำหนดไว้ รวมทั้งการบรรจุต้องใช้วัสดุในการบรรจุหีบห่อที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.2 โรคผักหลังการเก็บเกี่ยว

โรคผักหลังเก็บเกี่ยวเป็นโรคที่เกิดหลังจากผลิตผลพืชเก็บเกี่ยวแล้ว และอยู่ระหว่างการเก็บรักษา การขนส่งผู้บริโภครหรือโรงงานแปรรูปผลิตผลพืช และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีต่อผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวจะแตกต่างไปจากผลิตที่อยู่ในแปลงปลูก โดยทั่วไปการเก็บผักและผลไม้จะเก็บไว้ในสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่ำ สภาพทางสรีรวิทยาของผลไม้และผักที่เก็บเกี่ยวแล้วจะเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่ยังมีชีวิตอยู่แต่ไม่ ซึ่งมูลค่าความเสียหายของผักสดหลังการเก็บเกี่ยวและการขนส่ง โดยผู้ประกอบการคิดเป็นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าโดยรวมหรือประมาณ 10,000 ล้านบาทต่อปี (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2556) โรคที่เกิดระหว่างการเก็บรักษานี้แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ โรคหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากสภาพสรีระของผลิตผลเองเป็นสาเหตุ (post harvest diseases of physiological origin) และ โรคหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์เป็นสาเหตุ (post harvest diseases of microorganism origin) (สมศิริ, 2554)

สาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากสรีระของผลิตผล

1. ออกซิเจนไม่เพียงพอ ทำให้เนื้อเยื่อภายในหัวตาย มีสีน้ำตาล สีดำ เช่นมันฝรั่ง กะหล่ำดอก ผักกาดหอม เป็นต้น เนื่องจากมีการหายใจน้อย

2. การชำเพราะอากาศเย็นเกินไป อาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าจุดเยือกแข็ง ทำให้เนื้อเยื่อภายในเสื่อม อาการเกิดได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพเมื่อนำออกจากกล่อง และห้องเก็บ

4. อุณหภูมิเก็บสูงเกินไป ทำให้อัตราการหายใจของผลิตผลสูง อันจะเป็นเหตุให้มีสาร ester สะสมมากขึ้นและทำให้ออกซิเจนไม่เพียงพอ

5. ความชื้นไม่เพียงพอ เนื่องจากการคายน้ำเพราะอุณหภูมิสูง ทำให้เนื้อเยื่อหด ย่น และแตกหัก

6. ผักที่อวบน้ำ เมื่อมีแรงกระแทกจากการเก็บเกี่ยว การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว จะทำให้บอบช้ำได้ง่าย ถ้าเก็บไว้ในที่มีความชื้นต่ำไปผักก็จะสูญเสียความชื้น และหากความชื้นสูงไปก็จะได้รับความเสียหายที่เกิดจากอุณหภูมิ ความชื้น หรือจุลินทรีย์ได้อีก

สาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์

ผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวในระหว่างการเก็บรักษาก่อนถึงผู้บริโภค นอกจากสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงทางสรีระของพืชเองแล้ว ผลิตผลดังกล่าวยังถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ เช่น จุลินทรีย์ที่ติดมากับผิวพืชระหว่างการเก็บเกี่ยว ระหว่างการขนส่งบรรจุหีบห่อ ซึ่งส่วนมากจุลินทรีย์จะเข้าทำลายผลิตผลนั้นเมื่อมีแผล ซึ่งอาจเกิดขึ้นจากการเก็บเกี่ยว และกรรมวิธีทางการขนส่ง ผลิตผลบางอย่างก็อาจมีเชื้อสาเหตุของโรค ซึ่งอยู่ภายในติดมาตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก ถ้าผลิตผลนั้นไม่ถูกเก็บในห้องอุณหภูมิต่ำแล้ว เชื้อโรคนั้นก็จะเจริญทำความเสียหายได้ การเสื่อมเสียของผักและผลไม้ เนื่องจากจุลินทรีย์มีผลทำให้เนื้อสัมผัส กลิ่น รสชาติ ของผักและผลไม้เปลี่ยนไป เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ลดลง เนื่องจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้น เช่น กรดแล็กติก (lactic acid) กรดแอสติก (acetic acid) ทำให้เนื้อสัมผัสนุ่ม เน่าและ เนื่องจากจากแบคทีเรียมิเอนไซม์เพคตินเอส (pectinase) แบคทีเรีย เช่น *Pseudomonas* สามารถย่อยสลายสารเพคติน และยังทำให้ผักและผลไม้มีกลิ่นหมัก จากการหมักของยีสต์ให้เกิดเอทิลแอลกอฮอล์ เป็นต้น

การสูญเสียเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย มี 2 แบบ คือ เกิดการเน่าและซึ่งมีสาเหตุจากเชื้อ *Pseudomonas* และ *Erwinia* และ อาการเนื่อเยื่อภายในเปลือก ถูกทำลายเนื่องจากเชื้อ *Corynebacterium*, *Erwinia*, *Pseudomonas* และ *Xanthomonas* เชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดอาการเน่าและเน้้น ทำความเสียหายรุนแรงมากแก่ผักต่าง ๆ ได้ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น ผลไม้และผักเกือบทั้งหมดได้รับความเสียหายจากเชื้อนี้ การเกิดเน่าและอาจเกิดจากเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดร่วมกัน การป้องกันควรเก็บผลิตผลไว้ในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมกับมันฝรั่ง และ ใกล้เคียง 0 องศาเซลเซียส จะเหมาะสมกับส่วนที่เป็นรากและใบของผักต่าง ๆ รวมทั้งแบคทีเรียในกลุ่มโคลิฟอร์ม (coliform) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้สุขภาพลักษณะการเกษตร เช่น *Escherichia coli*, *Enterobacter* แบคทีเรียก่อโรค เช่น *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* แบคทีเรียที่เกิดจากการสัมผัสของมนุษย์ เช่น *Staphylococcus* รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรีย (bacterial spore) ของ *Clostridium* และ *Bacillus* ที่อยู่ในดิน และฝุ่นละอองในอากาศ

การสูญเสียเกิดจากเชื้อรา ราที่พบในผักผลไม้และเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค และการเน่าเสียของผักผลไม้ ได้แก่ เชื้อราในสกุล *Alternaria*, *Botrytis*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Geotricum* เป็นต้น มีลักษณะเป็นเส้นใยปกคลุมผิวของผักผลไม้

การสูญเสียเกิดจากเชื้อไวรัส โรคที่เกิดจากไวรัสส่วนมากเป็นอาการโรคใบด่าง เกิดกับผักที่เก็บรักษาไว้ อาการของโรคอาจเพิ่งแสดงอาการในโรงเก็บ โดยยังไม่มีอาการในแปลงปลูก ทำให้ผลิตผลมีราคาต่ำ การแก้ไขต้องทำในแปลงปลูก โดยการใช้พันธุ์ต้านทานปลูกและกำจัดพาหะ

การควบคุมโรคผักหลังการเก็บเกี่ยว

ทำได้โดยการป้องกันการเกิดโรคจากเชื้อตั้งแต่อยู่ในแปลงปลูก ควรเก็บเกี่ยวพืชในระยะที่แก่พอเหมาะ และเก็บเกี่ยวพืชด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้ช้ำหรือเกิดแผลเกิดจำเป็น ทำความสะอาดพื้นที่เก็บ และมีวิธีการเก็บผลิตผลที่สะอาด ห้องที่เก็บผลิตผลมีการถ่ายเทอากาศดี สามารถควบคุมความชื้นและอุณหภูมิได้ และหากจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการฆ่าเชื้อโรค ควรใช้สารเคมีฆ่าเชื้อให้เหมาะสมต่อผลิตผลที่เก็บ

การป้องกันและกำจัดโรคผักหลังเก็บเกี่ยวโดยใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดโรคหลังเก็บเกี่ยวนั้น อาจจะช่วยปรับปรุงในแง่ความสะอาดของผลิตภัณฑ์ ป้องกันผลผลิตจากการเข้าทำลายของเชื้อจุลินทรีย์ หรือระงับการเจริญของเชื้อสาเหตุ

1. สารเคมีที่ใช้เพื่อรักษาความสะอาด คลอรีนเป็นสารเคมีที่ใช้ในการลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์บนผลผลิต เครื่องมือ หรือในน้ำที่ใช้ล้างผลผลิต (เขวเล็ค, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) คลอรีนจะเปลี่ยนเป็นกรดไฮโปคลอรัสในน้ำ แต่สารละลายนี้ต้องมี pH เป็นค่าเพื่อการใช้ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด เพราะช่วยป้องกันการสูญเสียคลอรีนไป

2. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันโรค ได้แก่ กำมะถันผง กำมะถันเม็ดละลายน้ำ (sulfur), สารประกอบทองแดง (coppers) (พิศุทธิ, 2553) เป็นต้น การใช้สารเคมีประเภทนี้ให้ได้ผลดีจะต้องไม่มีการเข้าทำลายแบบแผลง ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ต้องมีน้อย และผลผลิตต้องไม่มีบาดแผลอันเนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ

3. สารเคมีที่ระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ Streptomycin (พิศุทธิ, 2553) เป็นต้น แม้ว่าผลผลิตเสียหายง่ายต้องใช้สารเคมีเพื่อป้องกันการเกิดโรค แต่ว่าสารเคมีที่ใช้ในการระงับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก็ยังคงจำเป็นต้องใช้อยู่เพื่อควบคุมโรคที่เกิดก่อนการเก็บเกี่ยว หรือเกิดขึ้นทันทีหลังการเก็บเกี่ยว

2.3 โรคของพืชผักที่เกิดจากแบคทีเรีย

โรคน้ำและ (bacterial soft rot)

โรคน้ำและเป็นโรคที่ได้รับการจัดลำดับให้อยู่ในกลุ่มของโรคที่สำคัญมากโรคหนึ่งของพืชผักทั้งในด้านของการระบาดและความเสียหาย และยังเป็นสาเหตุหลังการเก็บเกี่ยว สามารถสร้างความเสียหายให้กับพืชผักต่าง ๆ หลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก กะหล่ำปม ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง ผักกาดเขียวปลี ผักกาดหอม บร็อกโคลี แครอท ผักกาดหัว แดงร้าน แดงกวา พริก แผลง สคว๊อทซ์ พริกทอง มะเขือยาว มะเขือเทศ ถั่วแขก ถั่วลันเตา ถั่วฝักยาว หอมใหญ่ มันเทศ มันฝรั่ง ข้าวโพดหวาน และหน่อไม้ฝรั่ง โดยโรคจะเกิดขึ้นกับทุกส่วนที่เป็นเนื้ออ่อนและอวบน้ำของผักเหล่านี้ไม่ว่าจะเป็นลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก ผล หัว ผัก ทำให้เกิดอาการน้ำและทั้งขณะที่ยังอยู่ในแปลงปลูกและหลังเก็บเกี่ยวแล้ว

สาเหตุของโรค: *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*

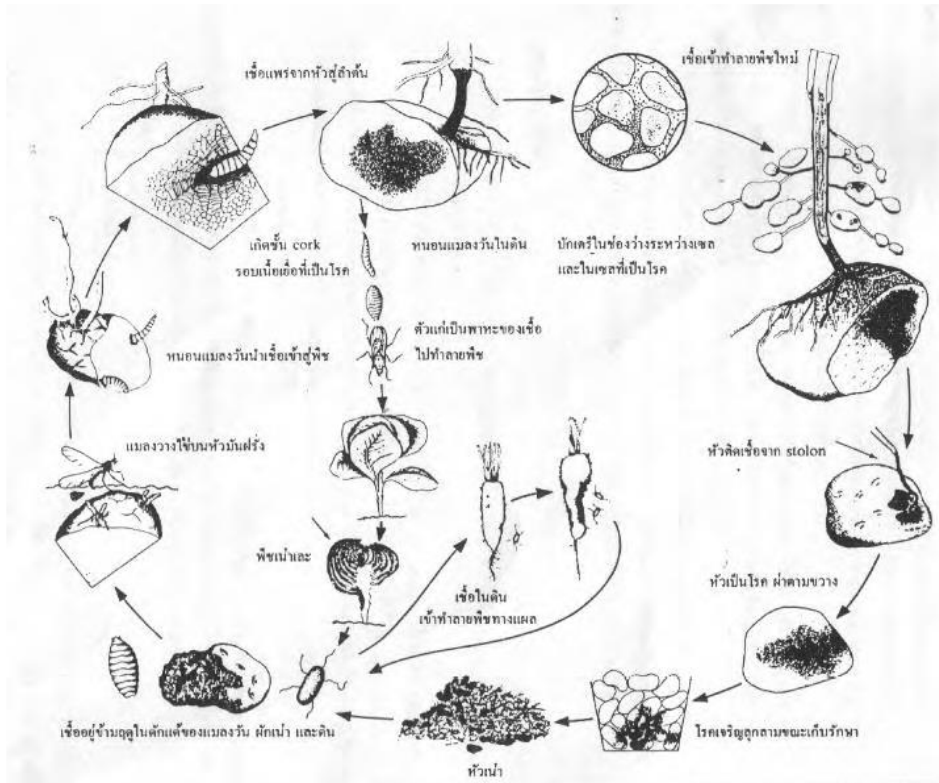
อาการโรค

ลักษณะอาการโดยทั่วไปของโรคเน่าและบนผักทุกชนิดจะคล้ายๆ กัน เริ่มจากรอยแผลซ้ำน้ำ (water soaked) จุดเล็กๆ ขึ้นก่อน ต่อมาหากสิ่งแวดล้อมเหมาะสม แพลดงกล่าวจะขยายโตออกทั้งโดยรอบและลึกลงไปภายในเนื้ออย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันเนื้อเยื่อส่วนนี้ก็จะอ่อนยุบตัวลง ภายในเวลาเพียง 1 หรือ 2 วัน อาการเน่าจะกระจายออกไปอย่างกว้างขวางครอบคลุมทั้งส่วนของพืชที่ถูกเชื้อเข้าทำลาย ลักษณะของแผลจะและและเป็นเมือกเยิ้ม มีสีคล้ำ หรือน้ำตาล พร้อมกับมีกลิ่นเหม็นฉุนเฉพาะตัว ซึ่งไม่เหมือนกลิ่นใด ๆ

การเข้าทำลายของเชื้อและการเกิดโรค

โดยปกติเชื้อ *E. carotovora* จะเข้าไปสู่ภายในพืช และก่อให้เกิดโรคขึ้นได้ก็โดยผ่านทางแผลเท่านั้น ต่อมาก็จะเข้าไปเจริญทวีจำนวนอยู่ระหว่างเซลล์ parenchyma ขณะเดียวกันก็จะสร้างเอนไซม์ pectase หรือ pectinase ออกมาย่อยสลายสารเพคติน ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมเซลล์ มีผลให้เซลล์ขาดหลุดออกจากกันแล้วเกิดการ plasmolyse ขึ้นกับเซลล์ที่บริเวณเนื้อเยื่อดังกล่าวทำให้เกิดการเน่าขึ้นในที่สุด กระบวนการทั้งหมดตั้งแต่เชื้อเริ่มเข้าไปสู่ภายในพืชจนเกิดอาการให้เห็นจะใช้เวลาดังแต่ 12-24 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและสภาพแวดล้อมขณะนั้น ขณะเดียวกันเชื้อแบคทีเรียก็จะทวีจำนวนเพิ่มปริมาณอย่างมากมาเกิดเป็นเมือกเยิ้มหรือน้ำและขึ้นๆ ปกคลุมบริเวณแผลทั้งหมดไว้ (ไพโรจน์, 2525) (ภาพที่ 1)

ปัจจุบันได้มีผู้ทดลองนำยาพวกปฏิชีวนะ (antibiotics) เช่น แอกริมัยซิน (agrimycin) และแอกริสเตรป (agristrep) มาใช้ทั้งโดยการฉีดพ่นให้กับพืชในแปลงหรือจุ่มแช่พืชผลที่ได้เก็บเกี่ยวแล้วปรากฏว่าป้องกันการเกิดโรคได้ผลดี สำหรับภาชนะที่ใช้บรรจุ เช่น ข่ง กระบุง ตะกร้า หรือถุงพลาสติก หากจำเป็นต้องใช้ของเก่าเพื่อความปลอดภัยจากโรค ก่อนนำไปบรรจุควรฆ่าเชื้อโดยนำไปจุ่มแช่ลงในน้ำยาฟอรัมาลิน-เมอร์คิวริกคลอไรด์ หรือสารละลายจุนสีอย่างใดอย่างหนึ่งเสียก่อน



ภาพที่ 1 วงจร โรคเน่าและของผักที่เกิดจากเชื้อ *Erwinia* spp.
แหล่งข้อมูล: ไพโรจน์ (2525)

โรคเน่าดำ (black rot)

สภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและมีฝนตกเป็นระยะ ทำให้มีความชื้นสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการระบาดของโรคเน่าดำ ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย สามารถสร้างความเสียหายให้กับพืชผักหลายชนิด ได้แก่ พืชตระกูลกะหล่ำและผักกาด เช่น กวางตุ้ง กะหล่ำดอก กะหล่ำปลี คื่นช่าย บร็อคโคลี่ ผักกาดขาวปลี ผักกาดเขียว ผักกาดหัว เกษตรกรควรหมั่นสำรวจแปลงอย่าสม่ำเสมอ เพื่อที่จะสามารถควบคุมโรคได้ทันที

สาเหตุของโรค: *Xanthomonas campestris*

อาการโรค

ลักษณะของโรคที่เกิดหลังการเก็บเกี่ยวโดยทั่วไป หากทำการผ่าตามขวางของพืชจะพบบริเวณเน่าสีน้ำตาลดำ ตามส่วนของท่อน้ำท่ออาหารแต่จะไม่มีกลิ่นเหม็น ในพืชที่แสดงอาการรุนแรงเนื้อเยื่ออาจถูกทำลายจนมีลักษณะแห้งเป็นสีดำก็ได้

การเข้าทำลายของเชื้อและการเกิดโรค

ลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อในสภาพธรรมชาติ จะเข้าทำลายที่ปากใบหรือรูคายน้ำที่ขอบใบ รวมทั้งสามารถเข้าสู่พืชทางบาดแผลที่เกิดจากการตัด หรือแมลงทำลายอีกด้วย และยังแพร่ระบาดไปตามส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ในเวลาอันสั้น

2.4 แบคทีเรียสาเหตุโรคพืช

2.4.1 ลักษณะของแบคทีเรียสาเหตุโรคพืช (Characteristics of phytopathogenic bacteria)

1. เซลล์เป็นแบบเดี่ยว นิวเคลียสไม่มีเยื่อ nuclear membrane หุ้ม เรียกว่า nucleoid
2. องค์ประกอบภายในเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสร้างและสังเคราะห์โปรตีน ที่มีชื่อว่า ribosomes เป็นชนิดที่เรียกว่า 70 S (S=Svedberg unit เป็นค่าคงที่ของการตกตะกอน)
3. ภายในเซลล์ไม่มี mitochondria สำหรับสร้างพลังงานให้กับเซลล์แต่มีโครงสร้างที่เรียกว่า mesosome ซึ่งเกิดการพับซ้อนของเยื่อหุ้ม cytoplasm ที่ทำหน้าที่เก็บพลังงานแทน
4. ทวีจำนวนโดยการแบ่งตัว binary fission

2.4.2 เซลล์แบคทีเรียสาเหตุโรคพืช

ประกอบด้วยส่วนต่างๆและโครงสร้างที่สำคัญต่อบทบาทในการทำให้เกิดโรคพืชดังนี้ (Vidaver and Lambrecht, 2004.)

1. ส่วนชั้นผิว (Cell surface complex)
 - 1.1 Cell envelope: หมายถึง ส่วนที่ทำหน้าที่หุ้มโครงสร้างและองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเซลล์ทั้งหมด ได้แก่
 - Plasmic membrane หรือ cytoplasmic membrane หรือ inner membrane
 - Peptidoglycan: เป็นโครงสร้างที่ทำหน้าที่เสมือน cell wall ของแบคทีเรีย
 - Outer membrane: เป็น โครงสร้างที่พบในเฉพาะแบคทีเรียแกรมลบ เท่านั้น ประกอบด้วย lipopolysaccharide (LPS), lipoprotein, phospholipid และโปรตีนต่างๆซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรตีนลำเลียง (transport protein) และ receptor
 - 1.2 Periplasmic space: เป็น ช่องว่างระหว่างชั้น peptidoglycan และ outer membrane เป็นชั้นที่มีโปรตีนหลายชนิดที่เป็นเอนไซม์

1.3 Capsule /slime layer ประกอบด้วย polysaccharides บางครั้งเรียกว่า extracellular polysaccharide (EPS) โครงสร้างนี้ช่วยป้องกันเซลล์และมีบทบาทในเรื่อง pathogenesis ดังนี้

- ทำหน้าที่เป็น virulence factor โดยทำให้เชื้อนั้นมีความรุนแรงหรือเป็น virulence strain
- EPS เมื่อถูกสร้างในปริมาณที่มากในขณะที่แบคทีเรียเจริญในท่อลำเลียง (vascular system) ทำให้เกิดอาการอุดตันเช่น *Clavibacter michiganensis* ทำให้เกิดโรคเหี่ยวในมะเขือเทศ
- EPS มีบทบาทในการเกิดแผลน้ำเน่า (watersoak) ในพืช

1.4 Surface appendages = flagella, fimbriae, protuberances: ยื่นออกมาจาก inner membrane ทำหน้าที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า แบคทีเรียสาเหตุโรคพืชเกือบทั้งหมด ยกเว้นจีส *Clavibacter (Corynebacterium)* มีการเคลื่อนที่โดยใช้โครงสร้างที่เรียกว่า หาง (flagella) ชนิดของ flagella ที่พบในแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชมีดังนี้

- Flagella ที่ออกมารอบตัว เรียกว่า peritrichous เช่นที่พบในจีส *Erwinia* และ *Agrobacterium*
- Flagella ที่ออกมาจากขั้วด้านเดียว หรือสองด้านเรียกว่า polar flagella (monotrichous/liphotrichous) เช่น ที่พบในจีส *Pseudomonas* หรือ *Xanthomonas* โดยจำนวน Flagella มีตั้งแต่ 1 เส้นขึ้นไปจนถึงหลายเส้น
- Fimbriae (pili) มีลักษณะสั้นกว่า flagella แต่ละเซลล์จะมี pili จำนวนมากน้อยแตกต่างกัน
- Protuberance = LPS vesicles ถูกที่โป่ง ปลดปล่อยออกมาระหว่างพัฒนาการโรค จากการตอบสนองต่อพืช

2. ส่วนที่อยู่ภายในเซลล์ (Peripheral ribosomal area)

2.1 Mesosome คือ ส่วนที่ยื่นออกมาจาก cell wall เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของแบคทีเรีย

2.2 Ribosome ทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีนให้แก่เซลล์ ประกอบด้วย RNA 60 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นชนิด 70S ประกอบด้วย 2 subunits คือ 50S และ 30S ไรโบโซม

2.3 Granular inclusion ลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ (granules) พบกระจายอยู่ภายในเซลล์ ทำหน้าที่เก็บสำรองพลังงานหรือส่วนประกอบซึ่งจะเป็น โครงสร้าง

บางชนิดภายในเซลล์ Vacuole บรรจุของเหลวเช่น เอนไซม์ หรือแก๊ส เป็น โครงสร้าง ที่ช่วยให้เกิดการลอยหรือจมของเซลล์แบคทีเรียได้

2.4 Plasmid เป็นสารพันธุกรรมที่อยู่นอกโครโมโซม (extrachromosomal DNA) แบคทีเรียที่มีพลาสมิดส่วนใหญ่จะมีคุณสมบัติพิเศษ เช่น ดำรงชีพใน สภาพแวดล้อม ได้ดีขึ้น และสามารถต้านทานสารปฏิชีวนะ มียีนควบคุมการสร้าง toxin กำหนด race ของแบคทีเรีย การต้านทานต่อสารเคมี และควบคุมการ สร้างสาร bacteriocin

3. ส่วนของ Central nucleoid สิ่งมีชีวิตพวกโปรคาริโอตไม่มีนิวเคลียสที่แท้จริงเหมือน ในพวกยูคาริโอต บริเวณนิวเคลียสจะประกอบด้วยสาร DNA เป็น double strand พัน เป็นกระจุกเป็นวงกลม โดยไม่มี membrane ห่อหุ้ม (without nuclear membrane)

2.5 วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวพืชผัก

การเก็บเกี่ยวพืชผักนับเป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขต อากาศร้อน ทำให้พืชผักเกิดการเน่าเสียได้ง่าย ดังนั้นเพื่อให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ มีคุณค่าทางอาหาร มี รูปร่างลักษณะและรสชาติที่ดีที่สุดถึงมือผู้บริโภค จึงต้องมีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวอย่างถูกต้อง และเหมาะสม การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมมีขั้นตอนการปฏิบัติ ดังนี้

1. การล้างทำความสะอาด

ผักกินใบ ผักกินราก และหัว ควรล้างผลผลิตก่อนนำส่งตลาด เพื่อล้างดินที่ติดมากับราก และใบออก โดยตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียออกก่อนจากนั้นจึงล้างด้วยน้ำ ซึ่งน้ำที่ใช้ควรเป็นน้ำ สะอาด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่มาจกน้ำ การล้างทำความสะอาดทำได้ 3 วิธี คือ

- การแช่ คือ การนำผลผลิตแช่ในน้ำหรือน้ำที่มีสารประกอบอื่นที่ช่วยในการทำความสะอาด ช่วยฆ่าเชื้อ ซึ่งการแช่จะทำให้เศษดินและสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ในผลผลิตพองตัว และหลุดออกไป

- การแกว่ง คือ การล้างโดยการเคลื่อนไหวน้ำในน้ำ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ การชำระล้างสิ่งสกปรกให้หลุดออกไป อาจทำได้หลายวิธีเช่น วางผลผลิตบนสายพาน ที่เลื่อนผ่านลงไปใต้น้ำ หรือการบรรจุผลผลิตลงไปใต้น้ำที่มึ้นรอบแล้วหมุนลงไปใต้น้ำ เป็นต้น

- การฉีดหรือพ่นด้วยน้ำที่มีความแรงลงไปบนผลผลิต ซึ่งระดับความแรงของน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต

2. การตัดแต่ง

ผักบางชนิด เช่น ต้นหอม กระหล่ำปลี ผักกินรากต่างๆ เป็นต้น ควรมีการตัดแต่งส่วนที่เน่าเสียและส่วนที่ผิดปกติในขณะที่เก็บเกี่ยว เพื่อให้ผลผลิตมีลักษณะภายนอกและคุณภาพดี และช่วยลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการขนย้าย ช่วยลดความเสียหายที่อาจขยายเพิ่มขึ้นจากส่วนที่เน่าเสียที่มีอยู่เดิมก่อนขนส่ง

3. การคัดขนาดและคุณภาพ

โดยปกติผักแต่ละชนิดจะจัดแบ่งระดับไว้ประมาณ 3-5 เกรด อย่างไรก็ตาม ผู้รับซื้อส่วนใหญ่มักกำหนดชั้นคุณภาพของผลผลิตที่ต้องการไว้แล้ว ดังนั้นเกษตรกรจึงควรทำการคัดคุณภาพแบบบรรจุหีบห่อ แยกตามชั้นคุณภาพที่ได้ตกลงกันไว้

4. การบรรจุ

โดยทั่วไปนิยมใช้แข่งแบบต่างๆ บรรจุขนย้ายผัก เพราะสะดวก หาง่าย ราคาถูก แต่จะมีข้อเสียคือทำให้ผักบอบช้ำและเน่าเสียได้ง่าย ปัจจุบันเริ่มมีการใช้กล่องกระดาษหรือลังพลาสติก เพื่อบรรจุขนย้ายผลผลิตที่ผ่านการคัดเลือกรับขนาดและคุณภาพแล้ว

5. การขนย้ายและการเก็บรักษา

การขนย้ายและเก็บรักษาผักสด ควรทำอย่างเหมาะสมและถูกต้อง เพื่อรักษาคุณภาพไว้ให้ดีที่สุด การขนย้ายต้องทำด้วยความระมัดระวังทุกระยะ ทั้งช่วงที่ขนย้ายผักออกจากแปลงสู่บริเวณคัดบรรจุผัก และจากบริเวณคัดบรรจุผักลงสู่ตลาด เนื่องจากรอยขีด รอยฉีกขาด เป็นสาเหตุที่ทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น การขนย้ายและการเก็บรักษาควรทำในห้องเย็น แต่เนื่องจากต้นทุนสูง จึงควรพิจารณาตามความเหมาะสมของผักแต่ละชนิด

2.6 การสูญเสียของผลผลิตหลังการวางจำหน่าย

นับตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนถึงนำไปบริโภค ผลผลิตสวนเกิดความเสียหายหรือสูญเสียได้ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ เพราะผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมาแล้วยังเป็นส่วนของพืชที่มีชีวิตซึ่งหายใจอยู่ จึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา แต่ก็สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงให้ช้าลงได้บ้าง แต่จะค่อย ๆ หมดยาวลงทุกทีด้วยการสุกงอม จนในที่สุดเซลล์ก็จะแตกเน่าเสียจนหมดสิ้นไป ผลไม้ ผัก ไม้ดอก ที่มีปริมาณน้ำสูง จะเหี่ยวและช้ำง่ายมาก ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายได้รวดเร็วมากด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสรีระของผลผลิตมีความแตกต่างกัน จึงทำให้การรักษาคุณภาพเพื่อยืดอายุความสดต้องแตกต่างกันไปด้วยตามชนิดของผลผลิต ผลผลิตซึ่งได้รับการเก็บเกี่ยวมาแล้ว จะไม่มีการเพิ่มปริมาณหรือคุณภาพขึ้นได้อีกเลย เพราะผ่านขั้นตอนการผลิตมาแล้ว จะมีก็แต่การ

ระมัดระวังและรักษาให้คุณภาพและปริมาณคงที่อยู่ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เท่านั้น การสูญเสียในตอนนี้เป็นการสูญเสียทั้งหมดของผู้ประกอบการการผลิตซึ่งก็คือเกษตรกรและผู้ขาย เพราะได้ลงทุนและใช้เวลาให้กับการผลิตมาตั้งแต่ต้น แต่เมื่อถึงขั้นสุดท้ายกลับต้องสูญเสียไปอย่างไม่คุ้มค่า

2.6.1 ปัจจัยที่ทำให้ผลิตผลเปลี่ยนคุณภาพ

1. การหายใจ เป็นขบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของเอนไซม์ ที่จะเปลี่ยน โครงสร้างของอาหารจำพวกแป้ง โปรตีนและไขมันที่พืชสะสมไว้แล้วก็ปล่อยพลังงานออกมาและสร้างคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นด้วย อัตราการเน่าเสียจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอัตราของการหายใจ การสูญเสียอาหารของผลิตผลที่เก็บเกี่ยวมาแล้วไป เนื่องจากการหายใจนี้ทำให้คุณค่าทางอาหารลดน้อยลง ทำให้เสียรสชาติโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือความหวาน ทำให้สูญเสียน้ำหนัก และทำให้อาหารในเนื้อเยื่อของผลิตผลลดน้อยลง เป็นเหตุให้ผลิตผลสุกอมแล้วเซลล์แตกตายไปในที่สุด การหายใจจะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งความร้อนนี้ถ้าสะสมไว้โดยไม่มีทางระบายออกไปได้และเน่าเสียด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ผลิตผลจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ จนเนื้อเยื่อถูกทำลายและเกิดการตายและเน่าเสียขึ้น ภายหลังเก็บเกี่ยวและเก็บผลิตผลไว้ในที่จำกัด เช่น การเก็บในโรงเก็บ ในถุงพลาสติก หรือในหีบห่อ การกระจายตัวของความร้อนจะถูกจำกัด เมื่อไม่มีทางระบายความร้อนออกไปได้ ความสูญเสียจึงเกิดขึ้น

2. การคายน้ำ ผลไม้สดและผักสด ประกอบด้วย น้ำเป็นส่วนใหญ่ (80 เปอร์เซ็นต์หรือมากกว่า) หลังการเก็บเกี่ยวแล้วจึงเกิดกระบวนการคายน้ำขึ้น ซึ่งส่งผลให้การสูญเสียน้ำจากผลิตผล การสูญเสียน้ำทำให้น้ำหนักลดลง ยิ่งสูญเสียน้ำเพิ่มขึ้นรูปร่างและความยืดหยุ่นของผลิตผล จะยิ่งลดลงจนอ่อนนุ่มและเหี่ยวแห้งไป

3. ผลของความชื้น หากต้องการยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลสดใด ๆ ก็ตาม จะต้องชะลอขบวนการหายใจและ จุดอิมตัวต่ำ ณ ที่อุณหภูมิใด ๆ เรียกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ และอากาศแห้งโดยสิ้นเชิง คือ ความชื้นสัมพัทธ์ 0 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น ถ้าบรรยากาศโดยรอบมีความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ และบรรยากาศภายในผลิตผลมีความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ใอน้ำจะสูญเสียให้กับอากาศที่อยู่โดยรอบ อากาศโดยรอบนี้ถ้ายิ่งแห้ง การสูญเสียน้ำของผลิตผลผ่านทางขบวนการคายน้ำก็จะยิ่งเร็วขึ้น เพราะฉะนั้นหากสามารถควบคุมอิทธิพล ที่มีต่อการคายน้ำ โดยการเก็บผลิตผลไว้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูงมาก ๆ ก็จะสามารถช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวได้มาก

4. ผลของอุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อขบวนการหายใจ การรักษาอุณหภูมิของผลิตผลให้อยู่ในระดับต่ำ ทำให้ขบวนการหายใจลดลง เป็นการช่วยยืดอายุหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลได้ทางหนึ่ง อุณหภูมินอกจากมีอิทธิพลต่อการหายใจแล้ว ยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลิตผลด้วย การเก็บผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิเกิน 40 องศาเซลเซียส จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อ ถ้าเก็บที่ 60 องศาเซลเซียส ขบวนการเกี่ยวกับเอนไซม์ทุกชนิดจะหยุด และผลิตผลก็จะตาย ความเสียหาย เนื่องจากอุณหภูมิสูง

5. การเกิดแผลและการช้ำ การเกิดแผลและการช้ำของผลิตผล นอกจากทำให้เซลล์แตกและเนื้อเยื่อเสียหายแล้ว ยังทำให้สูญเสียน้ำ การระมัดระวังมิให้เกิดแผลและการช้ำ กระทำได้โดยใช้ความระมัดระวังในการเก็บเกี่ยว การขนส่งและการบรรจุหีบห่อ อีกอย่างคือ อย่าปนผลิตผลที่ได้รับความเสียหายดังกล่าวลงในกล่องผลิตผลอื่นภายในหีบห่อ ยานพาหนะขนส่ง และโรงเก็บรักษาเดียวกัน การเกิดแผลชนิดขีด จากการเก็บเกี่ยวจนถึงการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวทำให้สูญเสียน้ำเร็วและเป็นทางให้เชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายได้ง่ายยิ่งขึ้นด้วย

6. การระบายอากาศ ผลิตผลสดเมื่อเก็บรักษาไว้ในปริมาณมาก โดยไม่มีการระบายอากาศและควบคุมอุณหภูมิพอเพียงอาจก่อให้เกิดบรรยากาศผิดปกติ ซึ่งไปลดระดับออกซิเจนลงและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น การป้องกันสามารถทำได้โดยการจัดให้มีการระบายอากาศที่เพียงพอในโรงเก็บ ในการบรรจุผลไม้และผักในกล่องหรือภาชนะบรรจุต่าง ๆ ต้องมีรูเจาะไว้เพื่อระบายคาร์บอนไดออกไซด์ ออกบ้าง อย่าเก็บรักษาผลิตผลจำนวนมากโดยปราศจากระบบระบายอากาศเป็นระยะ ๆ

2.6.2 การเสื่อมเสียของผักและผลไม้แปรรูปต่ำ

การสูญเสียความชื้น น้ำหนัก และความแน่นเนื้อ การเปลี่ยนสี เช่น การเหี่ยวของผักและผลไม้ การเสื่อมเสียจากเอนไซม์ ยกตัวอย่างเช่น การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลโดยเอนไซม์ polyphenol oxidase และเอนไซม์จำพวก cellulases, proteolytic, amylases, peroxydases ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ความนุ่ม รสชาติและกลิ่นรส การเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ ยกตัวอย่างเช่น เชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* ซึ่งสามารถย่อยเพคตินทำให้เกิดการเน่าเสียในผัก และมักให้กลิ่นเหม็นรุนแรง การเสื่อมจากปฏิกิริยาทางชีวเคมี ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการหายใจของพืช การสุกของผลไม้ การแตกหน่อ การออกราก การเจริญเติบโต เช่น การเจริญขยายความยาวของหน่อไม้ฝรั่ง นอกจากนี้การเก็บอาหาร

ไว้ที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมยังทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ เช่น chill injury, freeze injury, height temperature injury และ solar injury

2.7 การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว

1. การใช้น้ำร้อน (Heat treatment)

การใช้น้ำในการล้างและกำจัดสิ่งสกปรกที่ผิวผักและผลไม้จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา เพราะช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวได้ การใช้น้ำร้อนและไอน้ำร้อนการใช้ความร้อนเป็นวิธีการหนึ่งที่น่ามาทดแทนสารเคมี เนื่องจากสารเคมีมีพิษต่อมนุษย์การใช้ความร้อนนอกจากมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อยังกระตุ้นความต้านทานด้วย ซึ่งผักกาดหอมห่อหุ้มขึ้นที่จุ่มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเป็นระยะเวลาสั้น ๆ มีจำนวนจุลินทรีย์ปนเปื้อนเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด (บวรศักดิ์, 2545) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำร้อนไม่มีสารตกค้างที่ส่งผลในการป้องกันการเข้าทำลายที่จะเกิดขึ้นใหม่ และอาจก่อให้เกิดเสียหายจากความร้อนได้ โดยทำให้การเปลี่ยนสีของผลผิดปกติ ลดอายุการเก็บรักษา และอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของจุลินทรีย์อื่น (Edney and Burchill, 1967)

โดยทั่วไปจุลินทรีย์แต่ละชนิดทนความร้อนได้ไม่เท่ากัน จุลินทรีย์บางชนิดทนความร้อนได้สูงมากสามารถเติบโตเพิ่มจำนวนและสร้างสารพิษได้ที่อุณหภูมิสูง บางครั้งแม้ตัวจุลินทรีย์ถูกทำลายแต่สปอร์และสารพิษยังคงอยู่ ทำให้อาหารเป็นพิษได้ เช่น *Clostridium botulinum* ในขณะที่ผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิดมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่ต่างกันเมื่อถูกความร้อนจะเกิดปฏิกิริยาและการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันมีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมีและคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน ดังนั้นการแปรรูปอาหารโดยใช้ความร้อนจำเป็นต้องใช้ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมกับผลผลิตทางการเกษตรแต่ละชนิด และที่สำคัญต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (จิราภรณ์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์)

2. การใช้น้ำไอโซน

ไอโซน (O_3) เป็นก๊าซที่มีความไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี สามารถทำให้อยู่ในรูปสารละลายโดยผ่านก๊าซไอโซนในน้ำอย่างต่อเนื่อง ระดับที่ให้อยู่ระหว่าง 0.5–4.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แต่เนื่องจากมีช่วงครึ่งชีวิตเพียง 15 นาที ทำให้ไม่สามารถเก็บไว้ได้ ต้องผลิตเมื่อต้องการใช้มีการใช้ไอโซนซึ่งได้รับการรับรองแล้วว่าเป็นสารที่มีความปลอดภัยที่จะนำมาใช้กับอาหาร (Generally Recognized as Safe- GRAS) (Xu, 1999) ต่อมาในปี ค.ศ. 2001 U.S. Food and Drug Administration (FDA) ได้อนุญาตให้ใช้ไอโซนเป็นสารฆ่าเชื้อเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาของ

ผลิตภัณฑ์ และใช้ในกระบวนการแปรรูปอาหารในรูปของแก๊สและของเหลวที่สัมผัสกับอาหารได้โดยตรง รวมไปถึงสามารถใช้กับวัตถุดิบ และการแปรรูปผักและผลไม้ได้ โดยโอโซนสามารถยับยั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคได้หลากหลายชนิดกว่าคลอรีน (จิราภรณ์, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) เพราะมีคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์ที่แรงกว่าคลอรีนและสารทำความสะอาดอื่นจึงเกิดปฏิกิริยาได้ดี (กานดา, 2555) การเก็บรักษาโดยใช้โอโซนสามารถป้องกันการเจริญของเชื้อรา แบคทีเรียในอากาศหรือที่ผิวผลิตภัณฑ์ และยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ได้ โอโซนมีคุณสมบัติที่สามารถละลายน้ำได้ดีกว่าก๊าซ โดยละลายเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ โดยจะทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับผนังเซลล์ และยังสามารถสลายตัวได้เองโดยอัตโนมัติ ทำให้มีพิษตกค้างน้อย นอกจากนี้โอโซน (O₃) ยังช่วยรักษาความสดของผักผลไม้และอาหารทะเลได้นานขึ้น การล้างผักด้วยน้ำโอโซนเป็นเวลานาน 15-20 นาที จะทำให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าผัก ผลไม้ และอาหารทะเลที่รับประทานมีความปลอดภัยจากสารพิษและเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค โอโซนยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการลดสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตกค้างในผลลำไยสด (กานดา และคณะ, 2547), ลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ และสาร aflatoxin ในสมุนไพรบางชนิด (พรรณวลัย, 2551), ลดสารกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้าง เช่น methyl-parathion, cypermethrin, parathion, diazinon (Wu *et al.*, 2007) และ chlorpyrifos (อัจฉรา, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) เป็นต้น แต่ก็มีข้อควรระวังในการใช้คือ เนื่องจากโอโซน เป็นอันตรายต่อมนุษย์หากได้รับต่อเนื่องที่ความเข้มข้นเกิน 4 ppm จึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับและเตือนและควรมีระบบระบายอากาศในบริเวณที่ปฏิบัติงานด้วยแล้วโอโซนยังสามารถกักกรองวัสดุต่างๆ ได้ จึงต้องใช้ภาชนะที่ทำจากสแตนเลส ส่วนน้ำที่ใช้ต้องผ่านการกรอง เพื่อลดปริมาณสิ่งเจือปน เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อลดลง มีการใช้น้ำโอโซนทดแทนคลอรีน ในการทำความสะอาดขวดบรรจุน้ำดื่ม โดยพบว่าที่ 20 ppm สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหารได้หลายชนิด มีรายงานการใช้ก๊าซ โอโซน ร่วมกับบรรจุภัณฑ์แบบ MAP (Modified Atmosphere Packaging) กับหัวหอมสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ และยืดระยะเวลาการวางจำหน่ายได้นานขึ้น แต่การทดลองในกล้วยหอมพบว่าทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลและทำให้หัวแครอทมีสีซีดลงเมื่อได้รับเป็นเวลานาน

3. การใช้คลอรีน

คลอรีนเป็นสารเคมีที่มีการใช้ทำความสะอาดมานาน มักอยู่ในรูปสารละลายที่เตรียมจากโซเดียมคลอไรด์หรือแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งเมื่อละลายน้ำจะให้ available chlorine หรือ free chlorine ซึ่งเป็นคลอรีนที่ออกฤทธิ์จริง โดยทั่วไปนิยมใช้คลอรีนในการล้างผักและผลไม้ โดยใช้ในรูปแบบของสารละลายไฮโปคลอไรด์ ปริมาณ 50-200 ppm (Active chlorine) เช่นนาน 1-5 นาที ปัจจัยสำคัญที่มีผลให้ปริมาณ available chlorine สูงขึ้นคือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือ pH ของสารละลาย ควรอยู่ระหว่าง 6-7.5 โดยปรับค่า pH ด้วยกรดซิตริก อุณหภูมิของสารละลายก็มีความสำคัญ พบว่าที่อุณหภูมิต่ำ 8-10 องศาเซลเซียส จะให้ค่าที่ดีกว่า ในกรณีที่น้ำที่ใช้มีสิ่งเจือปนอยู่มากก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อต่ำลง และเชื้อแต่ละชนิดก็มีความทนทานต่อคลอรีนไม่เท่ากันด้วย อย่างไรก็ตามไม่ควรนำน้ำที่ใช้ในการล้างผักและผลไม้กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ เพราะจะทำให้มีการสะสมของจำนวนจุลินทรีย์มากขึ้น และเป็นการเพิ่มการปนเปื้อนให้กับตัววัตถุดิบ (Hulland, 1980) สารอินทรีย์ที่สะสมในน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพของคลอรีนลดลง นอกจากนี้จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้านทานต่อคลอรีนลดลง นอกจากนี้จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีความต้านทานต่อคลอรีนที่แตกต่างกัน *Listeria monocytogenes* มีความต้านทานต่อคลอรีนมากกว่า *Salmonella* และ *Escherichia coli* O157:H7 (Burnett and Beuchat, 2001) ส่วนสปอร์ของแบคทีเรียมีความต้านทานต่อคลอรีนสูงกว่าเซลล์ปกติ การเพิ่มปริมาณคลอรีนในน้ำล้างที่นำกลับมาใช้ จึงไม่มีประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย สำหรับผลไม้ การล้างด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ ร่วมกับการขัดถู หรือการแช่ในน้ำร้อน อาจช่วยลดจุลินทรีย์ที่ผิวลงได้ นอกจากสารประกอบคลอรีนแล้ว ยังมีสารอีกหลายชนิดที่นิยมนำมาใช้กับผักและผลไม้ เช่น คลอรีนไดออกไซด์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ หรือแอมโมเนียเกิดเป็นคลอรามินซึ่งเป็นสารที่เป็นพิษ Food and Drug Administration แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) อนุญาตให้ ใช้คลอรีนไดออกไซด์ ในการล้างผักและผลไม้

ผลการศึกษาการจุ่มผักกาดหอมหั่นชิ้นในสารละลายคลอรีนที่ระดับความเข้มข้น 0, 25, 50, 75 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที พบว่าที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากกว่าที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในทุกระดับความเข้มข้น โดยสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 2 log cfu/g เนื่องจาก

จุลินทรีย์ในผักกาดหอมเป็นชนิดที่ไม่ทนความร้อน ได้แก่ *Pseudomonas*, *Serratia* และ *Erwinia* (Delaquis *et al.*, 2004) เช่นเดียวกับผลการศึกษาเพื่อลดจำนวน *L. monocytogenes* ในผักกาดหอมและกะหล่ำปลีหั่นชิ้นที่จุ่มในสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 4 และ 22 องศาเซลเซียส พบว่าในผักกาดหอมหั่นชิ้นมีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง 1.3 and 1.7 log cfu/g และในกะหล่ำปลีหั่นชิ้นลดลง 0.9 and 1.2 log cfu/g ตามลำดับ (Zhang and Faber, 1996)

4. การใช้ด่างทับทิม

ด่างทับทิม (Potassium permanganate) มีลักษณะเป็นเกล็ดหรือผลึกสีม่วงเข้ม เป็นสารประกอบอโลหะ สามารถละลายน้ำได้ดี แตกตัวเป็นโปตัสเซียมไอออน (K⁺) และเปอร์แมงกาเนตไอออน (MnO₄⁻) ตัวหลังนี้เป็น oxidizing agent อย่างแรง คือเป็นตัวกัดกร่อนหรือย่อยสลายสารอื่น ๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ เมื่อย่อยสลายหรือออกซิไดซ์สารอื่นแล้วจะได้แมงกานีสออกไซด์ (MnO₂) ให้สีชมพูหรือม่วงเข้ม เป็นสารประกอบประเภทเกลือ มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อน ๆ ประโยชน์ของด่างทับทิมในครัวเรือนในฐานะยาฆ่าเชื้อโรค โดยจะเจาะทำลายผนังชั้นนอกของเซลล์ (Waddell and Mayer, 2003) และสร้างสารประกอบอื่นขึ้นมาแทนสารอินทรีย์ต่าง ๆ ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต นิยมนำมาล้างและแช่ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ประเภทต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณ 20-30 เกล็ดผสมน้ำ 4 ลิตร แช่ไว้ประมาณ 10 นาที แล้วล้างด้วยน้ำสะอาดสามารถลดสารพิษลงได้ 35-43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่เพียงแต่ฆ่าเชื้อโรคเท่านั้น แต่ยังสามารถล้างสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้ด้วย อย่างไรก็ตามความสามารถในการทำลายของด่างทับทิม ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ และระยะเวลาที่ใช้แช่ ข้อจำกัดคือการใช้ด่างทับทิมในปริมาณที่มากเกินไปจะเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินอาหาร และหากสูดดมไอระเหยของด่างทับทิมเข้าไปมากก็จะทำให้ระบบทางเดินหายใจติดขัดได้ รวมถึงหากเข้าตาอาจทำให้ตาบอดได้ (สุทธิรักษ์, 2556)

มีผลการศึกษาวาด่างทับทิมสามารถชะลอการสุกของน้อยหน่า (Chaves *et al.*, 2007) และยืดอายุการเก็บรักษากีวี (Bal and Celik, 2010), มะละกอ (Daniecele *et al.*, 2009), เอปrikอต (Saira *et al.*, 2009), มะเขือเทศ (Nasrin *et al.*, 2008) ได้

5. การใช้ผงฟู

ผงฟู (Sodium Bicarbonate) มีฤทธิ์เป็นด่างอ่อนๆ มีความสามารถขจัดคราบบนพื้นผิวต่าง ๆ ได้นุ่มนวลไม่กัดกร่อนผิวภาชนะ และปลอดภัยต่อการใช้ นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณในการดูดกลิ่นเหม็น ดูดความชื้น ปรับค่าความเป็นกรดด่าง และยังสามารถฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ โดยใช้ผงฟูผสมน้ำสะอาด แช่ผักและผลไม้ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที หลังจากนั้นก็ล้างน้ำสะอาดตามอีกครั้งสามารถลดสารเคมีตกค้างได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าผสมน้ำอุ่นสามารถลดสารเคมีตกค้างลงได้ 90-95 เปอร์เซ็นต์ ข้อจำกัดของการใช้ผงฟูคือมีส่วนผสมของ โซเดียมอยู่และอาจดูดซึมเข้าสู่ผักหรือผลไม้ และหากล้างไม่สะอาดการได้รับผงฟูในปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ท้องเสียได้

วิญญู และคณะ (2546) ได้ศึกษาการลดปริมาณมาลาโทออนและเมทิล-พาราโทออนที่ตกค้างบนกะหล่ำปลี โดยใช้วิธีการแช่ผักในน้ำ แช่ในน้ำผสมด่างทับทิม แช่ในน้ำผสมผงฟู และแช่ในน้ำพร้อมฟันไอโซน ผลการวิเคราะห์พบว่า ประสิทธิภาพการลดสารตกค้างทั้งสองชนิดด้วยวิธีการแช่ผักกะหล่ำปลีในน้ำผสมผงฟู สามารถลดปริมาณของมาลาโทออนและเมทิลพาราโทออนได้มากที่สุด ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ การแช่ผักในน้ำที่ฟันไอโซนมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับการแช่ในน้ำผสมด่างทับทิม (ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์) โดยที่ทั้งสองวิธีนี้มีข้อเสียคือ พบว่าไอโซนสามารถ ทำให้มาลาโทออนกลายเป็นมาลาออกซอนและเมทิล-พาราโทออนกลายเป็นพาราออกซอน ซึ่งมีความเป็นพิษมากกว่ามาลาโทออนและเมทิลพาราโทออน ในขณะที่ด่างทับทิมมีผลทำให้ผักมีสีและลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม ส่วนการแช่ผักในน้ำธรรมดามีประสิทธิภาพการลดสารดังกล่าวต่ำที่สุดคือสามารถลดได้ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น นอกจากนี้ผงฟูยังสามารถลดการเสื่อมและยืดอายุของแคนตาลูปหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Aharoni *et al.*, 1997) และยังสามารถลดการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวของลูกแพร์ (Yao *et al.*, 2004), องุ่น (Karabulut *et al.*, 2004), เชอร์รี่ (Karabulut *et al.*, 2005), ส้ม (Obagwu and Korsten, 2003), แอปเปิ้ล (Conway *et al.*, 2005), ลูกพีช (Droby *et al.*, 2003), ส้มแมนดาริน (Palou *et al.*, 2002)

6. การใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์

น้ำอิเล็กโทรไลต์ (electrolyzed water) เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายเกลือเจือจาง ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีชนิดพิเศษ เกิดเป็นสารประกอบที่มีไอออน ซึ่งน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่นำมาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์คือน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีสภาพเป็นกรด (electrolyzed oxidizing water, น้ำ EO) เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อแบบอื่นแล้ว จะพบว่าน้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีที่มีสภาพเป็นกรดนี้สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้เร็วกว่าการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อแบบอื่น น้ำ EO สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแบบ ได้แก่

- การใช้น้ำ EO ยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ โดยกระบวนการออกซิเดชันที่เกิดขึ้นจะทำลายเซลล์เมมเบรนของเชื้อ ขัดขวางกระบวนการเมตาบอลิซึมในเซลล์ และฆ่าเซลล์ได้ โดยเฉพาะการทำลายเชื้อแบคทีเรียหลากหลายสายพันธุ์ เช่น *Pseudomonas* sp., *Vibrio* sp., *Staphylococcus* sp., *Salmonella* sp., *Bacillus* sp., *Listeria* sp., *Escherichia coli* O157:H7, *Campylobacter* sp. และ *Enterobacter* sp. เป็นต้น (จามรี, 2555)
- การใช้น้ำ EO ยับยั้งการเจริญและกิจกรรมของ blood-virus โดยจะมีกลไกการยับยั้ง surface protein, viral nucleic acids encoding ของเอนไซม์ ทำลายสิ่งห่อหุ้มไวรัส และ viral RNA (Morita *et al.*, 2000)
- การใช้น้ำ EO ยับยั้งการผลิตสารพิษของเชื้อจุลินทรีย์ Archer and Young (1988) ได้ทดลองใช้น้ำ EO ทดสอบกับเชื้อ *Staphylococcus aureus* แล้วพบว่าน้ำ EO สามารถฆ่าเชื้อได้ดี และยังสามารถลดปริมาณสารพิษ enterotoxigenic staphylococci ให้น้อยลงได้
- การใช้น้ำ EO ฆ่าเชื้อโรคที่อุปกรณ์ เครื่องมือ และภาชนะในกระบวนการผลิตอาหาร Venkitanarayanan *et al.* (1999a) พบว่าน้ำ EO สามารถลดปริมาณประชากรของเชื้อ *Enterobacter aureus* และ *S. aureus* บนแก้ว สแตนเลส เหล็ก กระเบื้องเคลือบ และกระเบื้องที่ไม่เคลือบได้ เช่นเดียวกับ Walker *et al.* (2005) รายงานว่าน้ำ EO มีประสิทธิภาพในการชำระล้างทำความสะอาดสถานที่ และเครื่องมือเครื่องใช้ใน ระบบการผลิตนมในฟาร์มได้ และ Ayebah *et al.* (2005) รายงานว่าน้ำ EO สามารถยับยั้งการสร้างไบโอฟิล์มของเชื้อ *L. monocytogenes* บนผิวสแตนเลสได้

- การใช้น้ำ EO ฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับผักสดและผลไม้ โดย Nobuo *et al.* (2004) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการใช้น้ำ EO และสารละลายเกลือ NaCl ทำความสะอาดผักและผลไม้ พบว่าน้ำ EO สามารถกำจัดเชื้อแบคทีเรียที่ปนเปื้อนมากับผลผลิต เช่น กะหล่ำปลี คื่นช่าย ผักกาดหอม แตงกวา และผักอื่น ๆ ได้ โดยไม่ทำให้ผลผลิตสูญเสียคุณภาพทางด้านกายภาพ กลิ่น และรสชาติ ซึ่งดีกว่าการใช้สารละลายเกลือ NaCl
- การใช้น้ำ EO ฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ซึ่ง Fabrizio *et al.* (2002) พบว่าการใช้น้ำ EO ทดสอบกับเนื้อสัตว์ปีกด้วยกรรมวิธี spray-washing สามารถลดปริมาณประชากรของเชื้อ *Salmonella typhimurium* ได้ หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 7 วัน และ Muhammad and Sugiyama (2004) รายงานว่าน้ำ EO สามารถใช้ล้างทำความสะอาดอาหารที่ตัดแต่งพวกเนื้อ เป็ด ไก่ ทำให้สามารถเพิ่มความมั่นใจในเรื่องของความปลอดภัยได้ Russell (2003) พบว่าการฉีดพ่นน้ำอิเล็กโทรไลต์บนเปลือกไข่สามารถกำจัดเชื้อ *S. typhimurium*, *S. aureus* และ *L. monocytogenes* ที่ปนเปื้อนมากับเปลือกไข่ได้ ส่วน Ozer and Demirci (2006) ได้ทดลองใช้น้ำ EO ทดสอบกับเนื้อปลาแซลมอนดิบพบว่าสามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* O157:H7 และ *L. Monocytogenes* ได้ และ Ren and Su (2006) ได้รายงานว่าน้ำ EO สามารถลดปริมาณประชากรของเชื้อ *Vibrio* sp. ที่ปนเปื้อนมากับหอยนางรมได้

น้ำ EO มีข้อดีคือมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง เช่น เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา ไวรัส และสามารถยับยั้งการสังเคราะห์ของเชื้อราบางชนิดได้ มีต้นทุนการผลิตต่ำ เมื่อเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อโรคทั่วไป (Mori *et al.*, 1997) มีความปลอดภัยต่อร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าน้ำ EO ที่นำมาใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะมีความเป็นกรดสูง แต่ก็ไม่กัดกร่อนผิวหนัง เมมเบรน หรือส่วนประกอบอินทรีย์ในร่างกาย ซึ่งแตกต่างจากกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟิวริก (Sakurai *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังประหยัดเวลาในการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ และยังใช้งานง่ายอีกด้วย แต่น้ำ EO มีการแพร่กระจายของก๊าซคลอรีน ทำให้มีกลิ่นฉุนรุนแรงและทำให้เกิด synthetic resin degradation (Tanaka *et al.*, 1999) น้ำ EO จะสูญเสียความสามารถในการทำลายเชื้อโรคได้อย่างรวดเร็วหากทิ้งไว้เป็นเวลานาน เนื่องจากไอออนต่าง ๆ จะกลับคืนสู่สภาพเดิม หากไม่ได้รับกระบวนการ electrolysis อย่างต่อเนื่อง

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ (ธีรพร, 2546)

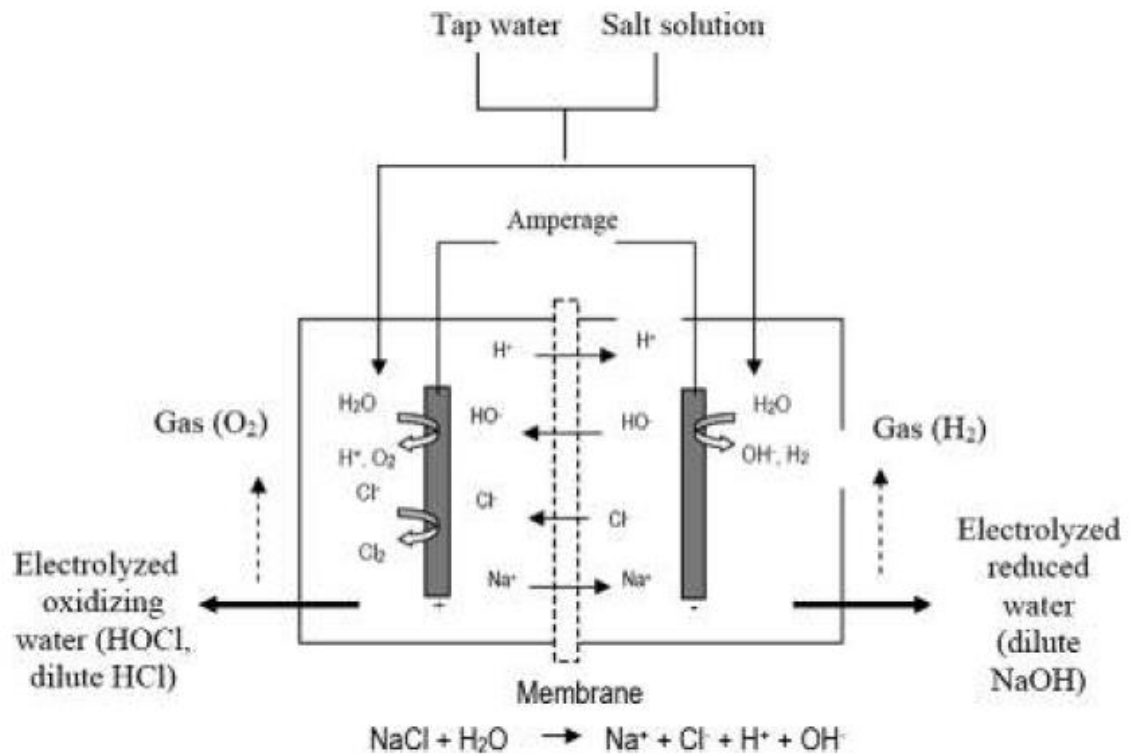
1. ความเข้มข้นของสารเคมี โดยทั่วไปพบว่าที่สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงกว่าจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายจุลินทรีย์ได้ดีกว่าสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่ำและประสิทธิภาพของสารเคมีจะผันแปรแตกต่างกันไปตามกลุ่มของจุลินทรีย์
2. เวลาที่สารเคมีสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ เมื่อระยะเวลาที่สารเคมีสัมผัสกับผลิตภัณฑ์นานขึ้น จะทำให้จุลินทรีย์ถูกยับยั้งหรือทำลายได้มากขึ้นด้วย
3. ค่า pH ของสารฆ่าเชื้อและสภาพแวดล้อมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ เช่น ประสิทธิภาพของสารละลายไฮโปคลอไรต์ จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสัคส่วนในรูปที่เป็นกรดไฮโปคลอไรต์ที่ไม่แตกตัวในสารละลาย และขึ้นอยู่กับค่า pH ของสารละลายกรดไฮโปคลอไรต์ ในรูปที่ไม่แตกตัว สารละลายกรดไฮโปคลอไรต์จะเข้าสู่ภายในเซลล์และทำลายเมตาบอลิซึมของเซลล์โดยการออกซิไดส์สารต่างๆ ถ้าค่า pH ของสารละลายลดลง ปริมาณของกรดที่อยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวจะสูงขึ้นตามไปด้วย
4. ความกระด้างของน้ำ มีผลต่อสารฆ่าเชื้อบางชนิด เนื่องจากผลของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน อาจช่วยป้องกันไม่ให้สารประกอบควอเทอร์นารีแอมโมเนียมไปทำลายเซลล์เมมเบรนของแบคทีเรียได้
5. ปริมาณของจุลินทรีย์ การมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงจะทำให้การฆ่าเชื้อได้ยากขึ้น เมื่อใช้สารฆ่าเชื้อที่มีความเข้มข้นเดียวกัน หากมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นสูงมากต้องใช้สารฆ่าเชื้อที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นหรือใช้เวลาในการสัมผัสนานขึ้นจึงจะทำลายจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
6. ชนิดของจุลินทรีย์ ความทนต่อสารฆ่าเชื้อของจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เช่น คลอรินมีประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรีย สปอร์ของแบคทีเรีย ยีสต์ รา และไวรัส โดยจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อที่ใช้
7. ปริมาณของสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ สารอินทรีย์อาจมีผลปกป้องจุลินทรีย์จากสารฆ่าเชื้อ สารเคมีที่มีสมบัติเป็นสารออกซิไดซิงเอเจนต์ที่รุนแรงจะสามารถทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ได้หลายชนิดและมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ลดลง เช่น คลอรินสามารถออกซิไดส์สารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำได้ แต่ปริมาณที่เติมลงไปนั้นจะต้องมีการคำนวณเพื่อให้มีปริมาณของคลอรินในรูปคลอรินที่เหลืออยู่ (residual chlorine) สามารถให้ผลในการทำลายจุลินทรีย์ได้
8. อุณหภูมิขณะที่ใช้สารฆ่าเชื้อ เนื่องจากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นสารฆ่าเชื้อบางชนิดจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดเฉพาะในช่วงอุณหภูมิหนึ่ง ๆ เท่านั้น

2.9 น้ำอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyzed water)

อิเล็กโทรไลต์ หมายถึง สารละลายที่เกิดจากสารซึ่งละลายในน้ำ แล้วให้สารละลายที่นำไฟฟ้าได้หรือยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ ซึ่งเมื่อละลายน้ำแล้วจะให้ไอออนบวกและไอออนลบมาน้อยแล้วแต่ชนิดของอิเล็กโทรไลต์ ไอออนที่มีประจุบวก เคลื่อนไปสู่คาโทด (cathode) เรียกว่า แคตไอออน (cation) ส่วนไอออนที่มีประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ไปสู่แอโนด (anode) เรียกว่า แอนไอออน (anion) สารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้อาจสารละลายกรด สารละลายเบส สารละลายเกลือก็ได้ หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นสารประกอบไอออนิก และสารประกอบเวเลนซ์ที่ โพลาร์มาก ๆ เป็นต้น

การผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์มีขั้นตอนดังนี้คือ ใส่สารละลายเกลือเจือจางลงใน electrolytic cell ซึ่งประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในสารละลายเกลือเจือจาง ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีชนิดพิเศษ (electrochemical activation) ภายในอิเล็กโทรไลซิสรีแอกเตอร์ (electrolysis reactor) ไฟฟ้ากระแสตรงที่เข้าไปยังขั้วไฟฟ้า ไอออนต่าง ๆ จะถูกแยกออกจากกันด้วยแผ่นเมมเบรน เกิดเป็นสารประกอบที่มีไอออน โดยไอออนประจุลบคือ chloride และ hydroxide ในสารละลายเกลือจะเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกเพื่อให้อิเล็กตรอน กลายเป็น oxygen gas, chlorine gas, hypochlorite ion, hypochlorous acid ทำให้ได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีสภาพเป็นกรด (electrolyzed oxidizing water, น้ำ EO) ขณะที่ไอออนประจุบวกคือ hydrogen และ sodium จะเคลื่อนที่ไปยังขั้วลบเพื่อรับอิเล็กตรอน กลายเป็น hydrogen gas และ sodium hydroxide ทำให้ได้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีสภาพเป็นด่าง (electrolyzed reduced water, น้ำ ER) โดยน้ำอิเล็กโทรไลต์ทั้งสองชนิดนี้จะถูกสร้างขึ้นในเวลาเดียวกัน (ภาพที่ 2) น้ำ ER มีค่า pH สูง (10.0-11.5) มีความสามารถสูงในการกำจัดสิ่งสกปรก ไขมันสัตว์ และโปรตีนที่ติดอยู่บนพื้นผิว ส่วนน้ำ EO มีค่า pH ต่ำ (2.3-2.7) และมีความสามารถในการกำจัดแบคทีเรีย จุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่างๆ (Hus *et al.*, 2005) สารไฮโปคลอรัส (hypochlorous) ที่ได้จากการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์เป็นสารที่ออกซิไดส์แรงกว่าสารประกอบคลอรีนที่อยู่ในรูปของแคลเซียมไฮโปคลอไรด์และโซเดียมไฮโปคลอไรด์ที่นิยมใช้ในปัจจุบัน (Bonde *et al.*, 1999)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนา น้ำอิเล็กโทรไลต์กรดมาเป็นน้ำอิเล็กโทรไลต์นิวทรัล (Neutral) ที่มี pH 6.8-7.8 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำลายเชื้อโรค และความปลอดภัยของการทำงาน โดยสามารถนำน้ำอิเล็กโทรไลต์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำความสะอาด ทำลายเชื้อโรคและแบคทีเรียดีหน้าที่ในการกำจัดแบคทีเรีย และเชื้อโรคต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อแบบเดิมๆ แล้วจะพบว่า น้ำอิเล็กโทรไลต์สามารถกำจัดเชื้อได้เร็วกว่า และประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายกว่า นำมาซึ่งการลด ต้นทุนในธุรกิจ (cost reduction) นอกจากนี้ น้ำอิเล็กโทรไลต์ยังปลอดภัยต่อผู้ใช้เพราะไม่มีสารตกค้างและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีกด้วย



ภาพที่ 2 แผนภาพกระบวนการผลิตน้ำอิเล็กโทรไลต์ และผลิตผลที่ได้

แหล่งข้อมูล: Huang *et al.*, 2008

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีสภาพเป็นกรด (Electrolyzed oxidizing water: น้ำ EO) ในการควบคุมเชื้อแบคทีเรีย

กนกทิพย์ (2550) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของคลอรีน ไดออกไซด์ (ClO_2) และน้ำอิเล็กโทรไลต์ ชนิดกรด (AcEW) พบว่าการใช้ ClO_2 (5 ppm) และ AcEW (total available chlorine 30 ppm) สามารถทำลาย *B. cereus* และ *S. aureus* ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ได้ทั้งหมดภายในเวลา 5 นาที เมื่อปริมาณตั้งต้นระดับต่ำ 3.3 log CFU/ml และระดับสูง 6.3 log CFU/ml ส่วนสปอร์ของเชื้อต้องเพิ่มความเข้มข้นของ ClO_2 30 ppm เป็นเวลา 5 นาที และ AcEW 30 ppm เป็นเวลา 20 นาที จึงจะทำลายสปอร์ปริมาณตั้งต้นระดับต่ำได้ทั้งหมด ส่วนการทดสอบการทำลายฟิล์มชีวภาพบนผิวสัมผัสอาหาร พบว่าการใช้ ClO_2 10 ppm เป็นเวลา 30 นาที และ AcEW 30 ppm เป็นเวลา 30 นาที หรือ 52 ppm เป็นเวลา 10 นาที เหมาะสมในการทำลายฟิล์มชีวภาพของ *B. cereus* และ *S. aureus* บนแผ่นยางได้อย่างมีประสิทธิภาพ (99.83-99.95 เปอร์เซ็นต์) สำหรับสปอร์เกาะติดบนพื้นผิว ClO_2 15 ppm เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดได้เพียง 83.40 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การใช้ AcEW 30 ppm สามารถทำลายได้ภายในเวลา 30 นาที และ Guentzel *et al.* (2008) ได้ทดลองใช้น้ำ EO จุ่มล้างผักโขมและผักกาดหอมเป็นเวลา

10 นาที พบว่าน้ำ EO สามารถลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในผักโขมได้ 4.0-5.0 log CFU/ml และสามารถลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์และ *E. coli* ในผักกาดหอมได้ 2.43-3.81 และ 0.24-0.25 log CFU/ml ตามลำดับ เมื่อนำน้ำ EO ไปฉีดพ่นทำความสะอาดบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานพบว่าสามารถลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ได้ถึง 79-100 เปอร์เซ็นต์ และ

Izumi (1999) ได้ทดลองใช้น้ำ EO ทำความสะอาดพืชผักชนิดต่างๆ ได้แก่ แครอทตัดแต่ง, พริกหยวก, ผักโขม, แรดิชญี่ปุ่น และมันฝรั่ง พบว่าจำนวนแบคทีเรียลดลง 0.6-2.6 log CFU/g ซึ่ง Koseki *et al.* (2001) ได้ทำการทดลองล้างผักกาดหอมด้วยน้ำ EO ชนิดกรด (acidic electrolyzed oxidizing water: AcEW), น้ำโอโซน (electrolytically ozonated water: OW) และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaClO) พบว่าการใช้น้ำ EO และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ สามารถลดการทำงานของจุลินทรีย์บนผักกาดหอมได้ 2 log CFU/g ภายในเวลา 10 นาที ขณะที่การใช้น้ำ OW สามารถลดการทำงานของจุลินทรีย์บนผักกาดหอมได้ 1.5 log CFU/g ภายในเวลา 10 นาที นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำ EO เป็นวิธีควบคุมจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพและยังไม่ทำให้ผิวผักกาดหอมเกิดความเสียหาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Park *et al.* (2001) พบว่าการเขย่าผักกาดหอมในน้ำ EO ที่ความเร็ว 100 rpm เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดประชากรของ *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 2.41 และ 2.65 log CFU/ lettuce leaf ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำเปล่า

Venkitanarayanan *et al.* (1999b) ได้ทำการทดสอบแช่เซลล์แบคทีเรีย *E. coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* และ *L. monocytogenes* ในน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4, 23, 35 และ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลาแตกต่างกัน พบว่าแช่ที่อุณหภูมิ 4 หรือ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ประชากรของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดลดลง 7 log CFU/ml แบคทีเรียจะตายหมดหากแช่เป็นเวลา 10 นาทีขึ้นไป และเมื่อแช่แบคทีเรียในน้ำ EO ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที และที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ประชากรของแบคทีเรียจะลดลง ≥ 7 log CFU/ml เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำ deionized เช่นเดียวกับ Kim *et al.* (2000) พบว่าน้ำ EO สามารถทำให้การเจริญของ *E. coli*, *L. monocytogenes* และ *Bacillus cereus* ลดลงได้ โดย *B. cereus* จะสามารถทนทานต่อน้ำ EO ได้มากกว่า *E. coli* และ *L. monocytogenes* และ

Paola *et al.* (2005) ใช้น้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ NaCl 5.0 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *L. monocytogenes* (10^9 CFU/ml) จากนั้นบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5, 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ พบว่าหลังแช่เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อได้ 6.6 log CFU/ml และเมื่อปลูกเชื้อบนผักกาดหอม แล้วนำไปแช่ในน้ำ EO และน้ำกลั่น (ชุดควบคุม) สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อได้ 3.92 และ 2.46 log CFU/ml ตามลำดับ และงานวิจัยของ

Rahman *et al.* (2010) ได้ทดสอบน้ำ EO ที่เก็บไว้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน กับเชื้อแบคทีเรียสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคในอาหาร ได้แก่ *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus* และ *S. typhimurium* พบว่าประชากรของแบคทีเรียลดลง และเมื่อนำน้ำ EO ไปล้างผักกาดหอมโดยวิธีจุ่ม จะพบว่าจำนวนแบคทีเรียลดลงเช่นกันเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

Deza *et al.* (2003) ทดลองปลูกเชื้อ *E. coli* O157:H7, *S. enteritidis* และ *L. monocytogenes* ลงบนผิวมะเขือเทศ จากนั้นล้างด้วยน้ำ neural electrolyzed water (NEW) ซึ่งมี active chlorine 89 mg/l เป็นเวลา 30 และ 60 วินาที พบว่าสามารถลดประชากรของเชื้อจากเริ่มต้น 5 log CFU_{sq}/cm เหลือน้อยกว่า 1 log CFU_{sq}/cm ภายในเวลา 5 นาที โดยไม่ทำให้คุณภาพของผลมะเขือเทศเปลี่ยนแปลง เช่นเดียวกับ ซึ่งจะแตกต่างกับ Ken *et al.* (2005) ที่ได้ทดลองใช้น้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือ KCl 1.7 เปอร์เซ็นต์ กำจัดเชื้อ *X. campestris* pv. *vitians*, *P. syringae* pv. *coriandricola* และ *E. carotovora* subsp. *carotovora* ในห้องปฏิบัติการ พบว่าหลังจากแช่เชื้อในน้ำ EO เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อได้จาก log₁₀ เป็น log₁₀ CFU/ml แต่มีผลเป็นพิษเมื่อใช้ฉีดพ่นกับผักกาดหอม มะเขือเทศ พริก และแรดิช ที่ปลูกในโรงเรือน Sharma and Demirci (2003) ทำการทดลองแช่เมล็ดและต้นอ่อนของถั่ว alfalfa ในน้ำ EO เป็นเวลา 2, 4, 8, 16, 32, และ 64 นาที ตามลำดับ พบว่าสามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อ *E. coli* O157:H7 บนเมล็ดและต้นอ่อนได้ 38.2-97.1 เปอร์เซ็นต์ (0.22-1.56 log₁₀ CFU/g) และ 91.1-99.8 เปอร์เซ็นต์ (0.22-1.56 log₁₀ CFU/g) ตามลำดับ ซึ่งการแช่ในระยะเวลาที่นานขึ้นจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณประชากรของเชื้อได้ดีขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาการแช่ที่นานขึ้นและการเพิ่มกำลังกระแสไฟมากขึ้น มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดลดลง แต่ไม่เกิดความเสียหายกับต้นอ่อน

Hoon *et al.* (2004) ศึกษาผลของคลอรีนและ pH ของน้ำ EO ต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* โดยใช้น้ำ EO (ความเข้มข้นเกลือ NaCl 0.1 เปอร์เซ็นต์) เจือจางให้มีความเข้มข้นคลอรีนอยู่ในช่วง 0.1-5.0 mg/l จากการทดลองใช้น้ำ EO ที่มีความเข้มข้นคลอรีน 0.1 และ 0.2 mg/l สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้ 5.0 และ 7.0 log₁₀ CFU/ml ตามลำดับ และสามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้ 3.5 และ 5.8 log₁₀ CFU/ml ตามลำดับ แต่ความเข้มข้นคลอรีนที่เท่ากับหรือมากกว่า 1.0 mg/l จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งสองได้อย่างสมบูรณ์ โดยพบว่าการใช้น้ำ EO ที่มีค่าความเข้มข้นคลอรีนที่สูงขึ้น และค่า pH ที่ต่ำลง จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีขึ้นตามลำดับ และ Lindsey *et al.* (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของคลอรีน (20-200 ppm) น้ำอเล็กโทโรไลต์ที่เป็นกรด (คลอรีน 50 ppm, pH 2.6), โซเดียมคลอไรด์กรด (20-200 ppm คลอไรด์ไอออน) และสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ (20-200 ppm คลอไรด์ไอออน) ในการล้างผักกาดเพื่อลดจำนวนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 ปลูกเชื้อลงบนผักกาด แล้วล้างด้วย

สารเคมีทำความสะอาดอีก 2 นาที และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าที่กรรมวิธีที่ล้างด้วยคลอรีนไอออน ความเข้มข้น 100-200 ppm มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนของเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้มากที่สุด สำหรับน้ำอเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดให้ประสิทธิภาพในการลดจำนวนของเชื้อได้เท่ากับการล้างด้วยคลอรีนความเข้มข้น 200 ppm และทั้งสองกรรมวิธีนี้ไม่ทำให้ใบพืชเกิดความเสียหายหลังจากการล้าง

งานทดลองของ Jane *et al.* (2008) พบว่าเมื่อใช้น้ำ EO ที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 20, 50, 100 และ 120 ppm ทดสอบโดยตรงกับเชื้อ *E. coli*, *S. typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* และ *Enterococcus faecalis* เป็นเวลา 10 นาที สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 5 ชนิดได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงนำน้ำ EO ที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 278-310 ppm มาฉีดพ่นบนผิวของผักโขมและผักกาดหอม พบว่าสามารถลดอัตราการเจริญของเชื้อได้ 79-100 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การจุ่มผักโขมในน้ำ EO ที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 100 และ 120 ppm เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อได้ 4.0-5.0 log₁₀ CFU/ml ส่วนการจุ่มผักกาดหอมในน้ำ EO ที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 100 และ 120 ppm เป็นเวลา 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ 0.24-0.25 log₁₀ CFU/ml ส่วนเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นสามารถลดปริมาณประชากรของเชื้อได้ 2.43-3.81 log₁₀ CFU/ml

Rico *et al.* (2008) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำ EO ที่มีต่อผักสลัด โดยทดสอบประสิทธิภาพของน้ำ EO ที่ความเข้มข้นของ available free chlorine เท่ากับ 120, 60 และ 12 ppm เปรียบเทียบกับสารละลายคลอรีนที่ความเข้มข้น 120 ppm และศึกษาอายุการเก็บรักษา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้น้ำ EO สามารถลดอัตราการหายใจของผักสลัดได้ ซึ่งอาจจะสอดคล้องกับการลดการเน่าเสียที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ แต่การใช้น้ำ EO จะเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxidase ให้มากขึ้น ส่งผลให้ผักสลัดเกิดรอยช้ำสีน้ำตาล เมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน ซึ่งหากเก็บไว้นานกว่านี้พืชอาจได้รับความเสียหาย น้ำ EO ที่ความเข้มข้นของ available free chlorine เท่ากับ 120 ppm มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ส่งผลกระทบต่อพืช เช่นการสูญเสียแรงดันเต่ง ปริมาตรของเซลล์จะเล็กลง (plasmolysis) และการลดลงของธาตุอาหาร ต่อมาพบว่า Koide *et al.* (2009) ได้ทดสอบถึงประสิทธิภาพในการฆ่าจุลินทรีย์ของน้ำอเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดอ่อน (SIAEW: pH 6.1, 20 mg/L available chlorine) ในกะหล่ำสดตัดแต่งเปรียบเทียบกับสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl solution: pH 9.6, about 150 mg/L available chlorine) พบว่าน้ำอเล็กโทรไลต์ที่เป็นกรดอ่อนสามารถลดจำนวน aerobic bacteria และรากบีบีสดลงได้ 1.5 และ 1.3 log CFU/g ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ได้มากกว่าสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ และ Hung *et al.* (2010) ก็พบว่าเมื่อจุ่มล้างสตรอเบอร์รี่และบร็อคโคลี่ในน้ำ EO ให้ผลในการฆ่าเชื้อ *E. coli* O157:H7 ได้มากกว่าน้ำผสมคลอรีน