การศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli*

ในระบบการผลิตผักขะแยงเพื่อการส่งออก

Study on Microbial contamination of *Salmonella* spp. and *E. coli*

In Packing Houses for Kayang exporting

ฐิติภา ทรัพย์ปรีชา[1/] ดวงภร ตั้งมงคลวณิช[1/] สวรรณมนท์ เหล็กเพ็ชร์[1/] นวลจันทร์ ศรีสมบัติ[2/]

บทคัดย่อ

การผลิตผักขะแยงให้ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ต้องควบคุมตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงโรงคัดบรรจุ ดังนั้น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ร่วมกับสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร จึงจัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตผักขะแยงในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ทำหน้าที่ตรวจรับรองแปลงปลูกผักขะแยงตามระบบเกษตรดีที่เหมาะสม (Good Agricultural Practices : GAP) เพื่อส่งผลผลิตให้สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรดำเนินการผลิตในโรงคัดบรรจุตามระบบหลักปฏิบัติที่ดี (Good Manufacturing Practices : GMP) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิตผักขะแยงที่เหมาะสมของโรงคัดบรรจุและเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการล้างต่อการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* จึงทำการศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ในระบบการผลิตผักขะแยงเพื่อการส่งออก ระหว่างเดือนตุลาคม 2554 ถึงกันยายน 2555 จากการทดสอบประสิทธิภาพการล้าง 4 กรรมวิธี ได้แก่ การล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm การล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm การล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm และการล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm พบว่า การล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ การล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกความเข้มข้น 100 ppm การล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm และการล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli* เท่ากับ 99.28 % , 99.14 % , 98.67 % และ 98.63 % ตามลำดับ และจากการทดสอบกรรมวิธีการล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm โดยใช้ตัวอย่างผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ และนายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจากจังหวัดอุบลราชธานี) จากการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ พบเชื้อ *E. coli* 1.3 X 10^2 cfu/g ในวัตถุดิบผักขะแยงจากตลาดไท แต่ไม่พบเชื้อ *Salmonella* spp. และเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายและผิวสัมผัสของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการล้างดังกล่าวสามารถลดหรือขจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในวัตถุดิบ ดังนั้น การคัดเลือกวัตถุดิบผักขะแยงควรมาจากแหล่งที่ผ่านการรับรองตามระบบ GAP การปฏิบัติหลังเก็บเกี่ยวอย่างถูกสุขลักษณะ และ

ควบคุมกระบวนการผลิตของโรงคัดบรรจุตามระบบ GMP สามารถลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. *และ E. coli* ได้

[1/] สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

[2/] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 จังหวัดอุบลราชธานี

คำนำ

สหภาพยุโรปมีระบบการแจ้งเตือนภัยเร่งด่วนสำหรับอาหารมนุษย์และอาหารสัตว์ (Rapid Alert System for Food and Feed : RASFF) เพื่อเวียนข้อมูลการตรวจพบสินค้าอาหารที่ไม่ได้มาตรฐานให้ประเทศสมาชิกได้รับทราบ และในปี 2548 มีการตรวจพบเชื้อซาโมเนลลา (*Salmonella* spp.) และเชื้อเอสเชอริเชีย โคไล (*Escherichia. coli* : *E. coli*) จำนวน 29 ครั้ง ส่งผลให้ประเทศนอร์เวย์สั่งห้ามนำเข้าสินค้าผักและสมุนไพรจากประเทศไทยเป็นการชั่วคราวเมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม 2548 (วิชาและคณะ, 2549) ซึ่ง *Salmonella* spp. เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคไข้ไทฟอยด์ ไข้รากสาด ท้องร่วงในมนุษย์ พบการปนเปื้อนได้ใน น้ำ ดิน แมลง พื้นโรงงาน พื้นครัว และในอุจจาระสัตว์ ส่วน *E. coli* เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ใช้เป็นตัวชี้การปนเปื้อนของอุจจาระในน้ำและอาหาร มีอยู่ในลำไส้ใหญ่ของสัตว์และมนุษย์ แบคทีเรียชนิดนี้ ทำให้เกิดอาการท้องเสียบ่อยที่สุดทั้งในเด็กและผู้ใหญ่ ทำให้ถ่ายอุจจาระเหลว หรือเป็นน้ำ แต่อาการไม่รุนแรง พบการปนเปื้อนมากับอาหาร น้ำ หรือ มือของผู้ประกอบอาหาร (สุมณฑา, 2547)

กรมวิชาการเกษตรได้ออกประกาศกรมวิชาการเกษตร 5 ฉบับ ครอบคลุมการตรวจสอบเชื้อ *Salmonella* spp. และเชื้อ *E. coli* ในผัก 23 ชนิด คือ ผักชีไทย ผักชีฝรั่ง ใบกะเพรา ใบโหระพา ผักขะแยง ใบสะระแหน่ ผักแพรว ต้นหอม ผักขึ้นฉ่าย ใบกุยช่าย ดอกกุยช่าย ชะอม ตะไคร้ ผักบุ้ง ผักแว่น ผักกระเฉด ใบบัวบก ใบชะพลู ผักโขมแดง ถั่วฝักยาว หน่อไม้ฝรั่ง พริกขี้หนู และผักปลังที่ส่งออกไปสหภาพยุโรป นอร์เวย์ ไอซ์แลนด์ ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และต้องมีหนังสือรับรองสุขอนามัยของกรมวิชาการเกษตรก่อนการส่งออก โดยกำหนดให้พบเชื้อ *E. coli* ได้ไม่เกิน 100 cfu/g และเชื้อ *Salmonella* spp. ต้องไม่พบใน 25 กรัม จากการดำเนินการดังกล่าวประเทศนอร์เวย์ยกเลิกการห้ามนำเข้าชั่วคราวผักสดจากประเทศไทย ตั้งแต่ 24 พฤศจิกายน 2548 เป็นต้นมา (วิชาและคณะ, 2549)

พืชผักสดเป็นหนึ่งในสินค้าส่งออกของไทย แม้จะมีปริมาณและมูลค่าการส่งออกไม่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ในช่วง 7 เดือนแรกของปี 2548 ปริมาณการส่งออกพืชผักสดของไทยไปยังกลุ่มสหภาพยุโรปมีปริมาณ 1.2 หมื่นตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 323 ล้านบาท และมีการส่งออกไปประเทศนอร์เวย์ประมาณ 325 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 7.7 ล้านบาท (วิชาและคณะ, 2549) และในปี 2551 มีการส่งออกผักขะแยงไปยังประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป ได้แก่ เยอรมนี นอร์เวย์ เนเธอร์แลนด์ ปริมาณส่งออกทั้งสิ้น 30,665 กิโลกรัม มูลค่า 2.1 ล้านบาท

(สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2552) แม้จะมีปริมาณและมูลค่าไม่สูงมากเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น จากข้อมูลของกลุ่มประสานการตรวจรับรองมาตรฐาน สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ปี 2553 - 2554 การสุ่มตัวอย่างผักขะแยงก่อนการส่งออกไปประเทศกลุ่มยุโรป จำนวน 963 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์เกินมาตรฐาน 21 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* จำนวน 19 ตัวอย่าง และเชื้อ *Salmonella* spp. จำนวน 2 ตัวอย่าง จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผักขะแยงเป็นอีกพืชหนึ่งที่มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ (นวลจันทร์และคณะ, 2555)

จังหวัดอุบลราชธานีเป็นแหล่งปลูกผักขะแยงที่สำคัญ มีเกษตรกรปลูกผักขะแยงเป็นพืชเศรษฐกิจมากกว่า 100 ครอบครัว พื้นที่รวม 150 ไร่ (อุทิศ, 2552) ดังนั้น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ร่วมกับสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร จัดทำโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตผักขะแยงในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี ดำเนินการระหว่างเดือนตุลาคม 2553 ถึงกันยายน 2555 เพื่อควบคุมการผลิตผักขะแยงตั้งแต่แปลงปลูกจนถึงโรงคัดบรรจุให้ปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ โดยสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ทำหน้าที่ตรวจรับรองแปลงปลูกตามระบบ GAP ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึงกันยายน 2554 ฉะนั้น สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร จึงดำเนินงานวิจัยในส่วนการควบคุมการผลิตผักขะแยงในโรงคัดบรรจุตามระบบ GMP ในเดือนตุลาคม 2554 ถึงกันยายน 2555 ซึ่งกระบวนการผลิตผักขะแยงในโรงคัดบรรจุตามระบบ GMP ในโรงคัดบรรจุประกอบไปด้วยขั้นตอนการตรวจรับวัตถุดิบ การคัดตัดแต่ง การล้าง การชั่งน้ำหนักและบรรจุ การเก็บรักษา และการขนส่ง หากผักมีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ก่อนส่งเข้าโรงคัดบรรจุ ขั้นตอนการล้างเป็นขั้นตอนที่สามารถลดหรือขจัดเชื้อจุลินทรีย์ในผักออกไป อย่างไรก็ตาม Ruiz-Cruz *et al*. (2007) รายงานว่าการใช้น้ำล้างเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถทำให้ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ลดลงแตกต่างจากผักที่ไม่ได้ล้าง

ตรีอุบล (2553) ศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการล้างโหระพาด้วยสารฆ่าเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ สารละลายคลอรีน สารละลายกรดเปอร์อะซิติก สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ร่วมกับ Tween 80 (สารลดแรงตึงผิว) เข้มข้น 0.1 % พบว่า สารละลายคลอรีน 200 ppm มีประสิทธิภาพในการลดจำนวน *Salmonella* spp. ได้มากที่สุด รองลงมาคือ สารละลายกรดเปอร์อะซิติก 60 ppm และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2.5 % ตามลำดับ

คลอรีน (Chlorine) จัดเป็นสารประกอบอนินทรีย์ มีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้ดี เป็นสารฆ่าเชื้อที่นิยมใช้กันมากที่สุดและออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ทั้งแบคทีเรีย ไวรัส และเชื้อรา และกรดเปอร์อะซิติก (Peracetic Acid – PAA) จัดเป็นเปอร์ออกไซด์ประเภทสารอินทรีย์ มีกลิ่นฉุนของกรดน้ำส้ม ละลายในน้ำ และค่อนข้างคงตัว เป็นสารฆ่าเชื้อที่ออกฤทธิ์ยับยั้งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ทั้งแบคทีเรียชนิดแกรมบวกและแกรมลบ จุลินทรีย์ที่สร้างสปอร์ รวมทั้งยีสต์และรา (สุมณฑา, 2547)

ดังนั้น การใช้สารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ ในการล้าง จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ จึงจำเป็นต้องศึกษาการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ใน

ระบบการผลิตผักขะแยงเพื่อการส่งออก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกกระบวนการผลิตผักขะแยงที่เหมาะสมของโรงคัดบรรจุและเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการล้างในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli*

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและคัดเลือกกระบวนการผลิตผักขะแยงที่เหมาะสมของโรงคัดบรรจุ
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการล้างเพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli*

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ตัวอย่างผักขะแยง
2. สารละลายสำหรับล้างผัก 3 ชนิด คือ สารละลายคลอรีน สารละลายกรดเปอร์อะซิติก 12% น้ำยาล้างผัก St.Andrews
3. เชื้อ *E. coli* ใน 0.85 % โซเดียมคลอไรด์ (ที่มีเชื้อประมาณ 10^{6} cfu/ml)
4. อุปกรณ์วัดระดับความเข้มข้นของคลอรีนและกรดเปอร์อะซิติก
5. เครื่องแก้วและอุปกรณ์ล้างผัก
6. เครื่องชั่ง
7. อุปกรณ์สุ่มเก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติก หนังยาง ถุงมือ แอลกอฮอล์ เป็นต้น

วิธีการ

1. เก็บข้อมูลความเสี่ยงการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยว โดยการสำรวจจุดรวบรวมผักขะแยงจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 2 แห่ง เพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติในการลดความเสี่ยงการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ตั้งแต่แหล่งผลิต

2. ตรวจสอบรายชื่อโรงคัดบรรจุและรวบรวมกระบวนการผลิตผักขะแยงเพื่อการส่งออก

2.1 ตรวจสอบรายชื่อโรงคัดบรรจุที่มีการส่งออกผักขะแยง จากทะเบียนการขอใบรับรองสุขอนามัย (Health Certificate) ของกลุ่มประสานการตรวจรับรองมาตรฐาน สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ระหว่าง ปี 2552 - 2554

2.2 รวบรวมข้อมูลคุณลักษณะและกระบวนการผลิตผักขะแยงของโรงคัดบรรจุที่ผลิตเพื่อการส่งออก โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องของโรงคัดบรรจุ

3. จำลองกระบวนการล้างผักขะแยง ณ โรงคัดบรรจุของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี เพื่อคัดเลือกค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท คือ สารละลายคลอรีนและสารละลายกรดเปอร์อะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 50 100 และ 150 ppm ตามลำดับ

3.1 การสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในตัวอย่างผักขะแยง โดยใช้ตัวอย่างผักขะแยงที่ผ่านการคัดเลือกและตัดแต่งแล้ว รวบรวมให้ได้ปริมาณ 4,200 กรัม ล้างด้วยระบบน้ำนิ่งปริมาตร 60 ลิตร ให้สะอาด นาน 5 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า สุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 300 กรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* เริ่มต้นของวัตถุดิบ จากนั้นสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยง โดยนำเชื้อ *E. coli* ใน 0.85 % โซเดียมคลอไรด์ (ที่มีเชื้อประมาณ 10^6 cfu/ml) ใส่ลงในน้ำปริมาตร 30 ลิตร กวนเบา ๆ จากนั้นนำผักขะแยงที่เหลือปริมาณ 3,900 กรัม ลงแช่นาน 10 นาที จากนั้นนำขึ้นผึ่งบนตะกร้า นาน 30 นาที สุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 300 กรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* เริ่มต้นในผักก่อนล้าง (ปรับปรุงจากขนิษฐา, 2552)

3.2 ทดสอบประสิทธิภาพการล้างผักขะแยง เพื่อคัดเลือกกรรมวิธีการล้างที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* มากที่สุดของสารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท นำผักขะแยงที่เตรียมจากข้อ 3.1 แบ่งเป็น 6 กอง ๆ ละ ประมาณ 600 กรัม นำไปล้างตามกรรมวิธีการล้าง ดังนี้

<u>กรรมวิธีที่ 1</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 2</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 3</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 4</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 50 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 5</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 6</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

จากนั้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า พร้อมตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักขะแยง ได้แก่ ยอด ใบ ลำต้น เพื่อใช้พิจารณาร่วมกับผลของกรรมวิธีการล้างที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* มากที่สุด จากนั้นเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ตามสูตร ดังนี้

$$\%\text{การลดลงของปริมาณเชื้อ} = \frac{(\text{ปริมาณเชื้อจากผักก่อนล้าง} - \text{ปริมาณเชื้อจากผักที่ผ่านการล้าง})}{\text{ปริมาณเชื้อจากผักก่อนล้าง}} \times 100$$

4. จำลองกระบวนการล้างผักขะแยง ณ โรงคัดบรรจุของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี เพื่อคัดเลือกต้นแบบกรรมวิธีการล้างผักขะแยง

4.1 การสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในตัวอย่างผักขะแยง ใช้ตัวอย่างผักขะแยงที่ผ่านการคัดเลือกและตัดแต่งแล้ว รวบรวมให้ได้ปริมาณ 3,500 กรัม ล้างด้วยระบบน้ำนิ่งปริมาตร 60 ลิตร ให้สะอาด นาน 5 นาที ผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า สุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 300 กรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* เริ่มต้นของวัตถุดิบ จากนั้นสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยง โดยนำเชื้อ *E. coli* ใน 0.85 % โซเดียมคลอไรด์ (ที่มีเชื้อประมาณ 10^6 cfu/ml) ใส่ลงในน้ำปริมาตร 30 ลิตร กวนเบา ๆ จากนั้นนำผักขะแยงที่เหลือปริมาณ

3,200 กรัม ลงแช่นาน 10 นาที จากนั้นนำขึ้นผึ่งบนตะกร้า นาน 30 นาที สุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 300 กรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* เริ่มต้นในผักก่อนล้าง (ปรับปรุงจากขนิษฐา, 2552)

4.2 ทดสอบประสิทธิภาพการล้างผักขะแยง เพื่อคัดเลือกกรรมวิธีการล้างที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* มากที่สุด นำผักขะแยงที่เตรียมจากข้อ 4.1 แบ่งเป็น 4 กอง ๆ ละประมาณ 600 กรัม นำไปล้างตามกรรมวิธีการล้าง ดังนี้

<u>กรรมวิธีที่ 1</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 2</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตรผสมน้ำยาล้างผัก 3 ช้อนชา นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 3</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

<u>กรรมวิธีที่ 4</u>

ล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตรผสมน้ำยาล้างผัก 3 ช้อนชา นาน 1 นาที

ล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 10 ลิตร นาน 3 นาที

ล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร 10 ลิตร นาน 1 นาที

จากนั้นผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า จากนั้นเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* คำนวณเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ตามสูตร

5. ทดสอบกรรมวิธีการล้าง ณ โรงคัดบรรจุที่เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยใช้ตัวอย่างผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ และนายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจากจังหวัดอุบลราชธานีที่ผ่านการรับรองตามระบบ GAP) ทำการทดสอบทีละแหล่ง ตามขั้นตอนดังนี้

1) การตรวจรับวัตถุดิบ ตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพด้วยสายตา ตรวจสอบแมลงด้วยแว่นขยาย พร้อมสุ่มเก็บตัวอย่างประมาณ 500 กรัม จำนวน 2 ถุง เพื่อตรวจวิเคราะห์สารเคมีตกค้างและตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli*

2) การคัดตัดแต่ง คัดเลือกและตัดแต่งส่วนที่มีรอยช้ำหรือตำหนิออก เช่น ใบมีรอยช้ำเป็นรู หรือแก่เกินไป เด็ดดอกหรือรากตามข้อออก รวบรวมให้ได้ปริมาณ 10 กิโลกรัม

3) การล้าง ตามขั้นตอนดังนี้

การล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำปริมาตร 200 ลิตร นาน 1 นาที

การล้างครั้งที่ 2 ด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 200 ลิตร นาน 3 นาที

การล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำปริมาตร ลิตร 200 ลิตร นาน 1 นาที

4) การผึ่ง วางให้สะเด็ดน้ำบนตะกร้า

5) การตัดแต่ง ส่วนที่มีรอยช้ำหรือตำหนิออก

6) การชั่งน้ำหนักและบรรจุใส่ถุง ปริมาณ 100 กรัม พร้อมสุ่มเก็บตัวอย่าง 500 กรัม เพื่อตรวจวิเคราะห์เชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli*

7) ระหว่างกระบวนการผลิต ทำการ Swab ผิวสัมผัสของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตผักขะแยง เพื่อทดสอบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* จุดละ 2 ตัวอย่าง รวมจำนวน 10 ตัวอย่าง ดังนี้

- ตะกร้าวัตถุดิบ ก่อนและหลังใช้งาน
- มีดตัดแต่ง ก่อนและหลังใช้งาน
- โต๊ะตัดแต่งหลังล้าง ก่อนและหลังใช้งาน
- มือพนักงานบรรจุ ก่อนและหลังทำงาน
- เครื่องชั่ง ก่อนและหลังใช้งาน

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2555

สถานที่ดำเนินการ สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานี
โรงคัดบรรจุที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. จากการสำรวจจุดรวบรวมผักขะแยงจังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 2 แห่ง คือ จุดรวบรวมของนายประครอง ครองยุติ และจุดรวบรวมของนายสุบัน ดาวประสงค์ พบว่า จุดรวบรวมทั้ง 2 แห่ง มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์หลังการเก็บเกี่ยว คือ วางผักขะแยงสัมผัสพื้นโดยตรง สุขลักษณะของผู้ปฏิบัติงานไม่เหมาะสม เช่น รับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน และพบสุนัขในพื้นที่รวบรวม ดังนั้น จึงกำหนดแนวทางปฏิบัติเพื่อลดความเสี่ยงการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ โดยการคัดผักบนโต๊ะ ใช้ผ้าปูพื้นก่อนวางผัก ใช้ตะกร้าใส่ผลผลิต ห้ามผู้ปฏิบัติงานรับประทานอาหารหรือสูบบุหรี่ขณะปฏิบัติงาน และป้องกันสุนัขไม่ให้เข้าในพื้นที่รวบรวม

2. ตรวจสอบรายชื่อโรงคัดบรรจุและรวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตผักขะแยงเพื่อการส่งออก

2.1 จากการตรวจสอบรายชื่อโรงคัดบรรจุที่มีการส่งออกผักขะแยง จากทะเบียนการขอใบรับรองสุขอนามัย (Health Certificate) ของกลุ่มประสานการตรวจรับรองมาตรฐาน สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช ระหว่าง ปี 2552 – 2554 พบว่า โรงคัดบรรจุที่มีการส่งออกผักขะแยงอย่างต่อเนื่อง จำนวน 9 บริษัท ดังนี้

1) บริษัท ธนาสารท จำกัด
2) บริษัท พีดีไอ เทรดดิ้ง จำกัด
3) บริษัท ไทยเวอลด์ อิมปอร์ต เอ็กซ์ปอร์ต จำกัด
4) ห้างหุ้นส่วนจำกัด กุ่ยหยู่
5) บริษัท เอ็กเซล ฟรุตส์ จำกัด
6) บริษัท ไทยชิน เวเกตเทเบิล แอนด์ ฟรุต (ไทยแลนด์) จำกัด
7) ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชัชวาล อิมปอร์ต เอ็กซ์ปอร์ต แอนด์ แพ็คเกจจิ้ง
8) บริษัท โพรเกรส เวิล์ด จำกัด
9) บริษัท เฟรช พาร์ทเนอร์ส ฟรุท แอนด์ เวเจทเทเบิลส์ จำกัด

2.2 จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่หรือผู้มีส่วนเกี่ยวข้องของโรงคัดบรรจุทั้ง 9 บริษัท พบว่า

2.2.1 คุณลักษณะ (Specification) ของผักขะแยงที่ต้องการ คือ ความยาวของลำต้น ประมาณ 15 – 30 เซนติเมตร ลำต้นใหญ่ แข็งแรง ไม่มีรากตามข้อปล้อง ลักษณะใบเขียวสด ไม่แก่ ไม่ช้ำ ไม่เหลือง ไม่มีดอก ไม่มีโรค มีแมลงหรือร่องรอยแมลงไม่เกิน 5 %

2.2.2 กระบวนการผลิตผักขะแยงของโรงคัดบรรจุ มีขั้นตอนการผลิตที่คล้ายคลึงกัน สามารถสรุปได้ดังนี้

1) การตรวจรับวัตถุดิบ ตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพ เคมี และแมลง

2) การคัดตัดแต่ง คัดเลือกและตัดแต่งส่วนที่ไม่ตรงตามคุณภาพออก เช่น ใบมีรอยช้ำ เป็นรู หรือแก่เกินไป เด็ดดอกหรือรากตามข้อออก

3) การล้าง ตามขั้นตอน ดังนี้

การล้างครั้งที่ 1 ด้วยน้ำหรือน้ำผสมน้ำยาล้างผัก

การล้างครั้งที่ 2 ด้วยสารละลายคลอรีนหรือสารละลายกรดเปอร์อะซิติก ที่ระดับความเข้มข้น 50 - 150 ppm แช่นาน 3 - 5 นาที

การล้างครั้งที่ 3 ด้วยน้ำ

4) การผึ่ง ไม่ให้แห้งจนเกินไปผักจะเหี่ยว
5) การตัดแต่ง ส่วนที่มีรอยช้ำหรือตำหนิออก
6) การชั่งน้ำหนักและบรรจุใส่ถุง ขนาด 100 กรัม/ถุง
7) การเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 8-10 องศาเซลเซียส
8) การขนส่ง บรรจุกล่องโฟมพร้อมขวดน้ำแข็งหรือเจลไอซ์

เห็นได้ว่ากระบวนการผลิตของแต่ละโรงคัดบรรจุมีความคล้ายคลึงกัน มีความแตกต่างเฉพาะขั้นตอนการล้าง ฉะนั้น การนำกระบวนการผลิตดังกล่าวไปใช้ในการผลิตผักขะแยง จำเป็นต้องจำลองกระบวนการล้างผักขะแยงเพื่อคัดเลือกค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท ในการล้างครั้งที่ 2 เนื่องจากโรงคัดบรรจุใช้ความเข้มข้นตั้งแต่ระดับ 50 - 150 ppm

3. ทดสอบประสิทธิภาพการล้างผักขะแยง เพื่อคัดเลือกค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท

จากการสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยงเริ่มต้นก่อนล้าง พบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ย 7.2 X 10^{3} cfu/g และหลังล้างด้วยสารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท จากกรรมวิธีการล้าง 6 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อ *E .coli* ได้ดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ppm กรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm กรรมวิธีที่ 5 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm กรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 ppm และกรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะ

ซิติกเข้มข้น 50 ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยหลังล้างเท่ากับ 2.4×10^{2}, 2.7×10^{2}, 2.9×10^{2}, 3.0×10^{2}, 1.2×10^{3}, 3.2×10^{3} cfu/g ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* เท่ากับ 96.66 %, 96.25 %, 95.97 %, 95.90 %, 82.63 % และ 54.86 % ตามลำดับ และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ในผักขะแยงก่อนและหลังการล้าง (ตารางที่ 1)

หากพิจารณาเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli* ในแต่ละประเภทของสารฆ่าเชื้อในตารางที่ 1 พบว่า สารฆ่าเชื้อประเภทสารละลายคลอรีน กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E.coli* มากที่สุด คือ 96.66 % ส่วนสารฆ่าเชื้อประเภทสารละลายกรดเปอร์อะซิติก กรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli* มากที่สุด คือ 95.97 %

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักขะแยงหลังผ่านการล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 6 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm และกรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm ทำให้ผักขะแยงมียอดดำ ใบเหี่ยว และลำต้นช้ำ ส่วนกรรมวิธีอื่นๆ ไม่ทำให้ลักษณะทางกายภาพของผักขะแยงเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 2)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* ร่วมกับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักขะแยง จึงเลือกกรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนความเข้มข้น 100 ppm และกรรมวิธีที่ 5 ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm ที่มีเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* เป็นค่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำไปทดสอบประสิทธิภาพการล้าง เพื่อคัดเลือกต้นแบบกรรมวิธีการล้างผักขะแยงต่อไป

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* และเปอร์เซ็นต์การลดลงของปริมาณเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยงก่อนการล้างและหลังผ่านการล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 6 กรรมวิธี

กรรมวิธี	**ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่พบ**		**เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli***
	***Salmonella spp.* per 25 g ***	***E. coli* (cfu/g) ***	
ผักก่อนล้าง (ปริมาณเชื้อเริ่มต้น)	ND	7.2×10^{3}	-
1.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 ppm	ND	1.2×10^{3}	82.63
2.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm	ND	2.7×10^{2}	96.25
3.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm	ND	2.4×10^{2}	96.66

4.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 50 ppm	ND	3.2×10^{3}	54.86
5.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm	ND	3.0×10^{2}	95.90
6.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm	ND	2.9×10^{2}	95.97

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ND = Not Detected

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักขะแยงหลังผ่านการล้างด้วยน้ำผสมสารฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 6 กรรมวิธี

กรรมวิธี	**การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของผักขะแยง**		
	ยอด	**ใบ**	**ลำต้น**
1.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 ppm	ปกติ	ปกติ	ปกติ
2.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm	ปกติ	ปกติ	ปกติ
3.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 150 ppm	ดำ	เหี่ยว	ช้ำ
4.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 50 ppm	ปกติ	ปกติ	ปกติ
5.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm	ปกติ	ปกติ	ปกติ
6.ล้างด้วยน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 150 ppm	ดำ	เหี่ยว	ช้ำ

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

4. ทดสอบประสิทธิภาพการล้างเพื่อคัดเลือกต้นแบบกรรมวิธีการล้างผักขะแยง

จากการสร้างการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยงเริ่มต้นก่อนล้าง พบว่า มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ย 3.1×10^{5} cfu/g และหลังผ่านกรรมวิธีการล้าง 4 กรรมวิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด รองลงมา ได้แก่ กรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm และกรรมวิธีที่ 1 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยหลังล้างเท่ากับ 2.2×10^{3} , 2.6×10^{3} , 4.1×10^{3} , 4.2×10^{3} cfu/g ตามลำดับ คิดเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli* เท่ากับ 99.28 % , 99.14 % , 98.67 % และ 98.63 % ตามลำดับ และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. ก่อนและหลังการล้าง (ตารางที่ 3)

จากปริมาณเฉลี่ยเชื้อ *E. coli* หลังผ่านการล้างด้วยกรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm นาน 3 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ลงเหลือ 2.2×10^{3} cfu/g ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของเฉลิมขวัญและคณะ (2552) ที่ใช้สารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm นาน 3 นาที ล้างผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ โชคอนันต์ และมหาชนก พบว่า สามารถลดจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดลงเหลือเท่ากับ 7.8×10^{2}, 1.4×10^{4} และ 2.1×10^{3} cfu/g ตามลำดับ ดังนั้น จึงเลือกกรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm เป็นต้นแบบกรรมวิธีการล้างขะแยง เพื่อนำไปทดสอบกรรมวิธีการล้าง ณ โรงคัดบรรจุที่เข้าร่วมโครงการวิจัย

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E.coli* และเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E.coli* ในผักขะแยงก่อนการล้างและหลังผ่านการล้างด้วย 4 กรรมวิธี

กรรมวิธี	**ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่พบ**		**เปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อ *E. coli***
	***Salmonella* spp. per 25 g ***	***E. coli* (cfu/g) ***	
ผักก่อนล้าง (ปริมาณเชื้อเริ่มต้น)	ND	3.1×10^{5}	-
1.ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm	ND	4.2×10^{3}	98.63
2.ล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายคลอรีนเข้มข้น 100 ppm	ND	4.1×10^{3}	98.67
3.ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm	ND	2.2×10^{3}	99.28
4.ล้างด้วยน้ำผสมน้ำยาล้างผักและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm	ND	2.6×10^{3}	99.14

หมายเหตุ : * ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ

ND = Not Detected

5. ทดสอบกรรมวิธีการล้าง ณ โรงคัดบรรจุที่เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยใช้ตัวอย่างผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ และนายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจากจังหวัดอุบลราชธานีที่ผ่านการรับรองตามระบบ GAP)

จากการตรวจสอบคุณภาพด้านกายภาพและแมลงของผักขะแยงจาก 3 แหล่ง พบว่า ผักขะแยงจากตลาดไท มีลำต้นยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ลำต้นใหญ่ แข็งแรง ไม่มีรากตาม

ข้อปล้อง ลักษณะใบเขียวสด ไม่มีดอก และพบแมลงหวี่ขาวจำนวน 17 ตัว ส่วนผักขะแยงของนายประครอง ครองยุติและนายสุบัน ดาวประสงค์ มีลำต้นยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ลำต้นอวบ มีรากตามข้อปล้องเล็กน้อย ลักษณะใบเขียวอ่อน ไม่มีดอก พบแมลงหวี่จำนวน 18 และ 25 ตัว ตามลำดับ

จากการตรวจสอบสารเคมีตกค้างของผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ไม่พบการปนเปื้อนสารเคมีตกค้างทั้ง 4 กลุ่ม ซึ่งได้แก่ กลุ่มออแกนโนคลอรีน กลุ่มออแกนโนฟอสเฟต กลุ่มไพรีทรอย และกลุ่มคาร์บาเมต

จากการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *E. coli* ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผักขะแยงจาก 3 แหล่ง จำนวน 12 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* 1.3×10^2 cfu/g ในวัตถุดิบผักขะแยงจากตลาดไท และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. (ตารางที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของนวลจันทร์และคณะ (2555) ที่สุ่มเก็บตัวอย่างผักขะแยงจากแหล่งจำหน่ายต่างๆในจังหวัดอุบลราชธานี พบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *E. coli* $2.0 \times 10^2 - 1.0 \times 10^5$ cfu/g เนื่องจากวางจำหน่ายผลผลิตสัมผัสพื้น อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น เศษดิน น้ำ มูลสัตว์ และสิ่งปฏิกูลติดมาได้

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สุดท้ายของผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ นายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจังหวัดอุบลราชธานี)

แหล่งที่มา	**ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. per 25 g**		**ปริมาณการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* cfu/g**	
	วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย	วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์สุดท้าย
ตลาดไท	ND	ND	1.3×10^2	<10
นายประครอง ครองยุติ	ND	ND	ND	<10
นายสุบัน ดาวประสงค์	ND	ND	ND	<10

หมายเหตุ ND = Not Detected

จากการ Swab ผิวสัมผัสอุปกรณ์ที่ใช้ในผลิตผักขะแยง ได้แก่ ตะกร้าใส่วัตถุดิบก่อนใช้งาน ตะกร้าใส่วัตถุดิบหลังใช้งาน มีดตัดแต่งก่อนใช้งาน มีดตัดแต่งหลังใช้งาน โต๊ะบรรจุหลังล้างก่อนใช้

ตารางที่ 5 ผลวิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. และเชื้อ *E. coli* ของจุด Swab ผิวสัมผัสอุปกรณ์ที่ใช้ในผลิตผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ นายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจังหวัดอุบลราชธานี)

รายการ	**การปนเปื้อนเชื้อ *Salmonella* spp. per 25 g**			**การปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* cfu/g**		
	ตลาดไท	**นายประครอง**	**นายสุบัน**	**ตลาดไท**	**นายประครอง**	**นายสุบัน**

- ตะกร้าใส่วัตถุดิบ (ก่อน)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- ตะกร้าใส่วัตถุดิบ (หลัง)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- มีดตัดแต่ง (ก่อน)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- มีดตัดแต่ง (หลัง)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- โต๊ะบรรจุหลังล้าง (ก่อน)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- โต๊ะบรรจุหลังล้าง (หลัง)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- มือพนักงานบรรจุ (ก่อน)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- มือพนักงานบรรจุ (หลัง)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- เครื่องชั่ง (ก่อน)	ND	ND	ND	<10	<10	<10
- เครื่องชั่ง (หลัง)	ND	ND	ND	<10	<10	<10

หมายเหตุ ND = Not Detected

สรุปผลการทดลอง

จากการจำลองสภาพการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* ในผักขะแยง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการล้าง พบว่า กรรมวิธีการล้างที่ 3 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ได้ดีที่สุด

จากการทดสอบกรรมวิธีการล้าง ณ โรงคัดบรรจุ โดยใช้ตัวอย่างผักขะแยงจาก 3 แหล่ง ได้แก่ ตลาดไท นายประครอง ครองยุติ และนายสุบัน ดาวประสงค์ (เกษตรกรจากจังหวัดอุบลราชธานี) ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมสารละลายกรดเปอร์อะซิติกเข้มข้น 100 ppm จากผลการตรวจวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ พบการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* 1.3 X 10^2 cfu/g ในวัตถุดิบผักขะแยงจากตลาดไท แต่ไม่พบการปนเปื้อนของ *Salmonella* spp. และเชื้อ *E. coli* ในผลิตภัณฑ์สุดท้ายและผิวสัมผัสของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีการล้างดังกล่าวสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบออกได้

ดังนั้น การคัดเลือกวัตถุดิบผักขะแยงควรมาจากแหล่งที่ผ่านการรับรองตามระบบ GAP มีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวอย่างถูกสุขลักษณะ เช่น ไม่วางผลผลิตสัมผัสพื้น ป้องกันสัตว์เลี้ยงเข้ามาในบริเวณผลิต เป็นต้น และควบคุมกระบวนการผลิตของโรงคัดบรรจุตามระบบ GMP สามารถลดความเสี่ยงในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. *และ E. coli* ได้

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบประสิทธิภาพการล้างโดยใช้สารฆ่าเชื้อ 2 ประเภท เมื่อเปรียบเทียบราคาระหว่างสารละลายคลอรีนและสาระละลายกรดเปอร์อะซิติก พบว่า สารละลายกรดเปอร์อะซิติกมีราคาแพงกว่าสารละลายคลอรีน ประมาณ 10 เท่า ดังนั้น กรรมวิธีการล้างที่ 1 ล้างด้วยน้ำและน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 100 ppm จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ใกล้เคียงกับกรรมวิธีการล้างที่ 3

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรปทุมธานีและบริษัท ไทยเวอลด์ อิมปอร์ต เอ็กซ์ปอร์ต จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ รวมถึงเกษตรกรที่ร่วมโครงการและผู้ร่วมงานที่ทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้การดำเนินงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา วงษ์นิกร สมชาย ฉันทพิริยะพูน เกษสิริ ฉันทพิริยะพูน และดาวนภา ช่องวารินทร์. 2553. การทดสอบสารสกัดจากพืชสมุนไพรเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของ *Escherichia coli* ในพืชผักส่งออก. หน้า 1-15. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ สวพ.1 , 2 , 6 ประจำปี 2553. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร.

เฉลิมขวัญ วิชัยชาติ นิธิยา รัตนาปนนท์ อุษาวดี ชนสุต และเมธินี เห่วซึ่งเจริญ. 2552. ประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมโฮโพคลอไรต์และกรดเพอร์ออกซีแอซีติกในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 40 : 3 (พิเศษ) : 662-665.

ตรีอุบล แก้วหย่อง และบวรศักดิ์ ลีนานนท์. 2553. ผลของสารฆ่าเชื้อและสารลดแรงตึงผิวในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ดั้งเดิมและ *Salmonella* Typhimurium ในโหระพาระหว่างปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 41 : 1 (พิเศษ) : 345-348.

นวลจันทร์ ศรีสมบัติ โสภิตา สมคิด บุญชู สายธนู พเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ อิทธิพล บ้งพรม นาตยา จันทร์ส่อง และรัชดาวัลย์ สิริธนิตนันท์. 2555. สรุปผลการดำเนินงานศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ *Salmonella* spp. และ *E. coli* ในระบบการผลิตผักขะแยงพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. หน้า 143-150. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2555. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 กรมวิชาการเกษตร.

วิชา ธิติประเสริฐ สัญชัย ตันตยาภรณ์ สมคิด รื่นภาควุฒิ บุษรา จันทร์แก้วมณี จิราภรณ์ ล้วนปรีดา พัจนา สุภาสูรย์ ปรีชานุช ทิพยะวัฒน์ ชวเลิศ ตรีกรุณาสวัสดิ์ รัตตา สุทธยาคม สวรรณมนท์ เหล็กเพ็ชร์ สิทธิพร งามมณฑา เกรียงไกร สุภโตษะ อุมาพร สีวิลัย วฤษณี ขาวเขียว และรุ่งทิวา รอดจันทร์. 2549. การแก้ไขปัญหาพืชผักที่ถูกกักกันและสั่งห้ามนำเข้าจากประเทศไทย. หน้า 91-100. ใน : ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2548. กรมวิชาการเกษตร.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2552. สถิติการส่งออกผักสด ปี 2551. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 173 หน้า.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. 2547. จุลชีววิทยาทางอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 150-165.

อุทิศ อุปมา. 2552. ผักขะแยง. ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตรประจำตำบลบุ่งหวาย สำนักงานเกษตรอำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี (สัมภาษณ์).

Ruiz-Cruz, S., E. Acedo-Felix, M. Diaz-Cinco, M.A. Islas-Osuna and G.A. Gonzalez-Aguilar. 2007. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H7,

Salmonella spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. Food Control. 18: 1383-1390.