บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

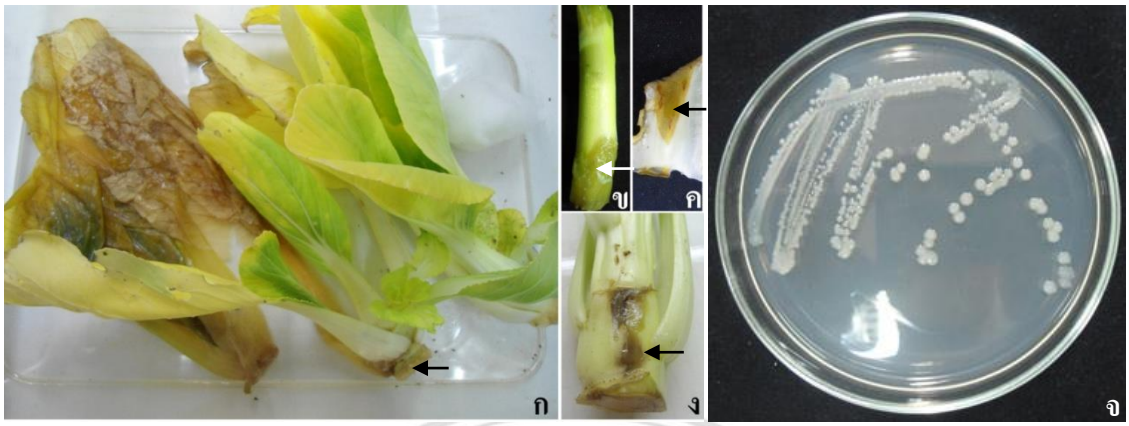
4.1 ศึกษาโรคที่เกิดจากแบคทีเรียในพืชผัก เชื้อสาเหตุของโรค และความสามารถในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อสาเหตุ

4.1.1 การแยกเชื้อบริสุทธิ์และการศึกษาอาการของโรค

จากการศึกษาอาการของโรคเน่าในพืชผักพบว่า โรคเน่าเละ ในระยะแรกพบเป็นจุดหรือบริเวณมีลักษณะฉ่ำน้ำคล้ายรอยช้ำเล็กๆ เนื้อเยื่อพืชจะอ่อนยุบตัวลงเน่าอย่างรวดเร็ว ต่อมาแผลจะขยายลุกลามออกไป และเริ่มเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลอ่อน แผลมีลักษณะเปียกและชื้นเป็นเมือกไหลเยิ้ม มีกลิ่นเหม็นจัด ภายในเวลา 2-3 วัน ผักจะเน่ายุบตายทั้งต้น เมื่อนำพืชที่แสดงอาการของโรคเน่าเละมาแยกเชื้อบริสุทธิ์เลี้ยงบนอาหาร NA พบว่าโคโลนีที่เจริญบน NA จะมีลักษณะค่อนข้างกลม นูนเล็กน้อย สีขาวครีมโปร่งแสง ส่วนของขอบโคโลนีเรียบเป็นมัน (ภาพที่ 4) และโรคเน่าดำ แผลจะเริ่มจากการที่เนื้อเยื่อเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและจะกลายเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมา ลักษณะอาการใบจะแห้งจากด้านขอบใบเข้าไปเป็นรูปสามเหลี่ยม ที่มีปลายแหลมชี้เข้าไปที่เส้นกลางใบ (รูปตัว V) ซึ่งเกิดจากเชื้อแบคทีเรียซึ่งจะเข้าทำลายทางปากใบหรือรูคายน้ำที่อยู่ตามขอบใบ (ประสาทพร และปัจฉิมา, 2530) บนเนื้อเยื่อที่แห้งจะมีเส้นกลางใบสีดำชัดเจน ทำให้ใบเหลืองและแห้ง อาการใบแห้งจะลามไปถึงกลางใบแล้วลุกลามไปถึงก้านใบและใบอื่นๆ ทำให้เกิดอาการใบเหี่ยวและแห้งตายของเนื้อเยื่อเป็นส่วนๆ แต่จะไม่มีกลิ่นเหม็นจัด เมื่อนำพืชที่แสดงอาการของโรคเน่าดำมาแยกเชื้อบริสุทธิ์ และเลี้ยงบนอาหาร NA พบว่าลักษณะโคโลนีที่เจริญบน NA มีสีเหลือง ส่วนของขอบโคโลนีเรียบกลม โคโลนีจะมีลักษณะนูนและค่อนข้างขุ่น แต่เมื่ออายุของเชื้อเพิ่มขึ้นโคโลนีจะบุ๋มลงไปในอาหารเล็กน้อย (ภาพที่ 5)

สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าเละและโรคเน่าดำ ได้ทั้งหมด 23 ไอโซเลท และ 18 ไอโซเลท ตามลำดับ ตั้งชื่อไอโซเลทของเชื้อโดยใช้อักษรตัวแรกจากชื่อวิทยาศาสตร์ของเชื้อสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคและอักษรตัวถัดมาจากชื่อสามัญของพืชแต่ละชนิด (ตารางที่ 1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 4 ลักษณะอาการของผักที่เป็นโรคเน่าและจากแหล่งปลูกและจากร้านค้าต่าง ๆ (ศรชี้) และเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรค

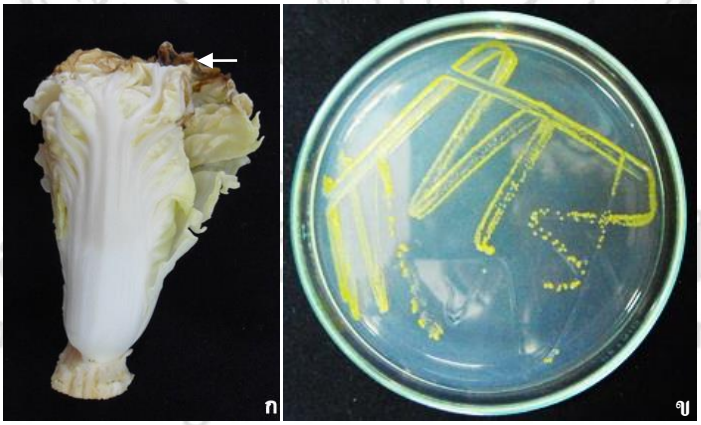
ก. ผักกาดฮ่องเต้

ข. ผักคะน้า

ค. ผักกาดหอมห่อ

ง. ผักกาดกวางตุ้ง

จ. ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ เจริญบนอาหาร NA อายุ 2 วัน



ภาพที่ 5 ลักษณะอาการโรคเน่าดำของผักกาดขาวปลีจากแหล่งปลูกในอำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (ก, ศรชี้) และลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้ เจริญบนอาหาร NA อายุ 3 วัน (ข)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1 จำนวนไอโซเลทของเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากแผลโรคเน่าเละและโรคเน่าดำของผักชนิดต่าง ๆ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NAหลังจากบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

	พืชอาศัย	ชื่อไอโซเลท	จำนวน
โรคเน่าเละ	1. ผักกาดขาวปลี (Chinese Cabbage-Pet Sai)	ECPS	5
	2. ผักกาดฮ่องเต้ (Chinese Cabbage-Pak Chai)	ECPC	4
	3. ผักคะน้า (Chinese Kale)	ECKA	2
	4. ผักกาดหอมห่อ (Head Lettuce)	EHLE	3
	5 .ผักกาดกวางตุ้ง (Chinese Cabbage-Pai Tsai)	ECPT	4
	6. มะเขือเทศเชอรี่ (Cherry Tomato)	ECTO	2
	7. กะหล่ำปลี (Cabbage)	ECCA	3
รวม			**23**
โรคเน่าดำ	1. กะหล่ำดอก (Cauliflower)	XCAU	4
	2. ผักกาดขาวปลี (Chinese Cabbage-Pet Sai)	XCPS	9
	3. ผักคะน้า (Chinese Kale)	XCKA	5
รวม			**18**

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

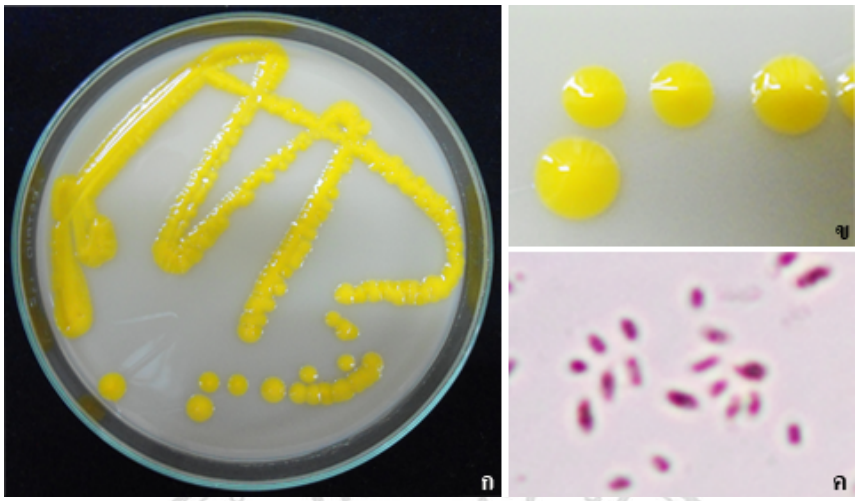
4.1.2 การศึกษาลักษณะของเชื้อสาเหตุและการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ

จากการศึกษาลักษณะของเชื้อสาเหตุและการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อพบว่า โคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหาร YDC โคโลนีสีเหลืองเข้ม รูปร่างกลม (circular) ขอบเรียบ (entire) โค้งนูนขึ้นมาจากอาหารเลี้ยงเชื้อมาก (pulvinate) พื้นผิวของโคโลนีเป็นเมือกเยิ้ม (mucoid) โคโลนีที่อยู่ใกล้กันจะไหลมารวมกัน เมื่อนำมาเลี้ยงบนอาหาร NA พบว่าโคโลนีของเชื้อมีขนาดประมาณ 1.5-2.0 มิลลิเมตร กลมนูนขึ้นมาจากอาหารเล็กน้อย (convex) สีเหลือง ขอบเรียบ (entire) ผิวเรียบเป็นมัน (smooth) เมื่อตรวจดูลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า รูปร่างของเชื้อเป็นแบบท่อนสั้น ๆ อยู่กระจายกันมากกว่าจะจับเป็นกลุ่ม ไม่สร้างสปอร์ ขนาดประมาณ 0.5×1.5-2.0 ไมครอน (ภาพที่ 6) ซึ่งเป็นลักษณะของแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* (Vicente *et al*,. 2002, ปิยรัตน์ และคณะ, 2553, Vicente and Holub, 2012)

โคโลนีของเชื้อที่เจริญบนอาหาร Endo-Agar โคโลนีสีแดงเข้มเหลือบโลหะ (metallic sheen) รูปร่างกลม (circular) ขอบเรียบ (entire) โค้งนูนขึ้นมาจากอาหารเลี้ยงเชื้อเล็กน้อย (convex) พื้นผิวของโคโลนีเป็นเมือกเยิ้ม (mucoid) เป็นมันและเหลือบแสง หลังจากนั้นโคโลนีจะเปลี่ยนเป็นสีชมพูและมีลักษณะเยิ้มเป็นมัน เมื่อนำมาเลี้ยงบนอาหาร NA พบว่าโคโลนีของเชื้อมีขนาดประมาณ 1.0-2.0 มิลลิเมตร กลมนูนขึ้นมาจากอาหารเล็กน้อย (convex) ขนาดเล็กสีขาวอมเทา ขอบเรียบ (entire) ผิวเรียบเป็นมัน (smooth) เมื่อตรวจดูลักษณะของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่า รูปร่างของเชื้อเป็นแบบท่อนสั้น (short rod) ไม่สร้างสปอร์ ขนาดประมาณ 0.5-1.0×1.0-2.0 ไมครอน (ภาพที่ 7) ซึ่งเป็นลักษณะของแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* (ศศิธร, 2545, นิโลบล, 2548 และ วิลาวรรณ์, 2551)

เมื่อนำไปทดสอบการติดสีย้อมของแกรม (Gram staining) ซึ่งอาศัยลักษณะแตกต่างที่ผนังเซลล์ตอบสนองต่อวิธีการย้อมสีเซลล์ โดยแบคทีเรียจะติดสีแดงของ Safranin-O และเมื่อทดสอบการทำปฏิกิริยากับสารละลายด่าง (KOH) 3 เปอร์เซ็นต์ เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากพืชที่แสดงอาการเน่าดำและเน่าเละ เป็นเมือกเหนียวติดขึ้นมากับปลาย loop จึงพิสูจน์ได้ว่าเชื้อแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดเป็นแบคทีเรียแกรมลบ เนื่องจากแบคทีเรียพวกแกรมลบมีผนังเซลล์บางเมื่อผสมกับ KOH 3 % จึงทำให้ผนังเซลล์แตก โครโมโซมที่อยู่ภายในเซลล์จึงหลุดออกมานอกเซลล์ทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น และมีลักษณะเป็นเมือกยืดเป็นสายได้ (Schaad *et al*., 2001)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

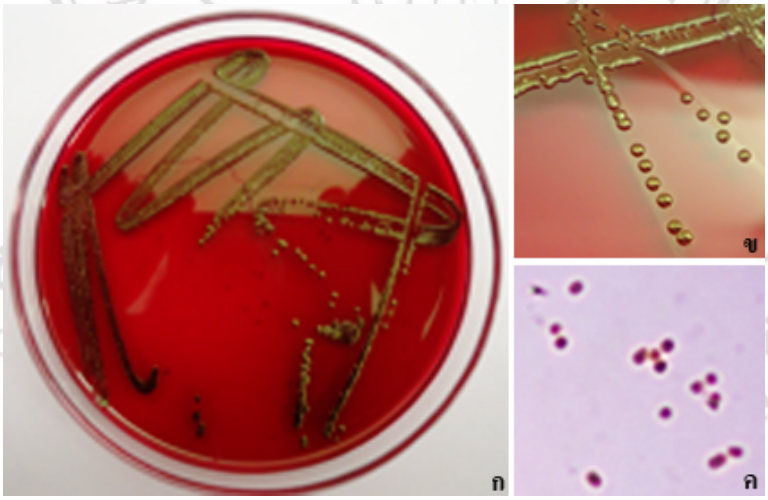


ภาพที่ 6 ลักษณะโคโลนีและรูปร่างเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* สาเหตุโรคเน่าดำของผัก

ก. โคโลนีที่เจริญบนอาหาร YDC อายุ 7 วัน

ข. ลักษณะโคโลนีมีสีเหลืองอ่อน รูปร่างกลม พื้นผิวของโคโลนีเป็นเมือกเยิ้ม โคโลนีที่อยู่ใกล้กันจะไหลมารวมกัน

ค. ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า



ภาพที่ 7 ลักษณะโคโลนีและรูปร่างเซลลของเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* สาเหตุโรคเน่าเละของผัก

ก. โคโลนีที่เจริญบนอาหาร Endo-Agar อายุ 3 วัน

ข. ลักษณะโคโลนีมีสีแดงเข้มเหลือบโลหะ รูปร่างกลม พื้นผิวของโคโลนีเป็นเมือกเยิ้มเป็นมันและเหลือบแสง

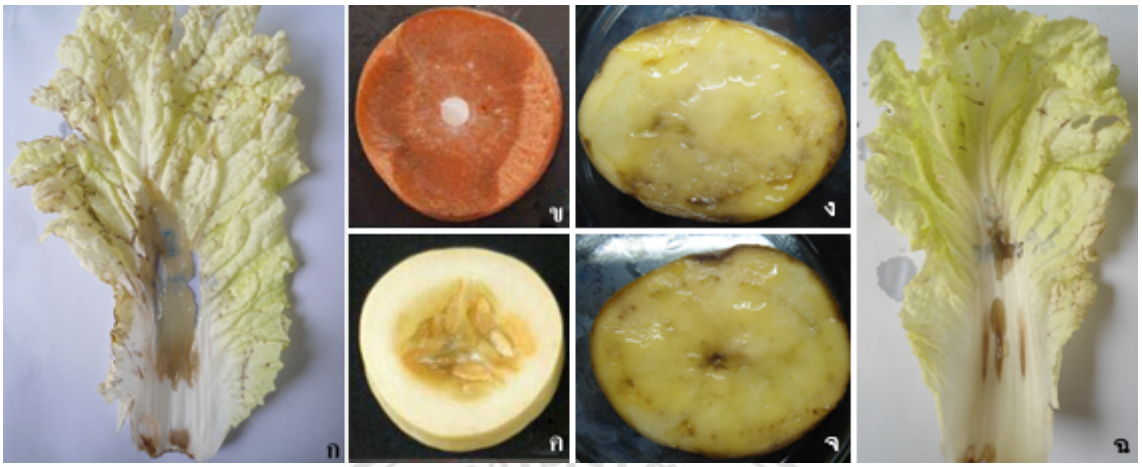
ค. ลักษณะรูปร่างเซลล์ของเชื้อแบคทีเรียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า

4.2 การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อสาเหตุ

ในการทดสอบความสามารถในการก่อให้เกิดโรคบนชิ้นมันฝรั่ง แตงกวา แครอท และ ผักกาดขาวปลี พบว่าแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเน่าเละทั้ง 23 ไอโซเลท ที่แยกได้มีความสามารถทำให้เกิดแผลเน่าบนพืชที่นำมาทดสอบ โดยมีลักษณะอาการที่เกิดและสังเกตเห็นได้ คือ แบคทีเรียมีการเจริญได้อย่างรวดเร็วบนชิ้นพืช มีของเหลวเยิ้มหรือเกิดฟองอยู่บริเวณรอยแผลที่ปลูกเชื้อแบคทีเรีย และชิ้นพืชตรงบริเวณที่ปลูกเชื้อมีลักษณะอ่อนนิ่มและเน่าเละรวมทั้งเกิดกลิ่นเหม็นจัด แสดงอาการและความรุนแรงแตกต่างกันไปแต่ละไอโซเลท สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hankin *et al*. (1971) ที่ได้สรุปว่าแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสร้างเอนไซม์เพคติเนส โดยส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียที่มักก่อให้เกิดโรคพืช (plant pathogenic bacteria) โดยเฉพาะแบคทีเรียในกลุ่ม soft rot bacteria ที่ทำให้เกิดอาการเน่าเละในพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schaad *et. al.* (2001) ที่ได้ศึกษาว่าเชื้อแบคทีเรียสกุล *Erwinia* กลุ่ม Carotovora เป็นพวกที่มีเอนไซม์เพคโตไลติค (pectolytic enzymes) ย่อยสลายเนื้อเยื่อหรือเซลล์พืชทำให้เกิดการเน่า (rot) หรืออาจเรียกว่าเน่าเละ (soft-rot) ส่วนแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเน่าดำทั้ง 18 ไอโซเลท ก็ทำให้เกิดอาการเน่าบนพืชที่นำมาทดสอบได้เช่นเดียวกัน (ภาพที่ 8) จะแสดงอาการและความรุนแรงแตกต่างกันไปในแต่ละไอโซเลท แต่อาการและกลิ่นเหม็นจะไม่รุนแรงเท่ากับแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคเน่าเละ

จากผลการทดลองความสามารถในการก่อให้เกิดโรคบนชิ้นพืช จึงได้คัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถทำให้ชิ้นพืชเกิดการเน่าเสียได้มากที่สุดมาทำการทดลองต่อไป ซึ่งได้แก่ เชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าดำ *X. campestris* ไอโซเลทที่แยกได้จากผักกาดขาวปลี (XCPS6) และแยกได้จากกะหล่ำดอก (XCAU3) และเชื้อแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุของโรคเน่าเละ *E. carotovora* ไอโซเลทที่แยกได้จากผักกาดขาวปลี (ECPS2) และแยกได้จากมะเขือเทศเชอรี่ (ECTO1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 8 อาการโรคเน่าของพืชผักหลังจากปลูกเชื้อด้วยแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* ไอโซเลทที่แยกได้จากผักกาดขาวปลี (ECC1) และแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ไอโซเลทที่แยกได้จากผักกาดขาวปลี (XCPS6)

ก. ผักกาดขาวปลีที่ถูกปลูกเชื้อโดย ECC1 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ข. แครอทที่ถูกปลูกเชื้อโดย ECC1เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ค. แตงกวาที่ถูกปลูกเชื้อโดย ECC1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ง. มันฝรั่งที่ถูกปลูกเชื้อโดย ECC1 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

จ. มันฝรั่งที่ถูกปลูกเชื้อโดย XCPS6 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ฉ. ผักกาดขาวปลีที่ถูกปลูกเชื้อโดย XCPS6 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การเตรียมน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าและการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่ผลิตได้จากการผลิตโดยใช้เครื่องผลิตยี่ห้อ SUPER OXSEED LABO ซึ่งอาศัยหลักการ electrolysis และใช้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้นต่าง ๆ (0.00625, 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์) แล้วเก็บไว้ในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้อง พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำ EO อยู่ระหว่าง 3.65-4.11 ค่าความสามารถในการแตกตัวของสารละลาย (EC) ที่วัดได้ อยู่ในช่วง 0.49-6.23 mS/cm โดยค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเกลือของน้ำ EO สำหรับค่าความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (available free chlorine) จะมีค่าสูงขึ้นตามความเข้มข้นเกลือของน้ำ EO เช่นเดียวกับค่า EC โดยค่า available free chlorine ที่วัดได้จากน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือต่าง ๆ มีค่าระหว่าง 0.40-137.00 ppm (ตารางที่ 2) ซึ่งนับว่าเป็นความเข้มข้นที่เพียงพอที่สามารถยับยั้งการเจริญหรือสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคลอรีนอิสระที่มีในผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้ออื่นๆ ที่มีขายตามท้องตลาด เช่น สารละลาย Clorox ที่ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระเท่ากับ 5.25-6.0 เปอร์เซ็นต์ (5.25×10^{2}-6.0×10^{4} ppm)

ค่า pH, EC และค่า available free chlorine ที่วัดได้นี้ไม่เสถียร และมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบๆ อาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการดำเนินงาน รวมไปถึงเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต กำลังไฟฟ้า ระยะเวลา ความเข้มข้นและชนิดของเกลือของเกลือที่ใช้ (จามรี, 2555) จึงทำให้คุณสมบัติของน้ำ EO ที่ผลิตขึ้นในแต่ละครั้งมีค่าแตกต่างกัน ดังรายงานผลการทดลองของสุจริตพรรณ (2556) ที่ผลิตน้ำ EO จากสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าน้ำ EO ที่ผลิตได้มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.71-3.93 และมีค่าความสามารถในการแตกตัวของสารละลาย (EC) อยู่ระหว่าง 1.81-4.13 mS/cm เมื่อวัดค่าความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (available free chlorine) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 18.7-165 ppm นอกจากนี้ Muhammad *et al*. (2002) ได้เตรียมน้ำ EO ขึ้นจากสารละลาย NaCl โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 8-10 แอมแปร์ และ 9-10 โวลต์ ตามลำดับ พบว่าค่า pH ของน้ำ EO อยู่ในช่วง 2.6-3.6 และค่า oxidation-reduction potential (ORP) เท่ากับ 1170±20 มิลลิโวลต์ และ Okull and Laborde (2004) ได้ผลิต น้ำ EO จากสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 19.0 แอมแปร์ สามารถวัดค่า pH ของน้ำ EO ได้เท่ากับ 3.1 ค่า oxidation-reduction potential (ORP) เท่ากับ 1133 มิลลิโวลต์ และค่าความเข้มข้นของคลอรีนอิสระเท่ากับ 59.6 ppm ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Sumida (1998) กล่าวว่าเครื่องผลิตน้ำ EO ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดนั้นแบ่งออกเป็น 4 ชนิดคือ type I, type II, type 1S และ type 3 โดยที่เครื่องผลิตแต่ละชนิดจะใช้ค่า pH อยู่ในช่วง 2.3-3.5, 2.5-3.5, 3.0-4.0 และ 5.0-6.0 ตามลำดับ แต่จะแตกต่างกับการทดลองของชนัญชิดา (2551) ที่เตรียมน้ำ EO จากการแยกสารละลาย NaCl ที่ความเข้มข้น 5, 25, 50 เปอร์เซ็นต์ และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลายเกลืออิ่มตัว ด้วยกระแสไฟฟ้า 8 แอมแปร์ และ 8 โวลต์ ที่ผ่านขั้วบวกและลบเป็นเวลา 20, 40 และ 60 นาที ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.97, 5.67 และ 5.08 ตามลำดับ และพบว่าระยะเวลาการผ่านกระแสไฟฟ้าที่นานขึ้นและการใช้ NaCl ที่เข้มข้นมากขึ้นทำให้มีค่า pH ต่ำลงและการใช้สารละลายเกลืออิ่มตัวโดยการผ่านกระแสไฟฟ้าเป็นเวลา 60 นาที จะมีค่า pH เท่ากับ 3.9 และค่าความเข้มข้นคลอรีนอิสระเท่ากับ 102 ppm นอกจากนี้การเตรียมน้ำ EO จากสารละลายเกลือที่ต่างชนิดกันจะมีผลทำให้คุณสมบัติของน้ำ EO แตกต่างด้วย เช่น Kim *et al*. (2004) ได้ทำการทดลองผลิตน้ำ EO จากสารละลาย NaCl, KCl และ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้นเท่ากัน แล้วพบว่าค่า pH ของน้ำ EO เท่ากับ 4.51, 4.95 และ 4.67 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าความสามารถในการแตกตัวของสารละลาย (electrolyte conductivity; EC) และค่าความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (available free chlorine) ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่เตรียมด้วยสารละลายเกลือ NaCl ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยผ่านกระแสไฟฟ้า 110 โวลต์ เป็นเวลา 15 นาที

ความเข้มข้นเกลือของน้ำ EO (%)	**pH**	**EC (mS/cm)**	**Available Free Chlorine (mg/L)**
น้ำกลั่น	7.23	-/1	0.00
0.00625	4.11	0.49	0.40
0.0125	3.81	0.89	1.40
0.025	3.53	1.49	2.30
0.05	3.76	2.40	17.00
0.1	3.64	3.40	44.25
0.2	3.62	4.10	57.25
0.3	3.60	4.92	68.00
0.4	3.64	5.57	98.75
0.5	3.65	6.23	137.00

/1ประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ไม่สามารถทำการวัดค่า EC ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคพืชในระดับห้องปฏิบัติการ

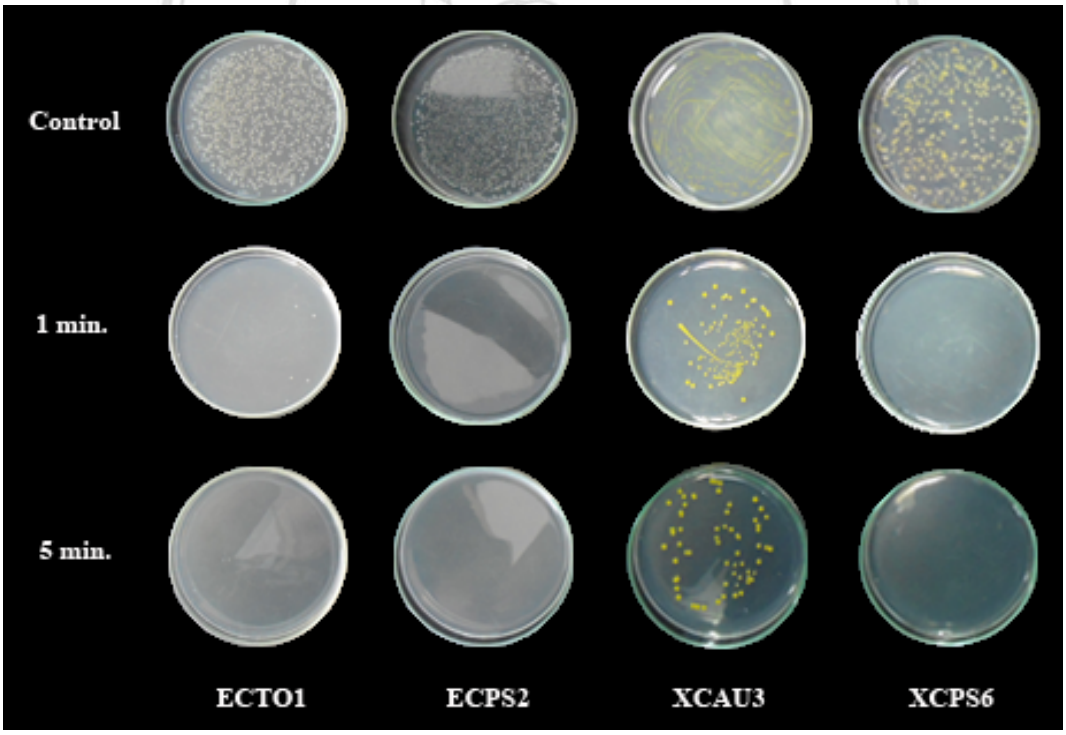
4.3.1 ศึกษาผลของน้ำ EO ต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย

จากการศึกษาและทดสอบผลของน้ำ EO ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อการเจริญของเชื้อแบคทีเรียสองชนิดคือ *E. carotovora* และ *X. campestris* โดยวิธีการแช่เซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรียความเข้มข้น 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร กับน้ำ EO ที่ความเข้มข้นเกลือต่าง ๆ เจือจางลง 1 เท่า โดยมีความเข้มข้นเกลืออยู่ระหว่าง 0.00313-0.25 เปอร์เซ็นต์ แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 และ 5 นาที ตามลำดับ จากนั้นนำไปเลี้ยงบนอาหาร NA ด้วยวิธี spread plate เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ พบว่าบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เชื้อ *E. carotovora* ไอโซเลท ECPS2 กรรมวิธีที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ (ชุดควบคุม) แบคทีเรียสามารถเจริญได้เป็นปกติ ในขณะที่แบคทีเรียที่ผ่านการแช่รวมกับน้ำ EO ทุกความเข้มข้นและแช่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อ *E. carotovora* ไอโซเลท ECTO1 ในชุดควบคุมแบคทีเรียสามารถเจริญได้เป็นปกติ แต่กรรมวิธีที่แช่รวมกับน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.00313 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 และ 5 นาที แบคทีเรียสามารถเจริญได้น้อย คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยังยั้ง 99.51 และ 99.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่แช่รวมกับน้ำ EO ความเข้มข้นอื่นและแช่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9 และตารางที่ 3)ส่วนเชื้อ *X. campestris* ไอโซเลท XCPS6 ในชุดควบคุมแบคทีเรียสามารถเจริญได้เป็นปกติ ในขณะที่แบคทีเรียที่ผ่านการแช่รวมกับน้ำ EO ทุกความเข้มข้นและแช่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ ไม่สามารถเจริญได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อ *X. campestris* ไอโซเลท XCAU3 ในชุดควบคุมแบคทีเรียสามารถเจริญได้เป็นปกติ แต่กรรมวิธีที่แช่รวมกับน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.00313 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 1 นาที แบคทีเรียสามารถเจริญได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 84.16 เปอร์เซ็นต์ และที่เวลา 5 นาที แบคทีเรียสามารถเจริญได้เช่นเดียวกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 92.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่แช่รวมกับน้ำ EO ความเข้มข้นอื่นและแช่ทิ้งไว้ในระยะเวลาต่าง ๆ แบคทีเรียไม่สามารถเจริญได้ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 9 และตารางที่ 4)

ซึ่งผลการทดลองที่ได้ก็สอดคล้องกับรายงานของ Venkitanarayanan *et al*. (1999b) ได้ทำการทดสอบแช่เซลล์แบคทีเรีย *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis* และ *Listeria. monocytogenes* ในน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า พบว่าเมื่อแช่เซลล์แบคทีเรีย ที่อุณหภูมิ 4 หรือ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ประชากรของแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิดลดลง 7 log

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CFU/ml แล้วแบคทีเรียจะตายหมดหากแช่เป็นเวลา 10 นาทีขึ้นไป เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ใช้น้ำ deionized ไม่แตกต่างกับรายงานของ Hoon *et al*. (2004) ว่าความเข้มข้นคลอรีนที่เท่ากับหรือมากกว่า 1.0 mg/l จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* O157:H7 และ *L. monocytogenes* ได้อย่างสมบูรณ์ และยังพบว่าการใช้น้ำ EO ที่มีค่าความเข้มข้นคลอรีนที่สูงขึ้น และค่า pH ที่ต่ำลง จะสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีขึ้นตามลำดับ และ Ken *et al*. (2005) ใช้น้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือ KCl 1.7 เปอร์เซ็นต์ กำจัดเชื้อ *X. campestris* pv. *vitians*, *Pseudomonas. syringae* pv. *coriandricola* และ *E. carotovora* subsp. *carotovora* ในห้องปฏิบัติการพบว่าหลังจากแช่เชื้อในน้ำ EO เป็นเวลา 1 นาที สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อได้ จาก $\log_9$ เป็น $\log_{10}$ CFU/ml Paola *et al*. (2005) ได้รายงานว่าหากทดลองใช้น้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ NaCl 5.0 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเซลล์แขวนลอยของเชื้อ *L. monocytogenes* (10^9 CFU/ml) แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าหลังแช่เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนประชากรของเชื้อลงได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 9 การยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* (ECTO1 และ ECPS2) และ *Xanthomonas. campestris* (XCAU3 และ XCPS6) ของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่ความเข้มข้นเกลือ 0.00313 เปอร์เซ็นต์ หลังจากแช่เชื้อเป็นเวลา 1 และ 5 นาที บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (control) ที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 3 อัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* หลังแช่ร่วมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่เตรียมด้วยสารละลายเกลือ NaCl ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 1 และ 5 นาที

ไอโซเลท	กรรมวิธี	อัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora*	
		1 นาที	5 นาที
ECPS 2	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ	+++++	+++++
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00313 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00625 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.0125 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.025 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.10 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.15 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.20 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.25 %	-	-
ECTO 1	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ	+++++	+++++
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00313 %	+	+
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00625 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.0125 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.025 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.10 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.15 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.20 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.25 %	-	-

<u>หมายเหตุ</u>

+++++	เชื้อเจริญเติบโตได้มากที่สุด
++++	เชื้อเจริญเติบโตได้มาก
+++	เชื้อเจริญเติบโตได้ปานกลาง
++	เชื้อเจริญเติบโตได้น้อย
+	เชื้อเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด
-	เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 อัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* หลังแช่ร่วมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่เตรียมด้วยสารละลายเกลือ NaCl ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ระยะเวลา 1 และ 5 นาที

ไอโซเลท	กรรมวิธี	อัตราการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris*	
		1 นาที	5 นาที
XCPS 6	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ	++++	++++
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00313 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00625 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.0125 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.025 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.10 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.15 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.20 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.25 %	-	-
XCAU 3	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ	+++++	+++++
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00313 %	+++	++
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00625 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.0125 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.025 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.10 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.15 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.20 %	-	-
	เชื้อสาเหตุที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.25 %	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

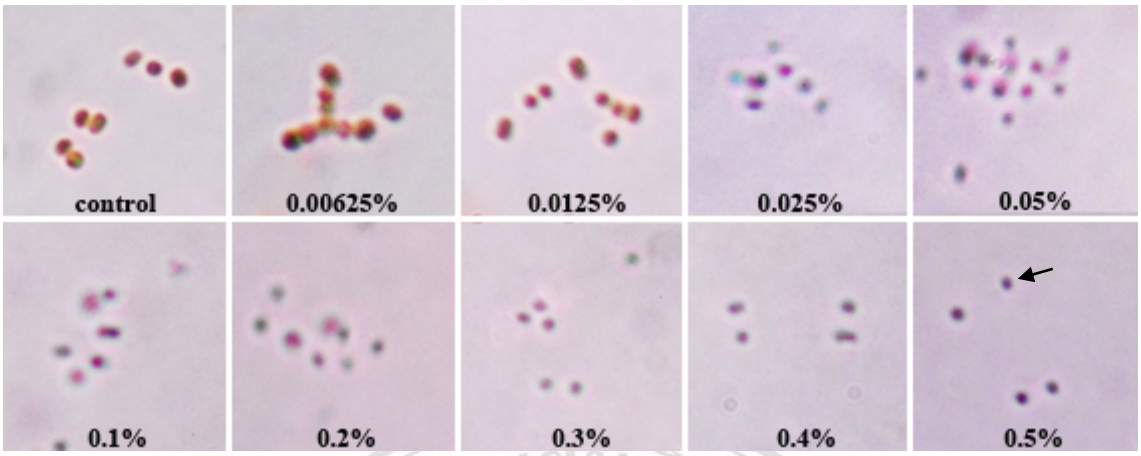
หมายเหตุ

+++++	เชื้อเจริญเติบโตได้มากที่สุด
++++	เชื้อเจริญเติบโตได้มาก
+++	เชื้อเจริญเติบโตได้ปานกลาง
++	เชื้อเจริญเติบโตได้น้อย
+	เชื้อเจริญเติบโตได้น้อยที่สุด
-	เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตได้

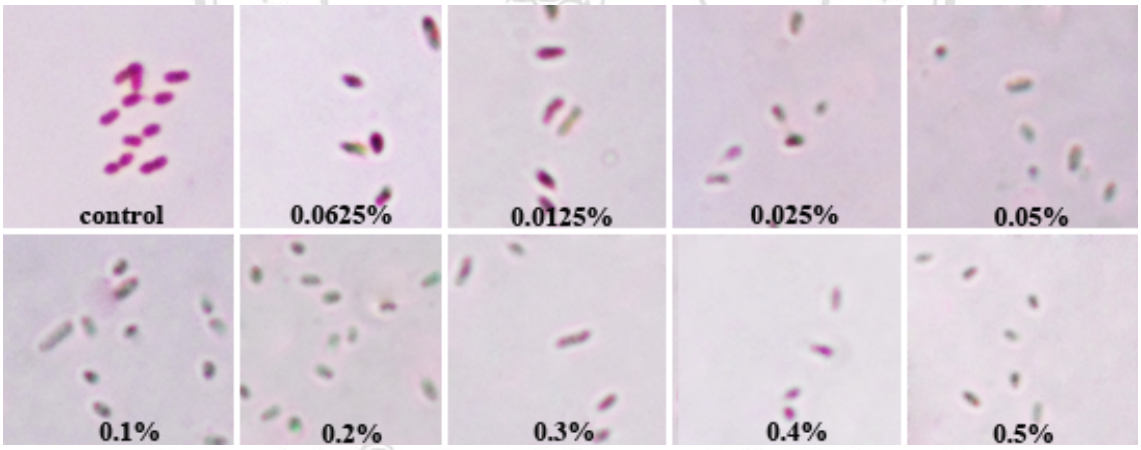
4.3.2 ศึกษาผลของน้ำ EO ต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ลักษณะของเชื้อแบคทีเรีย

จากการนำเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรียสองชนิดคือ *E. carotovora* และ *X. campestris* แช่รวมกับน้ำ EO ที่ความเข้มข้นเกลือต่าง ๆ เจือจางลง 1 เท่า แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที มาตรวจสอบผลของน้ำ EO ต่อการเปลี่ยนแปลงโครสร้างของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1000 เท่า พบว่าลักษณะรูปร่างของเชื้อแบคทีเรียทั้งสองที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เซลล์ของแบคทีเรียจะมีขนาดเล็กลง และติดสีย้อมได้น้อย ซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างชัดเจน ยกเว้นแบคทีเรียที่แช่ในน้ำ EO ความเข้มข้น 0.00625 และ 0.0125 เปอร์เซ็นต์ เซลล์มีลักษณะไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ภาพที่ 10 และ 11) ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 4.3.1 เมื่อแช่เชื้อแบคทีเรียรวมกับน้ำ EO แล้วตรวจสอบการเจริญบนอาหาร NA พบว่าเชื้อไม่สามารถเจริญได้ ทั้งนี้ Bearson *et al.* (1997) ได้อธิบายว่าสารอินทรีย์ที่มีสภาพเป็นกรดสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้เพราะละลายได้ในไขมัน เมื่อเยื่อหุ้มเซลล์ถูกทำลายสารภายในเซลล์จะเกิดการรั่วไหลออกมาเซลล์แบคทีเรียจึงมีขนาดเล็กลงและติดสีย้อมได้น้อย ถึงแม้ว่าไม่สามารถทำให้โครงสร้างและลักษณะของเชื้อแบคทีเรียเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน แต่เมื่อแช่เชื้อแบคทีเรียรวมกับน้ำ EO แล้ว เชื้อไม่สามารถเจริญได้ นอกจากนั้นเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกสุด (outer membrane) ของแบคทีเรียแกรมลบเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย lipopolysaccharide (LPS), lipoprotein, phospholipid, transport protein และ receptor เมื่อสัมผัสกับน้ำ EO ที่มีสภาพเป็นกรดของสารละลายไฮโปคลอรัส (HOCl) โดยตรง จะทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกสุดของแบคทีเรียให้อ่อนตัวลง ส่งผลให้กรด HOCl ซึมเข้าสู่ภายในเซลล์แบคทีเรียได้ง่ายขึ้น เมื่อผ่านเข้าไปในเซลล์แล้วกรดจะแตกตัวปล่อยโปรตอนเข้าไปใน cytoplasm ทำให้เกิดสภาวะที่เป็นกรดและกระจายไปทั่วเซลล์ มีผลยับยั้งกระบวนการ metabolism ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย โดยเกิดปฏิกิริยากับเซลล์มีผลทำลายเซลล์หรือยับยั้งแบคทีเรีย (Fuller, 1989)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 10 ลักษณะการติดสีย้อมและรูปร่างของเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* ที่มีขนาดเล็กลงและติดสีของ safranin-O ได้น้อย (ศรชี้) หลังจากแช่รวมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่เตรียมด้วยสารละลายเกลือ NaCl ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ



Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 11 ลักษณะการติดสีย้อมและรูปร่างของเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ที่มีขนาดเล็กลงและติดสีของ safranin-O ได้น้อย (ศรชี้) หลังแช่รวมกับน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่เตรียมด้วยสารละลายเกลือ NaCl ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 5 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

4.4 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำออกซิไดส์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าในการลดโรคเน่าที่เกิดจากแบคทีเรียบนผักอินทรีย์

4.4.1 การทดสอบวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์

จากการทดลองล้างผักกาดกวางตุ้ง ด้วยน้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผล และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง พบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้ผักกาดกวางตุ้งเสียหาย แต่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ใบของผักกาดกวางตุ้งแสดงอาการช้ำฉ่ำน้ำระหว่างเส้นใบ และเนื้อเยื่อใบยุบตัว (ภาพที่ 12) ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของกับของสุจริตพรรณ (2556) ได้ทำการทดลองทดสอบพิษของน้ำ EO กับต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่น โดยวิธีการพ่นน้ำ EO แต่ละความเข้มข้นลงบนต้นพืช สัปดาห์และ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ยอดที่แตกใหม่และใบเลี้ยงของต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่นเกิดอาการไหม้ หลังจากผ่านการพ่นเป็นเวลา 5 วัน เช่นเดียวกันกับการทดสอบความเป็นพิษต่อต้นแตงกวาญี่ปุ่นในสภาพโรงเรือน พบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.4 และ0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ต้นแตงกวาญี่ปุ่นเกิดอาการใบไหม้เป็นแผลสีขาว หลังจากผ่านการพ่นเป็นเวลา 3 วัน และมีรายงานว่าการใช้น้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือ KCl 1.7 เปอร์เซ็นต์ ฉีดพ่นบนผักกาดหอม มะเขือเทศ พริก และแรดิช พบว่ามีผลเป็นพิษกับพืชที่ปลูกในโรงเรือน (Ken *et al*., 2005)

ผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ที่ล้างด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น จะเกิดการเน่าเร็วกว่าชุดควบคุม (ภาพที่ 13) และจะเริ่มแสดงอาการใบเหลือง หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน จากนั้นบริเวณใบ ก้านใบ และโคนต้นจะเน่า และทุกกรรมวิธีที่ล้างด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผล รวมถึงความสูญเสียจากอาการใบเหลืองจะเพิ่มขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน (ตารางที่ 5) อาจเนื่องมาจากระดับความเข้มข้นของกรด HOCl รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงทำให้ความเป็นพิษของคลอรีนในน้ำ EO สูงมากขึ้น (Capuzzo, 1979) รวมทั้งสารละลาย NaCl ที่ใช้ในการผลิต น้ำ EO มีความเข้มข้นสูง ส่งผลให้มีความเป็นพิษต่อพืช (Fernandez *et al*., 2011)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 12 ลักษณะอาการใบช้ำฉ่ำน้ำและเป็นจุดสีเหลือง (ศรชี้) เนื้อเยื่อใบยุบตัวทั้งด้านหน้าใบ (ข) และหลังใบ (ค) ของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ ที่เกิดจากความเป็นพิษของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่ความเข้มข้นเกลือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผล (ก)

ภาพที่ 13 ความสูญเสียจากการเน่าของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ที่ล้างผลิตผลด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ในการทดสอบหาวิธีการปฏิบัติที่เหมาะสม โดยวิธีการล้างผลิตผลด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 2	วันที่ 3	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	0	75	25	25	2.32 [BC/3]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	25	75	25	50	5.49 [A]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	25	100	0	50	3.21 [B]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	25	100	50	75	1.54 [C]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	25	100	0	75	2.05 [BC]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.4 %	75	100	50	100	4.95 [A]
ล้างด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.5 %	100	100	25	100	4.76 [A]
$LSD_{0.05}$					1.27
CV (%)					20.86

[/1] จากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 4 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 4 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.2 การทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำ EO ในผักอินทรีย์

เนื่องจากผลการทดลอง 4.4.1 ที่ได้ล้างผลิตผลผักอินทรีย์ด้วยน้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ นั้นทำให้ผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์เกิดความสูญเสียและการเน่าเร็วขึ้น จึงได้ทำการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยเปลี่ยนจากกรรมวิธีที่ล้างผักเป็นกรรมวิธีเช็ดเฉพาะโคนและรอยตัดของผักเท่านั้น และเก็บรักษาผักไว้ที่อุณหภูมิห้อง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผลและการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบว่ารอยตัดของผักกาดกวางตุ้งที่เช็ดด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้นจะมีสีคล้ำกว่าชุดควบคุมและเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน เนื่องจากการใช้น้ำ EO จะเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ polyphenoloxydase ให้มากขึ้น ส่งผลให้ผักเกิดรอยช้ำสีน้ำตาล (Rico *et al*., 2008) การเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าจะลดรอยคล้ำบริเวณรอยตัดลงได้ แต่ทำให้ผักเหี่ยวเร็วกว่าชุดควบคุมและการเช็ดโคนและรอยตัด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น (ภาพที่ 14) กรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.2 เปอร์เซ็นต์ และเช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ยังไม่พบอาการใบเหลือง หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน แต่หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน ทุกกรรมวิธีแสดงอาการใบเหลืองเหมือนกันหมด การเช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.05 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองมากกว่าชุดควบคุม คือ 66.67 และ 88.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีเพียงกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่แสดงอาการเน่า มีเปอร์เซ็นต์เน่า 33.33 เปอร์เซ็นต์ และทุกกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุม ยกเว้นกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.3 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากกว่าชุดควบคุม คือ 14.14, 16.91 และ 24.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6) ดังนั้นจึงเลือกใช้น้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2 และ0.3 เปอร์เซ็นต์ ไปใช้ในการทดลองต่อไป

ภาพที่ 14 การเกิดโรคเน่าของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ความเข้มข้นต่าง ๆ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผลและการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ (200 ppm) หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ในการทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยวิธีการเช็ดผลิตผลด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 2	วันที่ 4	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	33.33	50.00	16.67	33.33	13.05 $^{BC/3}$
เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 0.02 %	0	33.33	0	0	24.68 ^{A}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	33.33	66.67	0	0	12.28 ^{BC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	16.67	88.33	0	0	12.76 ^{BC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	0	33.33	0	0	12.72 ^{BC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	16.67	50.00	0	0	14.14 ^{BC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.4 %	33.33	50.00	16.67	33.33	16.91 ^{B}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.5 %	16.67	50.00	16.67	33.33	10.42 ^{C}
$LSD_{0.05}$					6.08
CV (%)					32.27

[/1] จากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 6 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

4.4.3 ศึกษาประสิทธิภาพของน้ำ EO ในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์

เนื่องจากการทดลอง 4.4.2 ที่ได้ทดสอบหาความเข้มข้นที่เหมาะสมหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์พบว่าการใช้วิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความสูญเสียจากการเน่าได้ เมื่อเก็บผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิห้อง จึงนำความเข้มข้นดังกล่าวมาทดลองต่อกับผักกาดหวานอินทรีย์และผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ โดยใช้กรรมวิธีเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO ที่ผลิตจากสารละลายเกลือที่ระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผลและการเช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาผลิตผลทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักกาดหวานอินทรีย์

พบว่าผักกาดหวานที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน ทุกกรรมวิธีแสดงอาการเน่า และมีจุดสีน้ำตาลคล้ำบนใบ 100 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่าน้ำ EO ไม่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดหวานที่อุณหภูมิห้องได้ กรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 5.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7)

ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส รอยตัดบริเวณโคนต้นผักกาดหวานอินทรีย์ที่เช็ดด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้นจะมีรอยคล้ำกว่าชุดควบคุม และการเช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน กรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ และทุกกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO จะมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองน้อยกว่าชุดควบคุม ยกเว้นกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองมากกว่าชุดควบคุม คือ 58.33 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน มีเพียงกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์และกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองน้อยกว่าชุดควบคุม คือ 50.00 และ 55.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และทุกกรรมวิธีจะแสดงอาการเหี่ยว 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 6 วัน เมื่อเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ผักกาดหวานอินทรีย์ที่นำมาทดลองในทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการเน่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาผลิตผลไว้ที่อุณหภูมิต่ำสามารถลดความสูญเสียกับผักได้มากกว่า ซึ่งกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้นและกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดหวานอินทรีย์ในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 2	วันที่ 4	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	93.33	100	0	0	10.22 [A/3]
เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 0.02 %	100	100	0	22.22	8.86 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	93.33	100	0	26.67	9.40 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	66.67	100	0	33.33	9.88 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	75.00	100	0	33.33	9.75 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	100	100	0	41.67	5.02 [B]
$LSD_{0.05}$					3.60
CV (%)					27.55

[/1] จากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 12 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 4 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดหวานอินทรีย์ในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 2	วันที่ 4	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	55.56	77.78	0	0	5.13 [A/3]
เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 0.02 %	20.00	55.33	0	0	4.99 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	11.11	77.78	0	0	6.77 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	47.33	80.00	0	0	4.83 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	58.33	91.67	0	0	7.26 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	8.33	50.00	0	0	6.03 [A]
$LSD_{0.05}$					2.69
CV (%)					30.33

[/1] จากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 12 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 4 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

<u>ผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์</u>

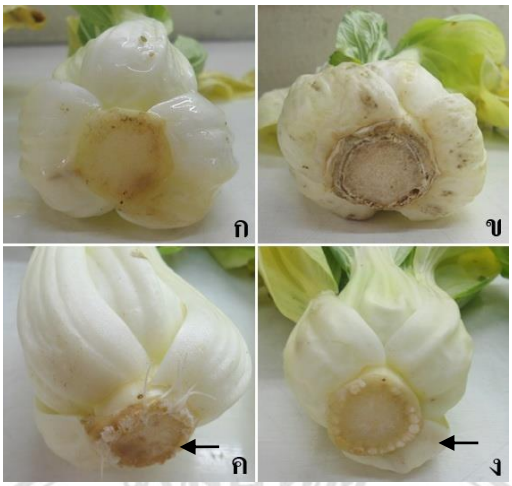
พบว่าที่อุณหภูมิห้อง รอยตัดของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จะแสดงอาการช้ำเป็นจุดและเหี่ยว หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จะพบว่าบริเวณรอยตัดเหี่ยวเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและกรรมวิธีที่เช็ดโคนและด้วยน้ำ EO และยังพบว่าบริเวณรอยตัดของผักกาดฮ่องเต้ที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น จะสร้างเนื้อเยื่อเจริญเป็นปุ่ม ๆ หรือสร้างรากออกมารอบ ๆ ขอบรอยตัด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่พบการสร้างเนื้อเยื่อเพิ่มเติม ซึ่งน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือน้อย ๆ จะทำให้ผักกาดฮ่องเต้มีการสร้างรากออกมามากกว่าน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือที่สูง (ภาพที่ 15) เนื่องมาจากความเข้มข้นของของสารละลาย NaCl ที่ใช้ในการผลิตน้ำ EO ส่งผลให้เกิดความเป็นพิษกับพืช เกิดการเปลี่ยนแปลงสรีระของพืช (Fernandez *et al*., 2011) หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 วัน มีเพียงกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.05 เปอร์เซ็นต์ และน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่ไม่พบความสูญเสียจากอาการใบเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน ทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ไม่แสดงอาการเน่า มีเพียงกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีน 0.02 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุมเท่านั้นที่แสดงอาการเน่า โดยมีเปอร์เซ็นต์การเน่าเท่ากันคือ 8.33 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05, 0.1 และ 0.3 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยกว่าชุดควบคุม โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดเท่ากับ 6.50, 6.76 และ 5.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส รอยตัดของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จะแสดงอาการเหี่ยวและมีสีคล้ำลงเช่นเดียวกัน แต่ในทุกกรรมวิธี ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ไม่พบการสร้างรากเพิ่มเติม (ภาพที่ 16) หลังจากเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 วัน แล้ว ไม่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองและเปอร์เซ็นต์การเน่าเลย มีเพียงแค่ชุดควบคุมเท่านั้นแสดงอาการเหี่ยวแต่ใบไม่เหลือง กรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้นและกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ จะมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10) และเมื่อเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้ไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 14 วัน พบว่าในชุดควบคุมผักจะแสดงอาการเหี่ยวและใบเหลืองทุกต้น แต่ไม่แสดงอาการเน่า กรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ ผักจะแสดงอาการเหี่ยวมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และใบเหลืองทุกต้น โคนต้นและรอยตัดช้ำ มีสีคล้ำ ส่วนกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำ EO ทุกความเข้มข้น ผักจะแสดงอาการเหี่ยวและใบเหลืองน้อยกว่าทั้งสองกรรมวิธี และพบว่าพื้นที่ใบที่เป็นสีเขียวจะมากกว่าใบเหลือง ส่วนใบที่เป็นยอดอ่อนก็ยังคงมีสีเขียวด้วยเช่นกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 15 รอยตัดของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่เช็ดโคนและด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ (ข) น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ความเข้มข้นเกลือ 0.05 (ค) และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (ง) ที่สร้างเนื้อเยื่อและรากออกมา (ศรชี้) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ก) หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 9 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 4 วัน

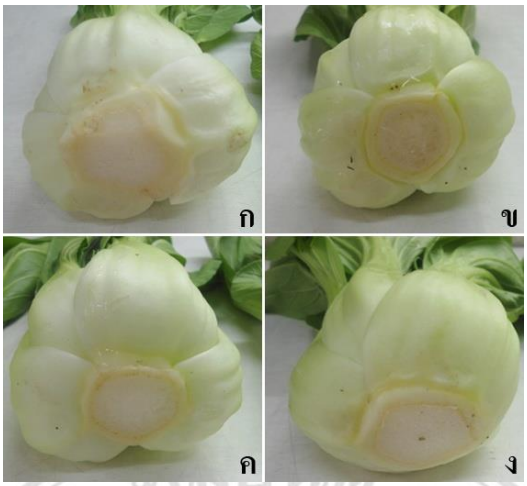
กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 2	วันที่ 4	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	25.00	41.67	0	8.33	12.38 $^{ABC/3}$
เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 0.02 %	0	25.00	0	8.33	14.95 ^{AB}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	0	25.00	0	0	6.50 ^{BC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	8.33	25.00	0	0	6.76 ^{ABC}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	8.33	16.67	0	0	15.14 ^{A}
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	8.33	33.33	0	0	5.80 ^{C}
$LSD_{0.05}$					4.12
CV (%)					59.66

[/1] จากจำนวนผักกาดฮ่องเต้ในกรรมวิธีละ 12 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 4 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 16 รอยตัดของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ที่เช็ดโคนและด้วยน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ (ข) น้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ความเข้มข้นเกลือ 0.05 (ค) และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (ง) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ก) หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของผักกาดฮ่องเต้อินทรีย์ในการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด (eletrolyzed oxidizing water; EO) ในการยับยั้งการเกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยวของผักอินทรีย์ โดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำอิเล็กโทรไลต์ชนิดกรด ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง[/1]		เปอร์เซ็นต์การเน่า[/1]		เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด[/2]
	วันที่ 2	วันที่ 4	วันที่ 2	วันที่ 4	
ชุดควบคุม (ไม่ล้างและเช็ด)	0	0	0	0	6.28 [A/3]
เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 0.02 %	0	0	0	0	8.21 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 %	0	0	0	0	7.23 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 %	0	0	0	0	7.26 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 %	0	0	0	0	7.61 [A]
เช็ดด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 %	0	0	0	0	4.59 [A]
$LSD_{0.05}$					2.30
CV (%)					48.82

[/1] จากจำนวนผักกาดฮ่องเต้ในกรรมวิธีละ 12 ต้น

[/2] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจาก 4 ซ้ำ

[/3] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 การประยุกต์ใช้น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าเปรียบเทียบกับสารฆ่าเชื้อชนิดอื่น

จากการทดลองการประยุกต์ใช้น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าโดยศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียของผักอินทรีย์ ทำการทดลองกับผัก 3 ชนิด ได้แก่ ผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์, ผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ และผักกาดหวานอินทรีย์ โดยใช้น้ำ EO เช็ดโคนและรอยตัดของผัก เปรียบเทียบกับสารละลายฆ่าเชื้อชนิดอื่น ได้แก่ น้ำโอโซน, น้ำผสมด่างทับทิม, น้ำผสมผงฟู และน้ำผสมคลอรีน เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส บันทึกผลการทดลองได้ดังนี้

<u>ผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์</u>

จากการศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาผักกาดฮ่องเต้เล็กไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง มีอายุการเก็บรักษานาน 1 วัน โดยผักกาดฮ่องเต้เล็กแสดงอาการขอบใบเหลือง จากนั้นบริเวณก้านใบและโคนต้นจึงเน่า ซึ่งกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิมและน้ำผสมผงฟู จะแสดงอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การเน่า 60.00 และ 39.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ส่วนกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซนพบอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 4 วัน กรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO และน้ำผสมคลอรีน พบอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 5 วัน (ตารางที่ 11) (ภาพที่ 17 และ 18) การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้เล็กหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุดเท่ากับ 2.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

สำหรับการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าในทุกกรรมวิธีมีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน จึงพบอาการใบเหลือง โดยพบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองน้อยที่สุดเท่ากับ 25.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้เล็กหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่าในกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดมากที่สุด 5.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำผสมคลอรีนและน้ำผสมด่างทับทิม มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด คือ 2.15 และ 2.18 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14) หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 15 วัน พบว่าลักษณะทั่วไปของผักกาดฮ่องเต้เล็กในทุกกรรมวิธีไม่พบอาการเน่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเน่าของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ และอายุการเก็บรักษา หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเน่า
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	3	50.00[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	4	35.71
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	5	38.89
เช็ดโคนและรอยตัดผลิตผลด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	3	60.00
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	3	39.58
เช็ดผโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	5	27.92

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าจากจำนวนผักกาดฮ่องเต้เล็กในกรรมวิธีละ 9 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ภาพที่ 17 อาการเน่าของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ที่ศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

ภาพที่ 18 ลักษณะโคนต้นของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ที่ศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน

ตารางที่ 12 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	2.31 [/1BC/2]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	2.66 [AB]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	2.47 [ABC]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	2.12 [C]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	2.48 [ABC]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	2.76 [A]
LSD	**2.02**
CV (%)	**18.02**

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจากจำนวนผักกาดฮ่องเต้เล็กในกรรมวิธีละ 9 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

[/2] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	6	45.83[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	6	36.67
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	6	27.78
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	6	34.44
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	6	45.42
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	6	25.83

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองจากจำนวนผักกาดฮ่องเต้เล็กในกรรมวิธีละ 9 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ตารางที่ 14 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดฮ่องเต้เล็กอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	1.83[/1C/2]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	5.63 [A]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	3.09 [B]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	2.15 [C]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	3.56 [B]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	2.18 [C]
LSD	**0.80**
CV (%)	**27.63**

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจากจำนวนผักกาดฮ่องเต้เล็กในกรรมวิธีละ 9 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

[/2] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์

จากการศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาผักกาดกวางตุ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง จะเริ่มแสดงอาการใบเหลืองหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นบริเวณก้านใบและโคนต้นจึงเน่า (ตารางที่ 15) โดยในทุกกรรมวิธีพบว่ามีอาการใบเหลืองไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ภาพที่ 19) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียที่เกิดจากอาการเน่าของทั้ง 6 กรรมวิธี หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO มีเปอร์เซ็นต์การเน่าน้อยที่สุด 11.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16) การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์หลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิมมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด 0.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 17)

สำหรับการเก็บรักษาผักกาดกวางตุ้งไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าในกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน, น้ำโอโซน, น้ำ EO และน้ำผสมด่างทับทิม มีอายุการเก็บรักษานาน 6 วัน จึงเริ่มพบอาการใบเหลือง ยกเว้นในกรรมวิธีที่เช็ดผลิตผลด้วยน้ำผสมผงฟูและชุดควบคุม จะพบอาการใบเหลืองเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน โดยกรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO และน้ำผสมด่างทับทิม มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองน้อยที่สุด คือ 8.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 18) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 7 วัน พบอาการใบเหลืองในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 19) และหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ในทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการเน่า

ตารางที่ 15 เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	2	69.44[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	2	79.45
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	2	75.00
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	2	100
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	2	38.89
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	2	65.28

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองจากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 19 อาการเน่าของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ที่ศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

ตารางที่ 16 เปอร์เซ็นต์การเน่าของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเน่า
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	3	13.89[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	3	32.22
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	3	11.11
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	3	22.22
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	3	33.33
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	3	31.94

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าจากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	1.37[/1AB/2]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	1.86 [A]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	0.49 [B]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	0.48 [B]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	1.57 [A]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	1.26 [AB]
LSD	**2.04**
CV (%)	**63.91**

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

[/2] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 18 เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	6	0[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	6	14.72
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	6	8.33
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	6	8.33
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	6	0
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	6	31.39

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองจากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	7	41.67[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	7	80.00
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	7	47.22
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	7	63.89
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	7	94.44
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	7	100

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองจากจำนวนผักกาดกวางตุ้งในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 4 ต้น

ผักกาดหวานอินทรีย์

จากการศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวและเก็บรักษาผักกาดหวานไว้ที่อุณหภูมิห้องและในตู้เย็นอุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส พบว่าทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเริ่มแสดงอาการใบเหลืองหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 วัน จากนั้นบริเวณโคนต้นจึงเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 2 วัน (ตารางที่ 20) ส่วนการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน, น้ำ EO และชุดควบคุม (ไม่มีการล้างและเช็ดผลิตผล) จะเริ่มแสดงอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน (ภาพที่ 20) เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเน่าหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO มีเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียจากอาการเน่าน้อยที่สุดเท่ากับ 2.08 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 21)

สำหรับการเก็บรักษาผักกาดหวานไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส ในทุกกรรมวิธีแสดงอาการใบเหลืองหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 1 วัน เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองหลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองน้อยที่สุดเท่ากับ 73.84 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22) การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดหวานหลังจากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO มีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดน้อยที่สุด 5.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 23) หลังจากเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 12 วัน พบว่าผักกาดหวานในทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการเน่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 20 เปอร์เซ็นต์เน่าของผักกาดหวานอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 2 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเน่า
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	2	0[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	2	21.30
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	2	0
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	2	18.65
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	2	13.24
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	2	0

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าจากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 8 ต้น

ภาพที่ 20 อาการเน่าของผักกาดหวานอินทรีย์ที่ศึกษาวิธีการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวโดยวิธีการเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

ตารางที่ 21 เปอร์เซ็นต์การเน่าของผักกาดหวานอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเน่า
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	3	25.35[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	3	70.60
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	3	2.08
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	3	54.86
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	3	20.74
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	3	17.09

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเน่าจากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 8 ต้น

ตารางที่ 22 เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองของผักกาดกวางตุ้งอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

กรรมวิธี	อายุการเก็บรักษา (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลือง
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	3	93.87[/1]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	3	94.71
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	3	92.06
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	3	86.48
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	3	100
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	3	73.84

[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเกิดใบเหลืองจากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 8 ต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 23 เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดของผักกาดหวานอินทรีย์ หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารฆ่าเชื้อชนิดต่าง ๆ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด
ชุดควบคุม ไม่มีการเช็ดผลิตผล	11.55[/1A/2]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำโอโซน	7.41 [A]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำ EO	5.12 [D]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมด่างทับทิม	7.03 [BC]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมผงฟู	5.57 [CD]
เช็ดโคนและรอยตัดด้วยน้ำผสมคลอรีน	6.90 [BC]
LSD	**2.04**
CV (%)	**19.00**

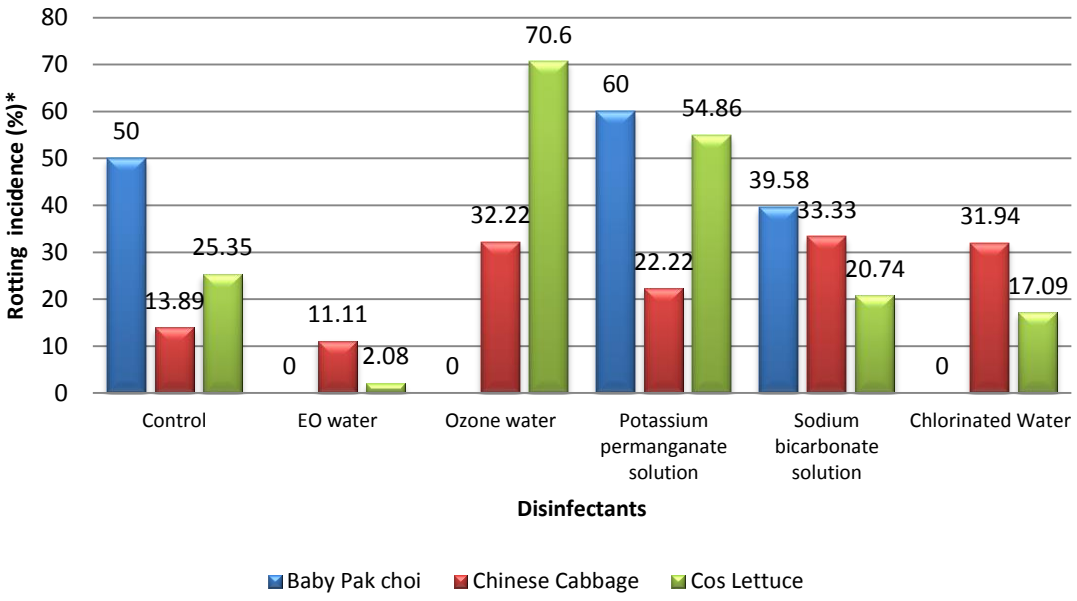
[/1] ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสดจากจำนวนผักกาดหวานในกรรมวิธีละ 6 ถุง ๆ ละ 8 ต้น

[2] อักษรกำกับที่เหมือนกัน ในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบด้วยวิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ในการเช็ดโคนและรอยตัดในผักอินทรีย์ เปรียบเทียบกับสารฆ่าเชื้อชนิดอื่น พบว่าน้ำ EO สามารถลดอาการเน่าในผักกาดฮ่องเต้เล็กที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ได้ดีกว่ากรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำผสมด่างทับทิมและน้ำผสมผงฟู ซึ่งจะแสดงอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์การเน่าเท่ากับ 60.00 และ 39.58 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แสดงอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 3 วัน ส่วนกรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำโอโซนพบอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 วัน มีเปอร์เซ็นต์การเน่า 35.71 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำ EO และน้ำผสมคลอรีนความเข้มข้น 0.02 เปอร์เซ็นต์ พบอาการเน่าหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 5 วัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การเน่า 38.89 และ 27.92 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผักกาดกวางตุ้งและผักกาดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน พบว่ากรรมวิธีที่เช็ดด้วยน้ำ EO มีเปอร์เซ็นต์การเน่าน้อยที่สุดเท่ากับ 11.11 และ 2.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 21) และเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าผักอินทรีย์ทั้งสองชนิดในทุกกรรมวิธีไม่แสดงอาการเน่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำ EO สามารถลดการเกิดโรคเน่าและยืดอายุการเก็บรักษาผักกาดกวางตุ้งและผักกาดหวาน ได้ดีกว่าสารฆ่าเชื้อที่นำมาทดสอบ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อชนิดอื่นแล้ว น้ำ EO มีข้อดีคือมีประสิทธิภาพในการฆ่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เชื้อโรคสูง และสามารถยับยั้งการสร้างสารพิษของเชื้อราบางชนิดได้ เมื่อเทียบกับการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อโรคทั่วไป (Mori *et al*., 1997) และพบว่าน้ำ EO นี้สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ได้เร็วกว่าการใช้สารเคมีฆ่าเชื้อแบบอื่น และเมื่อเปรียบเทียบกันในด้านต้นทุนแล้ว น้ำ EO มีต้นทุนการผลิตต่ำและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตผักอินทรีย์ได้ดีกว่า เนื่องจากมีการคงสภาพของคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าเชื้อได้นานมากกว่า 1 สัปดาห์ หากเก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท (จามรี, 2555) น้ำ EO สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลายแบบ สะดวกในการนำไปใช้กับผักอินทรีย์และผลิตผลชนิดอื่น เพราะมีความปลอดภัยต่อร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าน้ำ EO ที่นำมาใช้ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์จะมีความเป็นกรดสูง แต่ก็ไม่กัดกร่อนผิวหนัง เมมเบรน หรือส่วนประกอบอินทรีย์ในร่างกาย ซึ่งแตกต่างจากกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดซัลฟิวริก (Sakurai *et al*., 2003) นอกจากนี้ยังประหยัดเวลาในการฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ และยังใช้งานง่ายอีกด้วย



All rights reserved

*ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ภาพที่ 21 การเกิดโรคเน่าของผักอินทรีย์หลังจากเช็ดโคนและรอยตัดด้วยสารละลายฆ่าเชื้อชนิดอื่นเปรียบเทียบกับน้ำ EO ความเข้มข้นเกลือ 0.3 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน