การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด ด้วยวิธีการในครัวเรือนและการใช้สารเคมี

Decontamination of microorganisms and pesticides on fresh fruits and vegetables with household processes and chemical reagents

เขมพัษ ตรีสุวรรณ (Khemmapas Treesuwan)

ฝ่ายจุลชีววิทยาประยุกต์ (Department of Applied Microbiology)
สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร (Institute of Food Research and Product Development)
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Kasetsart University)

จุดเด่น

- การกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด
- การใช้กระบวนการในครัวเรือนเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง
- ความสามารถในการใช้สารเคมีเพื่อลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์

Highlights

- Decontamination of microorganisms and pesticides on fresh fruits and vegetables
- Using the household processes to reduce microorganisms and pesticides contamination on fresh fruits and vegetables
- The ability of using chemical reagents to reduce microbial contamination on fresh fruits and vegetables

บทคัดย่อ

ผักผลไม้สดเป็นแหล่งวิตามินและแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการแม้ในปริมาณน้อย แต่ร่างกายจำเป็นต้องใช้วิตามินและแร่ธาตุในการช่วยทำให้กลไกการทำงานของร่างกายดำเนินไปตามปกติจึงเป็นเหตุผลที่ร่างกายขาดวิตามินและแร่ธาตุไม่ได้ ปัจจุบันมีการเกิดโรคที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะและยาฆ่าแมลง มีการรายงานการเจ็บป่วยจากการบริโภคอาหารที่มีความเกี่ยวข้องกับกลุ่มผู้บริโภคหลายกลุ่มที่รับประทานผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะ เช่น *Samonella* spp., *Escherichia coli* และ *Listeria monocytogenes* เป็นต้น ในขณะที่เกษตรกรใช้ยาฆ่าแมลงเพิ่มมากขึ้น ซึ่งยาฆ่าแมลงนี้จะมีการสะสมสารเคมีที่เป็นอันตรายตกค้างอยู่บริเวณพื้นผิวของผักและผลไม้สด เป็นผลให้เมื่อผู้บริโภครับประทานผักผลไม้ที่มีสารเคมีตกค้างติดต่อกันเป็นเวลานานจะทำให้เกิดผลร้ายต่อสุขภาพได้ เช่น มะเร็ง ทารกมีความผิดปกติตั้งแต่แรกเกิดตลอดจนการพัฒนาระบบประสาทมีการ

ทำงานผิดปกติ ซึ่งขณะนี้สินค้าผักและผลไม้สดที่จำหน่ายในซุปเปอร์มาร์เก็ต มีการผ่านกระบวนการในการป้องกันหรือกำจัดการเกิดการระบาด โดยการจัดการเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและสารเคมีที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น การล้าง การใช้สารทำความสะอาด และเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดจุลินทรีย์และสารเคมีจากยาฆ่าแมลงที่ตกค้าง กระบวนการทำความสะอาดในครัวเรือนโดยทั่วไปยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีจากยาฆ่าแมลงตกค้าง ในขณะที่การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น เทคโนโลยีโคลด์พลาสมา การรมควันด้วยก๊าซโอโซน การใช้ความดัน เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีตกค้างได้มากกว่ากระบวนการที่ครัวเรือนใช้กันโดยทั่วไป อย่างไรก็ตามการผลิตผักและผลไม้สดในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กถึงขนาดกลางยังมีข้อจำกัดในเรื่องของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและเทคโนโลยีที่มีมูลค่าสูง บทความนี้จึงมีการแนะนำการใช้กระบวนการที่ทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้สดแบบครัวเรือนและการใช้สารเคมีที่สามารถลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และสารเคมีอันตรายจากยาฆ่าแมลง

คำสำคัญ : ผักผลไม้สด เชื้อจุลินทรีย์ ยาฆ่าแมลง การกำจัด การเก็บรักษา
Keywords : fresh fruits and vegetables, microorganisms, pesticides, decontamination, storage

บทนำ

ผักผลไม้สดมีบทบาทที่สำคัญของการเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมีที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยแหล่งของสารพฤกษเคมีส่วนมากได้มาจากผักและผลไม้ โดยจากการศึกษาพบว่า สารพฤกษเคมีมีสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และแอนโทไซยานิน เป็นต้น องค์การอนามัยโลกหรือ World Health Organization (WHO) แนะนำให้บริโภคผักผลไม้ในปริมาณ 400 กรัมต่อวัน เพื่อป้องกันการเกิดโรคเรื้อรัง เช่น มะเร็ง เบาหวาน โรคอ้วน และโรคหัวใจ (Agudo, 2005) นอกจากนี้ Brookie และคณะ (2018) ได้กล่าวว่า ผักผลไม้สดมีคุณค่าทางอาหารมากกว่าผักผลไม้ที่ผ่านความร้อน อย่างไรก็ตามการบริโภคผักผลไม้สดยังคงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสัมผัสเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคและสารเคมีตกค้างที่ปนเปื้อนมากับผักผลไม้สด (Callejon *et al*., 2015) ต่อมาในปี ค.ศ. 2018 ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Centers for Disease Control and Prevention (CDC) มีการรายงานว่าพบผู้ป่วยทั่วโลกโดยเฉลี่ย 48 ล้านรายต่อปี โดยพบว่า 250 ราย มาจากการรับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะและสารเคมีตกค้าง ซึ่งจากรายงานระบุว่า ปัญหาการเกิดการเจ็บป่วยส่วนมากมาจากการติดเชื้อทางเดินอาหาร ได้แก่ *Salmonella* spp., Norovirus, *Stapylococcus aureus*, *Shigella* sp. และ *Campylobacter* spp. ในส่วนของเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอาหารเป็นพาหะที่เกิดจาก *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria* spp. และ *Vibrio* spp. นั้น มีการรายงานว่า มีระดับความรุนแรงสูงเนื่องจากมีอาการตั้งแต่ท้องเสีย ลำไส้อักเสบ ไปจนถึงมีผลต่อระบบประสาทและเสียชีวิตได้ (Kirk *et al*., 2015) การปนเปื้อนของผักและผลไม้สดมักพบแหล่งการปนเปื้อนตั้งแต่ในฟาร์มจนถึงมือผู้บริโภค เชื่อกันว่าจุดที่มีการปนเปื้อนระหว่างเชื้อจุลินทรีย์และผลิตผลสดนั้น น่าจะมาจากในช่วงก่อนการเก็บเกี่ยว คือ ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการเพาะปลูก ดิน และศัตรูพืช ไปจนถึงกระบวนการหลัง

การเก็บเกี่ยว ตั้งแต่เครื่องมือ เครื่องจักรที่สัมผัสกับผลิตผลสด การเกิดการปนเปื้อนข้ามจากเขียง การขนส่งตลอดจนการจัดการที่ไม่เหมาะสม ซึ่งความต้องการที่จะผลิตอาหารประเภทผักผลไม้สดที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่การใช้ยาฆ่าแมลงในไร่นาเพิ่มมากขึ้นด้วย ส่งผลให้เกิดสารเคมีตกค้างทั้งในดิน น้ำ อากาศ เช่นเดียวกันกับบนพื้นผิวของผักผลไม้สด (Bai *et al.*, 2006) นอกจากนี้ยาฆ่าแมลงบางชนิดมีส่วนประกอบของสารเคมีหลายชนิดที่มีจุดประสงค์เพื่อการกำจัดศัตรูพืชหลายชนิด รวมถึงสารยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย รา และวัชพืช เป็นต้น ซึ่งเมื่อเกษตรกรมีการใช้สารเคมีดังกล่าวมากเกินไปเป็นเวลานานติดต่อกัน จะนำไปสู่การสะสมบนบริเวณพื้นผิวผักผลไม้ โดยอาจจะเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ได้ (Fenik *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตามแม้ว่ามีรายงานความเสี่ยงจากการบริโภคผักและผลไม้สดที่มีการปนเปื้อน แต่บุคลากรทางการแพทย์และนักโภชนาการยังคงเชื่อว่าผักและผลไม้สดมีประโยชน์ต่อสุขภาพที่ขาดไม่ได้ (Nyachuba, 2010) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการปรับปรุงกรรมวิธีที่สามารถควบคุมความปลอดภัยของอาหารด้วยการใช้เทคโนโลยีใหม่มาช่วยเพื่อป้องกันและกำจัดจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง ซึ่งก่อนหน้านี้มีความเชื่อกันว่า การล้างผักและผลไม้สดสามารถกำจัดสิ่งปนเปื้อนบนพื้นผิวของผลิตผลสดได้เป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามมีผู้ศึกษากันอย่างแพร่หลายว่า การล้างทำความสะอาดผลิตผลสดเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย จุลินทรีย์ก่อโรค และยาฆ่าแมลง

กรรมวิธีการล้างทำความสะอาดทั่วไปที่ใช้ในครัวเรือน ยกตัวอย่างเช่น การล้าง การปอกเปลือก การต้ม การลวก ถูกศึกษากันอย่างกว้างขวาง แนวทางสมัยใหม่ในการทำความสะอาดผักและผลไม้สด จะเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช้ความร้อน เช่น การรมควันด้วยก๊าซโอโซน (ozonation) เทคโนโลยีการใช้คลื่นเหนือเสียง (ultrasonication) เทคโนโลยีการแปรรูปอาหารด้วยความดันสูง (high hydrostatic pressure) การล้างด้วยน้ำอิเล็กโตรไลซ์ (electrolyzed water) การใช้รังสีแกมมา และการใช้เทคโนโลยีโคลด์พลาสมา (cold plasma) เป็นต้น ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้ความร้อนและสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดคุณสมบัติที่ไม่พึงประสงค์ของผักผลไม้ได้ และเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการล้างทำความสะอาดผักผลไม้สดด้วยสารเคมี พบว่า วิธีการสมัยใหม่เป็นกรรมวิธีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีประสิทธิภาพสูงที่อุณหภูมิปกติ (Pereira and Vicente, 2010) วิธีการทำความสะอาดผักผลไม้ที่ไม่ใช้ความร้อนส่วนมากเป็นกระบวนการสร้างอนุมูลอิสระ (oxidation) ซึ่งสามารถช่วยในการทำลายสารพิษจากยาฆ่าแมลงที่ตกค้างรวมถึงการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้วิธีการที่ไม่ใช้ความร้อนสมัยใหม่ยังเป็นวิธีการที่ไม่มีผลกระทบต่อรสชาติและเนื้อสัมผัสของผลิตผลสดอีกด้วย ในบทความนี้จะมีการบรรยายถึงความปลอดภัยของผักผลไม้สดจากการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลง โดยการใช้เทคนิคทั่วไปในครัวเรือนและกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

กระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้สดทั่วไปในครัวเรือน

การทำความสะอาดผักผลไม้สดด้วยวิธีการทั่วไปที่ใช้ในครัวเรือนเป็นวิธีการกำจัดทำลายจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงบนพื้นผิวของผักผลไม้ก่อนการรับประทาน ซึ่งกระบวนการทำความสะอาดผักผลไม้สดในครัวเรือนส่วนมาก ได้แก่ การล้าง การลวก การปอกเปลือก การต้ม และการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ

การล้าง

การล้างในครัวเรือนส่วนมากจะเป็นการล้างด้วยน้ำประปาเพื่อทำความสะอาดผักและผลไม้สดก่อนการบริโภค เป็นวิธีที่ถูกใช้กันมานานนับศตวรรษ Han และคณะ (2000) ได้ทำการศึกษาการล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำประปาพบว่า การล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวสามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ลงได้ในช่วง 0.5-2 log CFU/g ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการล้าง แต่อย่างไรก็ตามการล้างในระยะเวลาที่ยาวนานอาจทำให้ผักผลไม้เกิดการช้ำได้ นอกจากนี้ยังพบว่า การล้างผักผลไม้สดด้วยน้ำประปามีประสิทธิภาพด้อยกว่าการรมควันด้วยก๊าซคลอรีน-ไดออกไซด์ ในส่วนของประสิทธิภาพการกำจัดยาฆ่าแมลงในผักผลไม้ด้วยน้ำเพียงอย่างเดียวขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายน้ำของยาฆ่าแมลงและแรงตึงผิวของผักผลไม้สดนั้น ๆ (Guardia-Rubio *et al*., 2007) Soliman (2001) รายงานการล้างมันฝรั่งด้วยน้ำประปาว่า มีประสิทธิภาพน้อยมากเพียงแค่ 11.1-23.7% ในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างของ dimethoate, pirimiphos-methyl และ malathion อย่างไรก็ตามการลดลงของสาร imidacloprid, chlorpyrifos, thiabendazole, diphenylamine, imazalil, fludioxonil และ pyrimethanil มีประสิทธิภาพสูงถึง 40-88% หลังจากการล้างด้วยน้ำประปา

การปอกเปลือก

การปอกเปลือกถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและง่ายในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างอยู่บนพื้นผิวของผลไม้สด มีการรายงานว่า การปอกเปลือกมันฝรั่งสามารถกำจัดและลดการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงในกลุ่ม dimethoate, pirimiphos-methyl และ malathion ได้สูงถึง 75% (Soliman, 2001) ต่อมา Randhawa และคณะ (2007) รายงานว่าสามารถกำจัดยาฆ่าแมลงในกลุ่ม chlorpyrifos ออกจากดอกกะหล่ำ มะเขือเทศ และหน่อไม้ฝรั่ง ได้ทั้งหมดหลังจากทำการปอกเปลือก เป็นที่รู้กันดีว่าการปอกเปลือกผักผลไม้สด สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ได้เช่นกัน ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการทางกายภาพมาตรฐานที่หลีกเลี่ยงการเน่าเสียของพื้นผิวของผักผลไม้สดได้

การลวก

การลวกเป็นวิธีการให้ความร้อนแก่ผักผลไม้ด้วยน้ำร้อน ไอน้ำร้อน ที่อุณหภูมิในช่วง 70-105 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาสั้น ๆ ซึ่งการลวกจะมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ลดลงและสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ การลวกเป็นกระบวนการที่ใช้ในครัวเรือนที่สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผักและผลไม้ได้ (Mozzoni *et al*., 2009) ซึ่งในปี ค.ศ. 2009 Mozzoni รายงานว่า ความร้อนจากการลวกสามารถกำจัดจุลินทรีย์บนพื้นผิวของผักผลไม้ได้ ซึ่งวิธีการลวกนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงในกลุ่ม diethoate, pirimiphos-methyl และ malathion ออกจากผิวของของมันฝรั่งได้ถึง 22-46% Radwan และคณะ (2004) ได้รายงานว่า การลวกเป็นเวลา 5 นาทีมีประสิทธิภาพในการกำจัดสาร profenofos, pirimiphos-methyl ได้สูงถึง 98-100%

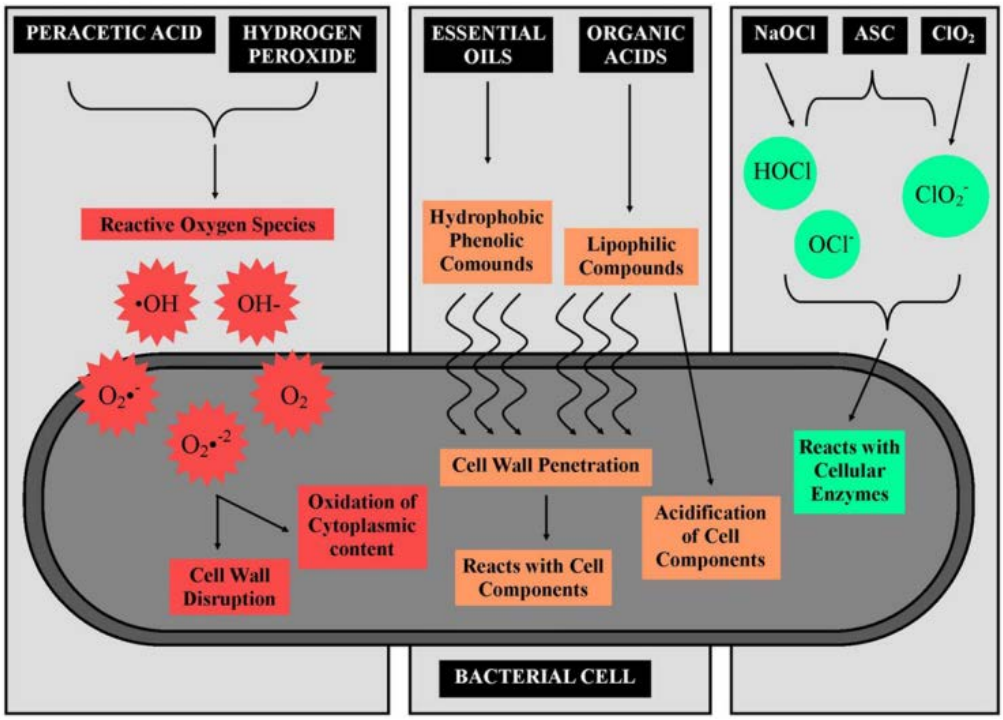
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ

การเก็บรักษาผักผลไม้สดด้วยความเย็นเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความนิยมมากที่สุดในการยืดอายุการเก็บรักษา แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในผักและผลไม้สด ซึ่งการสลายตัวของยาฆ่าแมลงขึ้นอยู่กับโครงสร้างของสารเคมีในยาฆ่าแมลงและสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปแล้ว

การสลายตัวของยาฆ่าแมลงเป็นผลมาจากน้ำ (ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส) แสง (ปฏิกิริยาโฟโตไลซิส) ออกซิเจน (ปฏิกิริยาออกซิเดชัน) หรืออาจถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ พืช หรือสัตว์ เป็นต้น (Racke *et al*., 1996) ซึ่งภายหลัง Golash และ Gogate (2012) แนะนำว่า อุณหภูมิในช่วงกลาง ๆ ที่ไม่เย็นหรือร้อนเกินไปเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสลายยาฆ่าแมลงในผักและผลไม้สด ซึ่งเป็นไปได้ยากที่การเก็บรักษาผักผลไม้ที่อุณหภูมิต่ำจะเป็นปัจจัยส่งเสริมในการเกิดการสลายตัวของยาฆ่าแมลง การศึกษาของ Zhang และคณะ (2007) รายงานว่า กะหล่ำปลีที่มีการจำลองการปนเปื้อน p,p-dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT), chlorpyrifos, chlorothalonil และ cypermethrin และเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดยาฆ่าแมลงดังกล่าวได้เลย

กระบวนการทำความสะอาดด้วยสารเคมี

กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลไกการยับยั้งจุลินทรีย์ด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ
ที่มา : Bhilwadikar *et al*. (2019)

สารประกอบคลอรีน

คลอรีน (chlorine) เป็นสารอนินทรีย์ในกลุ่มแฮโลเจน ที่ใช้สำหรับเป็นสารฆ่าเชื้อ ซึ่งนิยมใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ รา รวมทั้งจุลินทรีย์ก่อโรค การใช้คลอรีนมีความปลอดภัยสูงและสามารถสลายตัวได้รวดเร็วในธรรมชาติ ราคาถูก แต่ขณะเดียวกันข้อเสียของคลอรีน คือ มีกลิ่นและมีความเป็นด่างจึงทำให้มีฤทธิ์กัดกร่อนสูง (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2565)

คลอรีนที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในโรงคัดบรรจุผักและผลไม้และโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร มีรูปแบบการใช้ดังนี้

1. แก๊สคลอรีน (Cl_2)

มีราคาถูก แต่เหมาะกับการใช้ปริมาณมาก จึงเหมาะกับอุตสาหกรรมอาหารขนาดใหญ่ เพราะการใช้แก๊สคลอรีน ต้องการระบบควบคุมความปลอดภัยสูง ต้องมีระบบควบคุม ระบบจ่ายก๊าซอัตโนมัติ และการควบคุม pH แบบ on-line ซึ่งแก๊สคลอรีนลดค่า pH ของน้ำให้ต่ำกว่า 6.5 มักใช้กับการฆ่าเชื้อ โดยผสมกับน้ำล้างวัตถุดิบ

2. โซเดียมไฮโพคลอไรต์ (NaOCl)

โซเดียมไฮโพคลอไรต์ หรือคลอรีนน้ำ เป็นประเภทของคลอรีนที่นิยมใช้กันสำหรับเป็นน้ำยาซักผ้าขาว มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เช่น อาหารทะเลแช่เยือกแข็ง โซเดียมไฮไพคลอไรต์พบอยู่ในรูปสารละลาย เพราะโซเดียมไฮโพคลอไรต์ในรูปของแข็งดูดความชื้นจากอากาศได้รวดเร็ว และจะสลายตัวเป็นแก๊สคลอรีน สารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์มีความเข้มข้นของคลอรีนออกฤทธิ์ 5.25% หรือ 12.75%

3. คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)

คลอรีนไดออกไซด์เกิดจาก 7.5% sodium chlorite ($NaClO_2$) ผสมกับ 9% hydrochloric acid (HCl) ในอัตราส่วน 1:1 สมการการเกิดปฏิกิริยา คือ $5NaClO_2 + 4HCl \rightarrow 5NaCl + 4ClO_2 + 2H_2O$

การออกฤทธิ์ของคลอรีน

คลอรีน มีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำ เมื่อไฮโพคลอไรต์ละลายในน้ำจะแตกตัวให้ hypochlorite ion (OCl^-) และ hypochlorus acid (HOCl) ซึ่ง HOCl จะออกฤทธิ์ได้รุนแรงกว่า OCl^- ประมาณ 80-200 เท่า (พิมพ์เพ็ญ และ นิธิยา, 2565)

สารประกอบคลอรีนสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ สามารถทำให้พันธะเคมีในโมเลกุลของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์แตกออก และเกิดเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ จึงช่วยเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการทำความสะอาดและสามารถใช้เป็นสารฟอกสี (bleahing agent)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อของคลอรีน

1. ค่า pH ของน้ำ น้ำที่มีค่า pH ต่ำ (เป็นกรด) OCl^- จะเปลี่ยนไปเป็น hypochlorus acid (HOCl) มากขึ้น และจะเปลี่ยนไปเป็น hypochlorus acid ทั้งหมดที่ค่า pH ต่ำกว่า 5 ลงมา โดยทั่วไปแล้วคลอรีนจะออกฤทธิ์ได้ดีในช่วงค่า pH 6-7 และออกฤทธิ์ได้ดีขึ้นเมื่อค่า pH ของน้ำต่ำลง

2. สิ่งสกปรก ได้แก่ สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหรือบนพื้นผิวของพื้นผิวที่ต้องการฆ่าเชื้อ เช่น ดินที่ปนเปื้อนมากับผักผลไม้ โปรตีน เช่น เศษเนื้อเลือด คาร์โบไฮเดรต เช่น แป้ง น้ำตาล สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับคลอรีนก่อน ได้เป็นสารประกอบคลอรีนที่มีฤทธิ์การฆ่าเชื้อลดลง และสารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่บางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง

3. ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ทำความสะอาดผักผลไม้ คลอรีนจะออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้ดี ควรมีความเข้มข้นที่เหมาะสมในช่วง 50-200 ppm

4. อุณหภูมิ ประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อของคลอรีนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

กรดเพอร์ออกซีอะซิติก (peroxyacetic acid)

สารละลายกรดเพอร์ออกซีอะซิติก หรือ PAA เป็นสารที่เกิดปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์กับกรดอะซิติกหรือกรดอะซิติกแอนไฮไดรด์ในรูปของตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟิวริก (Kitis, 2004) นิยม

ใช้เป็นสารฟอกขาวในอุตสาหกรรมกระดาษและสิ่งทอ รวมถึงลดกลิ่นเหม็น และที่สำคัญถูกใช้เป็นสารฆ่าเชื้อสำหรับการทำความสะอาดอุปกรณ์ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์ของ PAA เกิดจากการปล่อย reactive oxygen species (ROS) ซึ่งจะมีฤทธิ์ทำลาย DNA และไขมันของเชื้อจุลินทรีย์ (Small *et al*., 2007) นอกจากนี้ PAA ยังมีฤทธิ์ทำให้โปรตีนและเอนไซม์เสียสภาพและเพิ่มความสามารถในการซึมผ่านของสารในผนังเซลล์โดยการออกซิไดซ์พันธะซัลไฟด์และไดซัลไฟด์ (Small *et al*., 2007) นอกจากนี้ PAA ยังมีส่วนในการรบกวนการทำงานของเยื่อหุ้มเซลล์และขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในการส่งถ่ายสารภายในเซลล์จุลินทรีย์ด้วย (Koivunen and Heinonen-Tanski, 2005)

กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ เช่น กรดแล็กติก กรดอะซิติก กรดซิตริก กรดฟูมาริก และอื่น ๆ เป็นสารประกอบที่ได้จากธรรมชาติและถือได้ว่าเป็นสารที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่ามีความปลอดภัย (U.S. FDA) ซึ่งประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ของกรดอินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้ขึ้นอยู่กับค่า pKa กลไกการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ของกรดอ่อนมีประสิทธิภาพดีกว่ากรดแก่ เนื่องจากกรดอ่อนสามารถแตกตัวได้หลายครั้ง เมื่อกรดเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์จะเกิดการแตกตัวและสามารถแทรกตัวเข้าสู่เซลล์จุลินทรีย์ได้ง่ายกว่ากรดแก่ กรดอินทรีย์สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์และการสะสมไอออนลบ และส่งผลให้สภาวะภายในเซลล์มีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นตลอดจนการยับยั้งกิจกรรมภายในเซลล์ มีการค้นพบว่า การใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์โดยกรดอินทรีย์จะเข้าไปรบกวนระบบการขนส่งสารอาหารหยุดชะงักของเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึมที่นำไปสู่การรั่วของเซลล์และหยุดชะงักการสังเคราะห์ระดับโมเลกุล (Beuchat, 1998; Brula and Coot, 1999) ซึ่งปัจจุบันโรงงานผลิตอาหารโดยเฉพาะโรงงานคัดบรรจุผักและผลไม้เริ่มมีการใช้กรดอินทรีย์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์กันอย่างกว้างขวาง

บทสรุป

ความต้องการการบริโภคผักและผลไม้สดเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ ซึ่งนำไปสู่ความจำเป็นในการค้นหาวิธีการทางสุขาภิบาลที่ดีขึ้นและมีความน่าเชื่อถือ โดยที่ผลผลิตที่ผ่านกรรมวิธีที่เหมาะสมสามารถรับประกันความปลอดภัยได้ เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีการล้างทำความสะอาดผักผลไม้เบื้องต้นในครัวเรือนต้องเป็นกรรมวิธีที่ผู้บริโภคสามารถล้างทำความสะอาดเองได้ที่บ้านก่อนนำมารับประทาน ในบทความนี้ได้กล่าวถึงวิธีการในการทำความสะอาดและวิธีการที่มีประสิทธิภาพสำหรับการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์และยาฆ่าแมลงเบื้องต้นผู้อ่านสามารถเลือกปฏิบัติตามได้เองที่บ้านเพื่อสามารถเป็นแนวทางในการนำไปใช้ของผู้บริโภค

เอกสารอ้างอิง

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. 2565. คลอรีน. https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2210/chlorine-คลอรีน. [24 มิถุนายน 2565].

Agudo A. 2005. Measuring intake of fruit and vegetables. Background paper for the joint FAO/WHO workshop on fruits and vegetables for health. Geneva, Switzerland: World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/dietphysicalactivity/publications/f&v_intake_ measurement.pdf.

Bai Y, Zhou L and Wang J. 2006. Organophosphorus pesticide residues in market foods in Shaanxi area, China. Food Chemistry. 98(2) : 240-242.

Beuchat LR. 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw : A review. Geneva, Switzerland : World Health Organization.

Bhilwadikar T, Pounraj S, Manivannan S, Rastogi N and Negi P. 2019. Decontamination of microorganisms and pesticides from fresh fruits and vegetables : A comprehensive review from common household processes to modern techniques. Comprehensive reviews in food science and food safety. 18(4) : 1003-1038.

Brookie KL, Best GI and Conner TS. 2018. Intake of raw fruits and vegetables is associated with better mental health than intake of processed fruits and vegetables. Frontiers in Psychology. 9 : 487.

Brula S and Coote P. 1999. Preservative agents in foods: Mode of action and microbial resistance mechanisms. International Journal of Food Microbiology. 50(1-2) : 1-17.

Callejón RM, Rodríguez-Naranjo MI, Ubeda C, Hornedo-Ortega R, Garcia-Parrilla MC and Troncoso AM. 2015. Reported foodborne outbreaks due to fresh produce in the United States and European Union : trends and causes. Foodborne pathogens and disease. 12(1) : 32-38.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2018. Food borne illnesses and germs. Retrieved from https://www.cdc.gov/foodsafety/foodborne-germs.html.

Fenik J, Tankiewicz M and Biziuk M. 2011. Properties and determination of pesticides in fruits and vegetables. Trends in Analytical Chemistry. 30(6) : 814-826.

Golash N and Gogate PR. 2012. Degradation of dichlorvos containing wastewaters using sonochemical reactors. Ultrasonics Sonochemistry. 19(5) : 1051-1060.

Guardia-Rubio M, Ayora-Canada MJ and Ruiz-Medina A. 2007. Effect of washing on pesticide residues in olives. Journal of Food Science. 72(2) : 139-143.

Han Y, Sherman DM, Linton RH, Nielsen SS and Nelson PE. 2000. The effects of washing and chlorine dioxide gas on survival and attachment of Escherichia coli O157 : H7 to green pepper surfaces. Food Microbiology. 17(5) : 521-533.

Kirk MD, Pires SM, Black RE, Caipo M, Crump JA, Devleesschauwer B and Hall AJ. 2015. World Health Organization estimates of the global and regional disease burden of 22 foodborne bacterial, protozoal, and viral diseases, 2010: A data synthesis. PLoS Medicine. 12(12) : e1001921.

Kitis M. 2004. Disinfection of wastewater with peracetic acid : A review. Environment International. 30 : 47-55.

Koivunen J and Heinonen-Tanski H. 2005. Peracetic acid (PAA) disinfection of primary, secondary and tertiary treated municipal wastewaters. Water Research. 39(18) : 4445-4453.

Mozzoni LA, Chen P, Morawicki RO, Hettiarachchy NS, Brye KR and Mauromoustakos A. 2009. Quality attributes of vegetable soybean as a function of boiling time and condition. International Journal of Food Science and Technology. 44(11) : 2089-2099.

Nyachuba DG. 2010. Foodborne illness : Is it on the rise? Nutrition Reviews. 68(5) : 257-269.

Pereira R and Vicente A. 2010. Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food processing. Food Research International. 43(7) : 1936-1943.

Racke KD, Steele KP, Yoder RN, Dick WA and Avidov E. 1996. Factors affecting the hydrolytic degradation of chlorpyrifos in soil. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 44(6) : 1582-1592.

Radwan M, Shiboob M, Abu-Elamayem M and Abdel-Aal A. 2004. Pirimiphos-methyl residues on/in some field-grown vegetables and its removal using various washing solutions and kitchen processing. International Journal of Agriculture and Biology. 6(6) : 1026-1029.

Randhawa MA, Anjum FM, Ahmed A and Randhawa MS. 2007. Field incurred chlorpyrifos and 3, 5, 6-trichloro-2-pyridinol residues in fresh and processed vegetables. Food Chemistry. 103(3) : 1016-1023.

Small DA, Chang W, Toghrol F and Bently WE. 2007. Comparative global transcription analysis of sodium hypochlorite, peracetic acid, and hydrogen peroxide on Pseudomonas aeruginosa. Applied Microbiology and Biotechnology. 76 : 1093-1105.

Soliman KM. 2001. Changes in concentration of pesticide residues in potatoes during washing and home preparation. Food and Chemical Toxicology. 39(8) : 887-891.

Zhang ZY, Liu XJ and Hong XY. 2007. Effects of home preparation on pesticide residues in cabbage. Food Control. 18(12) : 1484-1487.