ประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อกรดเพอร์ออกซีแอซีติกและสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ผิวของผักและผลไม้สดแกะสลัก

The Efficacy of Peroxyacetic Acid and Sodium Hypochlorite Solutions in Reducing Microorganisms on the Surface of Carved Fruits and Vegetables

จอมขวัญ สุวรรณรักษ์ [1] พุดกรอง พันธุ์อุโมงค์ [2] และนิธิยา รัตนาปนนท์[3*]

[1]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ 10300
[2]นักศึกษา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50100
[3]ศาสตราจารย์ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด คือกรดเพอร์ออกซีแอซีติกและโซเดียมไฮโพคลอไรต์ ในการลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นที่ผิวของผักและผลไม้สดที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ฟักทอง แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป และแตงกวาญี่ปุ่น โดยใช้สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตรและระยะเวลาในการแช่ 2 ระดับ คือ 3 หรือ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่น โดยภายหลังการแช่ลงในสารฆ่าเชื้อดังกล่าว ปล่อยให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที นำตัวอย่างผักและผลไม้สดที่แกะสลัก จำนวน 1 ชิ้นต่อซ้ำ ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ มาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ผลการทดลอง พบว่า ผักและผลไม้สดที่แกะสลักแต่ละชนิดมีจุลินทรีย์เริ่มต้นแตกต่างกัน และภายหลังการแช่ในสารฆ่าเชื้อทั้งสองชนิด พบว่าสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในแครอทและหัวไชเท้าที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ และความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ในฟักทอง แคนตาลูป และแตงกวาญี่ปุ่นที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ได้มีประสิทธิภาพดีกว่าการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ทั้งสองความเข้มข้น

Abstract

This study examined the efficacy of two sanitizers; peroxyacetic acid (PAA) and sodium hypochlorite (NaOCl), in reducing total microbial counts on the carved leaf-shape surface of five types of fruits and vegetables: pumpkin, carrot, radish, cantaloupe and Japanese cucumber. The samples were dipped for 3 or 5 min in various concentrations of PAA (40, 60 or 80 mg/L) and NaOCl (50 or 75 mg/L), with distilled water as the control. After dipping, the samples were drained for 5 min and the total plate counts were determined in triplicate. Dipping in 60 mg/L of PAA for 3 min was the best treatment for reducing microorganisms on the surface of carved carrot and radish; and 80 mg/L of PAA for 5 min was the best treatment for reducing microorganisms on the surface of carved pumpkin, cantaloupe and Japanese cucumber. PAA at concentration 60 -80 mg/L showed potential as an effective sanitizer for carved fruits and vegetables, more so than both concentrations of NaOCl.

คำสำคัญ : ผักและผลไม้แกะสลัก, กรดเพอร์ออกซีแอซีติก, โซเดียมไฮโพคลอไรต์, จุลินทรีย์

Keywords : Fruit and Vegetable Carving, Peroxyacetic Acid, Sodium Hypochlorite, Microorganisms

**ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ jomkhwun.s@rmutp.ac.th โทร.08 1848 8870*

1. บทนำ

เนื่องจากผักและผลไม้สดภายหลังการเก็บเกี่ยวเป็นสิ่งที่มีชีวิต ยังต้องการสารอาหารและออกซิเจนเพื่อใช้ในการหายใจ ผลิตพลังงานสำหรับดำรงชีวิตต่อไป นอกจากนั้นผักและผลไม้ยังเป็นเนื้อเยื่อที่มีน้ำปริมาณมาก การสูญเสียน้ำทำให้เกิดอาการเหี่ยวและเน่าเสียได้ เมื่อเนื้อเยื่อพืชเกิดบาดแผล เซลล์บางส่วนถูกทำลาย จะส่งผลให้เนื้อเยื่อพืชมีอัตราการหายใจเพิ่มสูงขึ้น มีปริมาณการผลิตเอทิลีนมากขึ้น (ดนัยและนิธิยา, 2548) การแกะสลักผักและผลไม้เป็นการทำให้เนื้อเยื่อเกิดบาดแผล จึงส่งผลให้มีอัตราการหายใจสูงขึ้น สารอาหารที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อถูกใช้ไปอย่างรวดเร็ว จึงมีอายุการเก็บรักษาสั้น หากมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนร่วมด้วยจะยิ่งทำให้ผักและผลไม้แกะสลักเน่าเสียได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนั้น เอนไซม์จากจุลินทรีย์ยังสามารถทำลายเนื้อเยื่อพืชได้ โดยเฉพาะเอนไซม์ที่สลายเซลลูโลส (cellulose-degrading enzyme) และเอนไซม์ที่สลายเพกทิน (pectin-degrading enzyme) เช่น เชื้อราสามารถผลิตเอนไซม์ได้ทั้งที่สลายเซลลูโลส และเอนไซม์ที่สลายเพกทิน และมีแบคทีเรียจำนวนหนึ่งที่สามารถผลิตเอนไซม์ที่สลายเพกทินได้เช่น *Erwinia* และ *Pseudomonas* (King and Bolin, 1989)

การลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ผิวนอกของผักและและผลไม้สดนิยมใช้สารฆ่าเชื้อ (sanitizer) คือสารละลายคลอรีน ซึ่งเป็นสารที่ทำลายจุลินทรีย์ที่ผิวสัมผัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในอุตสาหกรรมผักและผลไม้นิยมใช้สารละลายคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้นช่วง 50-200 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1-2 นาที ทั้งก่อนและภายหลังการตัดแต่ง โดยจะใช้ในรูปแบบของคลอรีนเหลวหรือสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ (Beuchat, 2000) ที่ระดับพีเอชต่ำกว่า 8 ระยะเวลาการสัมผัสอย่างน้อย 1-2 นาที สารเคมีที่ใช้เพื่อให้ได้คลอรีนอิสระ ได้แก่ น้ำคลอรีน โซเดียมไฮโพคลอไรต์ และแคลเซียมไฮโพคลอไรต์ เมื่อเติมลงในน้ำจะแตกตัว และเมื่อสัมผัสกับสารอินทรีย์ (organic matter) จะทำให้ค่าพีเอชของสารละลายลดลง หากมีภาวะเป็นกรดมาก กรดในน้ำจะกัดกร่อนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ดังนั้นค่าพีเอชของน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.0-7.5 จะให้ประสิทธิภาพในการฆ่าจุลินทรีย์ดีที่สุด และไม่ทำลายผิวของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ หากค่าพีเอชของน้ำต่ำกว่า 4.0 จะทำให้เกิดแก๊สคลอรีน (Cl_2) ซึ่งจะเป็นอันตรายเมื่อสูดหายใจเข้าไป เพราะทำให้เกิดอาการระคายเคือง นอกจากนี้อุณหภูมิของน้ำยังมีผลกระทบด้วย หากอุณหภูมิลดต่ำลงจะทำให้เกิดกรดไฮโพคลอรัสมากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงขึ้นคลอรีนจะระเหยกลายเป็นไอมากขึ้น

คลอรีนยังสามารถทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ตามธรรมชาติที่มีอยู่ในผักและผลไม้ที่ซึมออกมาตามรอยตัดหรือบาดแผลทำให้เกิดสารก่อมะเร็ง โดยพบสารในกลุ่มของไตรฮาโลมีเทนและกรดฮาโลแอซีติก (Artés *et al.*, 2009) นอกจากนี้ในน้ำทิ้งจากการใช้คลอรีนส่งผลให้น้ำมีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวภาพ (biological oxygen demand, BOD) อยู่ในระดับสูง ทำให้บางประเทศในทวีปยุโรปไม่อนุญาตให้ใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อผักและผลไม้สดหั่นชิ้น และผลการศึกษาหาสารฆ่าเชื้อชนิดอื่นเพื่อทดแทนการใช้คลอรีน โดยเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ รักษาคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีเช่นเดียวกับการใช้คลอรีนและมีความปลอดภัย โดยเป็นสารฆ่าเชื้อทางเลือกใหม่ได้แก่ กรดเพอร์ออกซีแอซีติก (peroxyacetic acid: PAA)

กรดเพอร์ออกซีแอซีติก เป็นสารในกลุ่มของออร์แกนิกเพอร์ออกไซด์ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ $C_2H_4O_3$ เกิดจากปฏิกิริยาของกรดแอซีติก (CH_3COOH) ซึ่งเป็นกรดในน้ำส้มสายชู และไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ทำให้ในโมเลกุลของกรดแอซีติกมีออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นอีก 1 อะตอม อยู่ในรูปของเพอร์ออกไซด์ กรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็นสารฆ่าเชื้อที่สามารถสัมผัสกับอาหารได้โดยตรง ในน้ำล้างผักและผลไม้ (21CFR 173.315) และในภาชนะที่สัมผัสกับอาหาร (21CFR 178.1010) โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (USFDA) ได้อนุญาตให้ใช้ที่ระดับความเข้มข้นอยู่ในช่วง 85-300 มิลลิกรัมต่อลิตร หากใช้สัมผัสกับอาหารโดยตรงจะใช้ได้ไม่เกิน 85 มิลลิกรัมต่อลิตร (USFDA, 1997)

ผักและผลไม้สดที่แกะสลักมีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกับผักและผลไม้สดหั่นชิ้น คือเกิดการเน่าเสียได้ง่ายกว่าผักและผลไม้สดที่ยังมีเปลือก เนื่องจากเปลือกเป็นโครงสร้างของพืชที่ช่วยป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และความเสียหายของเนื้อเยื่อที่เกิดจากแรงกระแทก นอกจากนี้บริเวณส่วนที่เป็นรอยตัดที่เกิดจากการปอกเปลือก การตัดแต่งและการหั่นชิ้น จะเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ดังนั้นในการแปรรูปผักและผลไม้สดหั่นชิ้น จึงต้องมีการจัดการแนวทางในการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practice) อย่างเคร่งครัด และมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการผลิตเพื่อลดการเจริญของจุลินทรีย์ เพื่อทำให้เนื้อเยื่อผลไม้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด เช่นเดียวกับการแกะสลักผักและผลไม้สดจะต้องทำให้เกิดบาดแผลและเนื้อเยื่อชอกช้าน้อยที่สุด ซึ่งความรุนแรงของบาดแผลจะขึ้นอยู่กับลวดลายที่แกะสลัก ความคมของมีดที่ใช้ ซึ่งต้องใช้มีดที่มีความคมมาก เพื่อให้มีลักษณะปรากฏที่สวยงาม เนื้อเยื่อไม่ชอกช้ำ ผักและผลไม้ขณะทำการแกะสลักควรมีอุณหภูมิต่ำและต้องรักษาความสะอาดระหว่างการแกะสลักเพื่อลดการปนเปื้อนข้ามของจุลินทรีย์

ดังนั้นหากมีการควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ให้ลดน้อยลง จะสามารถเก็บรักษาและรักษาคุณภาพของผักและ

ผลไม้สดที่แกะสลักเสร็จเรียบร้อยแล้วและต้องการเก็บรักษาไว้ครั้งละเป็นจำนวนมากได้ ซึ่งอาจเป็นปัญหาใหญ่ของงานแกะสลักผักและผลไม้สด ที่มีระยะเวลาในการเก็บรักษาสั้น ทำให้มีขีดจำกัดการนำไปใช้ประโยชน์ได้ลดลง และอาจไม่มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ อย่างไรก็ตาม จนถึงปัจจุบันยังไม่มีรายงานผลการวิจัยที่มีผู้ศึกษาเกี่ยวกับผักและผลไม้สดที่แกะสลักเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และการยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้สดที่แกะสลักในประเทศไทย ทั้งๆ ที่เป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีศักยภาพสูงมากในการเพิ่มมูลค่า

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบที่ใช้

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นผักหรือผลไม้สด จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แครอท (*Daucuscarota* Linn.) หัวไชเท้า (*Raphanussativus* Linn.) แคนตาลูป (*Cucumismelo* L. var. cantaloupensis) ฟักทองพันธุ์คางคก (*Cucurbitamoschata* Decne.) และแตงกวาญี่ปุ่น (*Cucumissativas*) แครอทและแตงกวาญี่ปุ่น จากโรงคัดบรรจุ เชียงใหม่ มูลนิธิโครงการหลวง ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ หัวไชเท้า แคนตาลูป และฟักทองพันธุ์คางคก จากตลาดต้นพยอม ตลาดธานินทร์ และตลาดแม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ ตามลำดับ วัตถุดิบทั้งหมดได้นำมาทดลองในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการทดลองภายใน 2-3 ชั่วโมงต่อมา ลักษณะของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป ฟักทอง และแตงกวาญี่ปุ่นที่ใช้ในการทดลอง

2.2 การเตรียมผักและผลไม้แกะสลัก

งานวิจัยนี้ได้แกะสลักผักและผลไม้สดจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป ฟักทอง และแตงกวาญี่ปุ่นเป็นรูปใบไม้ และมีอุปกรณ์ ได้แก่ มีดแกะสลักมีดบาง กะละมังพลาสติก เขียงพลาสติก และมีขั้นตอนการแกะสลักดังนี้

ก. แครอท

ล้างแครอททั้งเปลือกให้สะอาด ปอกเปลือก ตัดเป็นท่อนยาว 8 เซนติเมตร หั่นตามยาวของชิ้นให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 2a) เกลาชิ้นแครอทให้เป็นรูปทรงใบไม้และปาดเอาเนื้อด้านข้างทั้งสองด้านออก (รูปที่ 2b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 2c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 2 ขั้นตอนการเตรียมแครอทและการแกะสลักเป็นรูปใบไม้

ข. หัวไชเท้า

ล้างหัวไชเท้าทั้งเปลือกให้สะอาด ปอกเปลือก ตัดเป็นท่อนยาว 8 เซนติเมตร หั่นตามยาวของชิ้นให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 3a) เกลาชิ้นหัวไชเท้าให้เป็นรูปทรงใบไม้และปาดเอาเนื้อด้านข้างทั้งสองด้านออก (รูปที่ 3b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 3c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างหัวไชเท้าและการแกะสลักเป็นรูปใบไม้

ค. แคนตาลูป

ล้างผลแคนตาลูปทั้งเปลือกให้สะอาด ผ่าครึ่งตามยาว ใช้ช้อนตักเมล็ดออกแบ่งให้ได้ 8 ชิ้น แบ่งครึ่งตามขวางของชิ้น แล้วหั่นแต่ละชิ้นออกเป็นแผ่นให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 4a) เกลาชิ้นแคนตาลูปให้เป็นรูปทรงใบไม้และปาดเอาเนื้อด้านข้างทั้งสองด้านออก (รูปที่ 4b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 4c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 4 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแคนตาลูปและการแกะสลักเป็นรูปใบไม้

ง. ฟักทอง

ล้างฟักทองทั้งเปลือกให้สะอาด ผ่าครึ่งตามยาวใช้ช้อนตักเมล็ดออกแบ่งให้ได้ 8 ชิ้น แบ่งครึ่งตามขวางของชิ้น แล้วหั่นแต่ละชิ้นออกเป็นแผ่นให้มีความหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (รูปที่ 5a) เกลาชิ้นฟักทองให้เป็นรูปทรงใบไม้และปาดเอาเนื้อด้านข้างทั้งสองด้านออก (รูปที่ 5b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 5c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 5 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างฟักทองและการแกะสลักเป็นรูปใบไม้

จ. แตงกวาญี่ปุ่น

ล้างแตงกวาญี่ปุ่นทั้งเปลือกให้สะอาด ตัดแบ่งตามยาวให้ได้ 3 ชิ้น (ยาวประมาณ 8 เซนติเมตร) หั่นตามยาวของชิ้นเป็น 3 ส่วน ส่วนตรงกลางที่เป็นไส้ไม่ใช้ (รูปที่ 6a) เกลาชิ้นแตงกวาญี่ปุ่นเป็นรูปทรงใบไม้และคว้านเมล็ดออกให้หมด (รูปที่ 6b) แล้วใช้มีดแกะสลักให้เป็นรูปใบไม้ (รูปที่ 6c)

(a) (b) (c)

รูปที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างแตงกวาญี่ปุ่นและการแกะสลักเป็นรูปใบไม้

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์

- เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ total plate count agar (Merck, Germany) ทำโดยชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ 23.5 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1 ลิตร ต้มจนอาหารเลี้ยงเชื้อละลายเป็นเนื้อเดียวกัน นำไปฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15 นาที แล้วปล่อยให้เย็น เทอาหาร plate count agar ที่ฆ่าเชื้อแล้วลงในจานเพาะเชื้อพลาสติก (Plastic Petri dish; Hycon, Biomed co, Ltd., Thailand) ขนาด 90x15 มิลลิเมตร ประมาณ 15-20 มิลลิลิตร ปล่อยให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็งตัว

- นำผักและผลไม้สดที่แกะสลักรูปใบไม้แล้วจำนวนอย่างละ 1 ชิ้นต่อซ้ำ ทำการทดลองทั้งหมดชนิดละ 3 ซ้ำ แช่ลงในสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด คือสารละลายกรดเพอร์ออกซี-แอซีติก (peroxyacetic acid 5.0%; Thaiperoxide Co, Ltd, Thailand) วางแผนการทดลองแบบ 3x2 factorial in CRD กำหนดปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย คือ ความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และระยะเวลาในการแช่ 2 ระดับ คือ 3 หรือ 5 นาที สำหรับสารละลาย โซเดียมไฮโพ-คลอไรต์ (sodium hypochlorite 5.7%; Clorox, USA) วางแผนการทดลองแบบ 2x2 factorial in CRD ความเข้มข้น 2 ระดับ คือ 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร และเวลาการแช่ในสารฆ่าเชื้อ 2 ระดับ คือ 3 หรือ 5 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่น โดยแช่ในกล่องพลาสติกใสพอลิเอทิลีนเทอพาทาเลตที่มีฝาปิด (olyethylene terephthalate clamshell) ขนาดกว้างxยาวxสูง เท่ากับ 14x15x8 เซนติเมตร ปล่อยให้สะเด็ดน้ำเป็นเวลา 5 นาที

- ใส่ชิ้นผักหรือผลไม้แกะสลักแต่ละชิ้นลงในถุงพลาสติกพอลิโพรพิลีนถุงพอลิโพรพิลีน (polypropylene, PP) ขนาด 7x9 นิ้ว หนา 0.5 มิลลิเมตร ผลิตโดยบริษัท ไพรซ์อินเตอร์แพค (1999) จำกัด ที่ผ่านการฆ่าเชื้อและมีสารละลาย 0.1% เพปโทน (Peptone; Merck, Germany) บัฟเฟอร์จำนวน 100 มิลลิลิตรอยู่ในถุง ใช้มือลูบชิ้นผักและผลไม้แกะสลักด้านนอกของถุงและเขย่าอย่างเบาๆ เป็นเวลา 2 นาที สารละลายเพปโทนบัฟเฟอร์ตัวอย่างที่ได้จัดว่ามีความเจือจาง 10^{-1} หลังจากนั้นดูดสารละลายตัวอย่างความเจือจางระดับ 10^{-1} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 9 มิลลิลิตร ได้เป็นความเจือจางระดับ 10^{-2} ทำการเจือจางเช่นนี้ต่อไปจนถึงระดับ 10^{-3} ตรวจหาปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยวิธี pour plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (Merck, Germany) ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual, 2001

- ปิเปตต์สารละลายตัวอย่างที่เจือจางในระดับต่างๆ ที่เหมาะสมปริมาตร 1 มิลลิลิตรหยดลงบนกลางผิวหน้าของอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยทำที่ระดับความเจือจางละ 2 จานเพาะเชื้อต่อซ้ำ ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ รวมทั้งหมด 6 จานเพาะเชื้อ แล้วทำการเทอาหารเลี้ยงเชื้อลงไปในจานเพาะเชื้อ (โดยอุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 48-50 องศาเซลเซียส) ผสมอาหารและเชื้อให้เข้ากันและให้เกิดการกระจายอย่างสม่ำเสมอด้วยการหมุนจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนวุ้นแข็งตัว แล้วจึงกลับจานเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำที่ติดบนฝาจานหยดลงมาบนวุ้น แล้วนำไปบ่มในตู้ (Incubator; FOC 225I, VelpScientifica, Italy) อุณหภูมิ 35±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

- ตรวจนับจำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อที่มีจำนวน 30-300 โคโลนี (APHA, 2001) วิเคราะห์

ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 2 จาน หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากทั้ง 6 จานเพาะเชื้อ รายงานผลการตรวจนับในหน่วยโคโลนีต่อชิ้นผักและผลไม้สดแกะสลักรูปใบไม้ (cfu ต่อชิ้น)

2.4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ความเข้มข้นของสารฆ่าเชื้อ และปัจจัยที่ 2 เวลาในการแช่สารฆ่าเชื้อ แต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ยของจำนวนโคโลนีจากทั้ง 6 จานเพาะเชื้อ วิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรม SPSS V.13 เปรียบเทียบความแตกต่างของทรีตเมนต์โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารฆ่าเชื้อ 2 ชนิด คือ สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก (PAA) และสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ (NaOCl) ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักและผลไม้สดแกะสลัก จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป ฟักทอง และแตงกวาญี่ปุ่น โดยได้ศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย PAA 3 ระดับ คือ 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl 2 ระดับ คือ 50 และ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่นเป็นเวลา 3 นาที

ก. แครอท

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในชิ้นแครอทแกะสลักใบไม้ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAA และสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของชิ้นแครอทแกะสลักใบไม้ในชุดควบคุมมีจำนวน 4.36 log cfuต่อชิ้น การแช่แครอทแกะสลักใบไม้ในสารละลาย PAA สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวลงได้ 1.68- 3.38 log cfuต่อชิ้น และการแช่เป็นเวลา 3 และ 5 นาที ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 3 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากที่สุด คือ 3.38 log cfuต่อชิ้น สารละลาย NaOCl สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวของแครอทแกะสลักใบไม้ได้ 0.24–1.70 log cfuต่อชิ้น ความเข้มข้นและระยะเวลาในการแช่ที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยการแช่แครอทแกะสลักใบไม้ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากที่สุดคือ 1.70 log cfuต่อชิ้น ดังนั้น การใช้สารละลาย PAA ความเข้มข้น 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ผิวของแครอทแกะสลักใบไม้ได้ดีกว่าสารละลาย NaOCl ทั้ง 2 ความเข้มข้น และความเข้มข้นที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดคือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตรและแช่เป็นเวลา 3 นาที

ข. หัวไชเท้า

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในหัวไชเท้าแกะสลักใบไม้ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAA และ NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของหัวไชเท้าแกะสลักใบไม้ในชุดควบคุมมีจำนวน 4.78 log cfuต่อชิ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มข้นของสารละลาย PAA 3 ระดับคือ 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาแช่ 2 ระดับ คือ 3 หรือ 5 นาที และผลของความเข้มข้นร่วมกับระยะเวลาส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด อยู่ในช่วง 2.09-2.30 log cfuต่อชิ้น และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อแช่เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที ดังนั้น การใช้สารละลาย PAAความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการลดจำนวนจุลินทรีย์ในหัวไชเท้าแกะสลักใบไม้ โดยลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 2.17 log cfuต่อชิ้น การแช่ในสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด คือ 0.52 log cfuต่อชิ้น อย่างก็ตาม ประสิทธิภาพของสารละลาย PAA ทุกความเข้มข้นสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหัวไชเท้าแกะสลักใบไม้ได้ดีกว่าสารสารละลาย NaOCl ทุกความเข้มข้น ดังนั้น สภาวะที่เหมาะที่สุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในหัวไชเท้าแกะสลักใบไม้ คือ การใช้สารละลาย PAA ความเข้มข้น 60 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 3 นาที

ค. แคนตาลูป

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแคนตาลูปแกะสลักใบไม้ภายหลังการจุ่มในสารละลาย PAA และ NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดควบคุมเท่ากับ 5.73 log cfuต่อชิ้น การจุ่มในสารละลาย PAA ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 0.60-1.54 log cfuต่อชิ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าความเข้มข้นและระยะเวลามีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด คือ 1.54 log cfuต่อชิ้น ในขณะที่สารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 0.32-0.65 log cfuต่อชิ้น ดังนั้นสารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในแคน

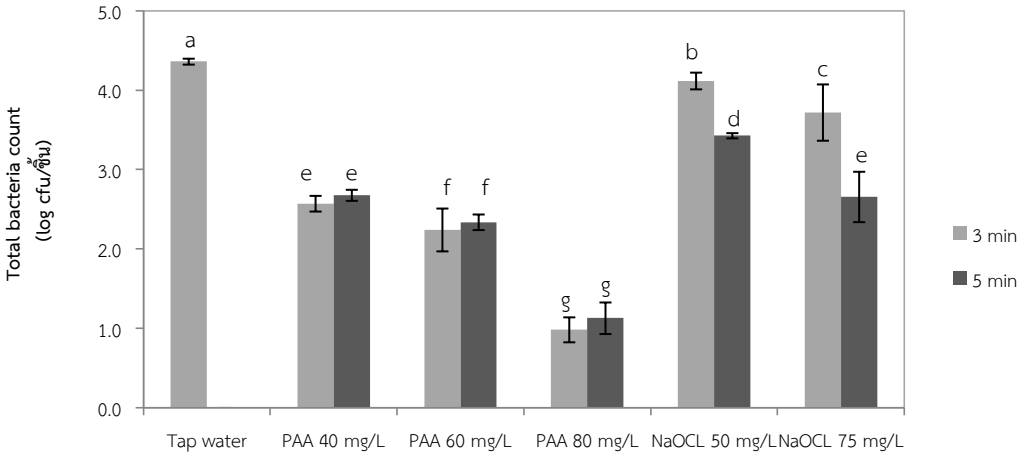
ตาลูปแกะสลักใบไม้ได้ดีที่สุดคือ สารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 5 นาที

ง. ฟักทอง

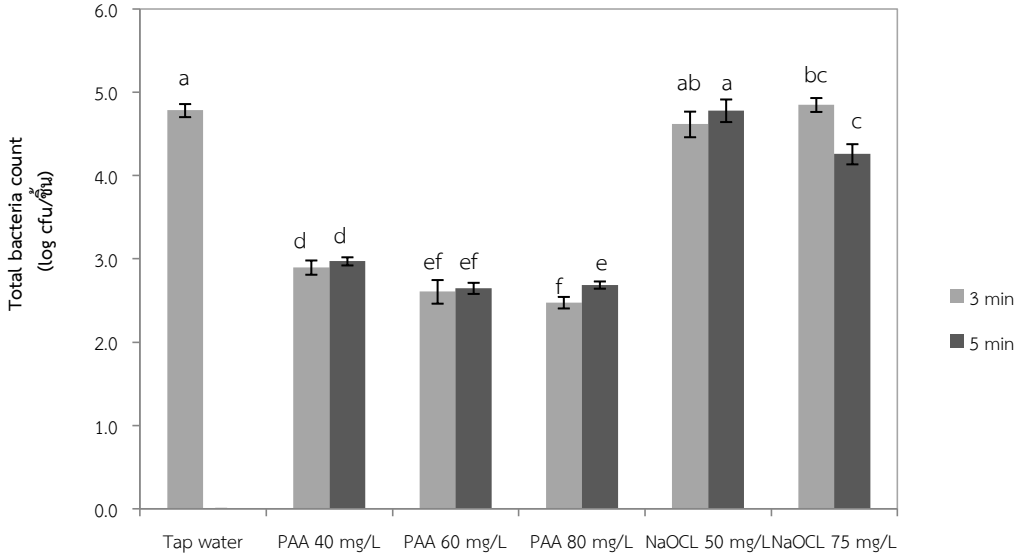
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในฟักทองแกะสลักใบไม้ภายหลังการจุ่มในสารละลาย PAA และสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ แสดงในรูปที่ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดควบคุมมีจำนวน 7.41 log cfuต่อชิ้น ความเข้มข้น ระยะเวลา และผลของความเข้มข้นร่วมกับระยะเวลามีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลงในฟักทองแกะสลักใบไม้ที่แช่ในสารละลาย PAA และ NaOCl โดยการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด คือ 2.87 และ 2.49 log cfuต่อชิ้น ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่ในน้ำกลั่น ดังนั้น สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดในฟักทองแกะสลักใบไม้คือ สารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แช่เป็นเวลา 3 นาที

จ. แตงกวาญี่ปุ่น

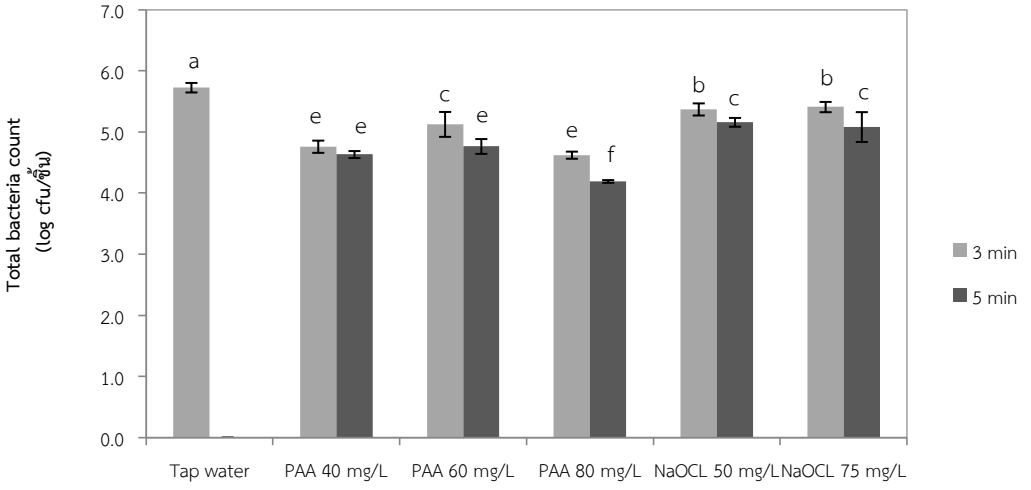
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแตงกวาญี่ปุ่นแกะสลักใบไม้ภายหลังการจุ่มในสารละลาย PAA และสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของชุดควบคุมมีจำนวน 4.78 log cfuต่อชิ้น การแช่ในสารละลาย PAA ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากกว่า 2 log cfuต่อชิ้น ความเข้มข้นและผลของความเข้มข้นร่วมกับระยะเวลา ส่งผลต่อจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด คือ 3.52 log cfuต่อชิ้น ในขณะที่การแช่ในสารละลาย NaOCl ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาต่างๆ สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 0.21-1.05 log cfuต่อชิ้น โดยการแช่ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้มากที่สุด คือ 1.05 log cfuต่อชิ้น ดังนั้น สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดสำหรับแตงกวาญี่ปุ่นแกะสลักใบไม้คือ สารละลาย PAA ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 นาที



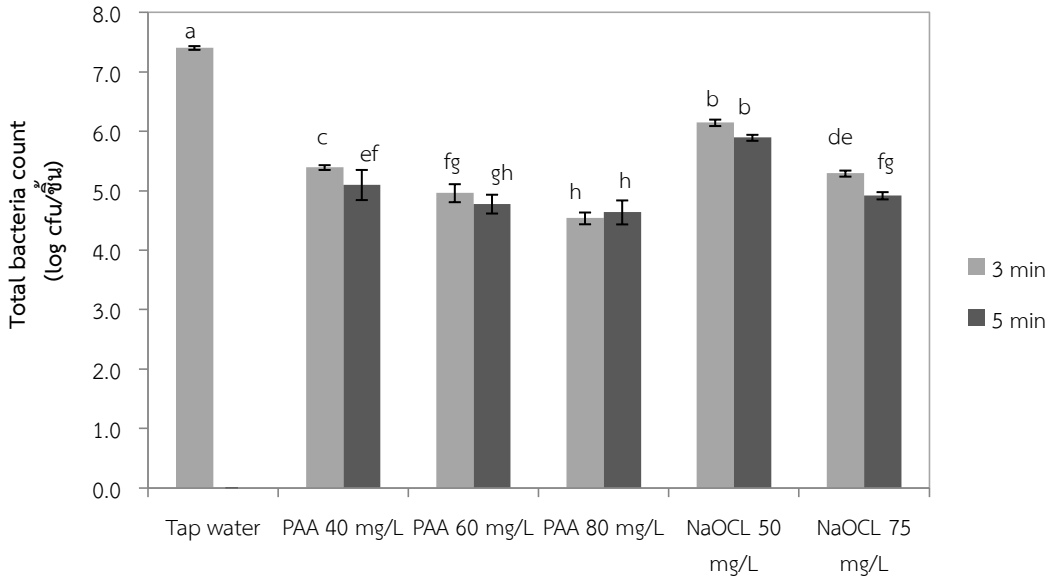
รูปที่ 7 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแครอทที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที



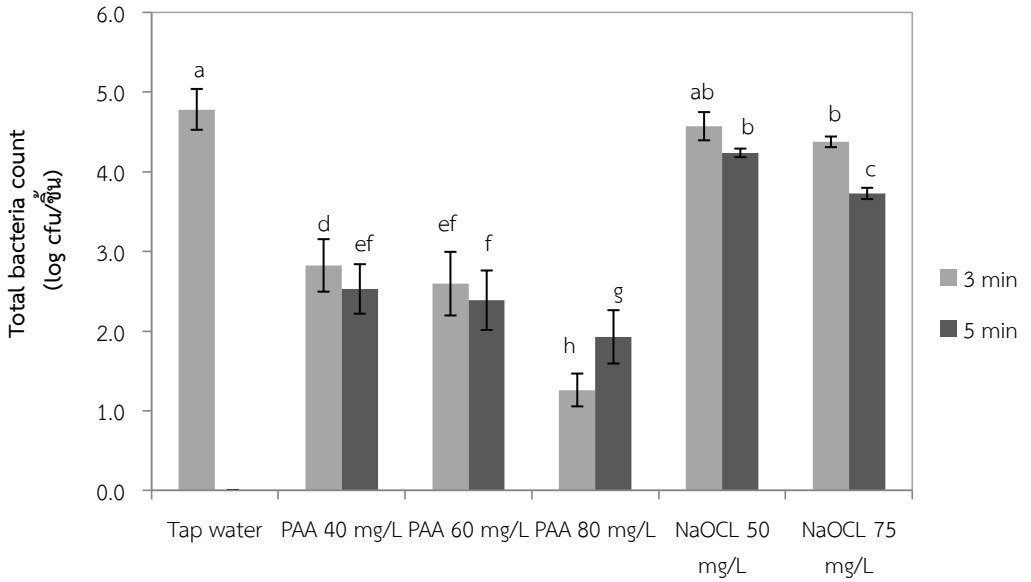
รูปที่ 8 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในหัวไชเท้าที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAAความเข้มข้น 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที



รูปที่ 9 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแคนตาลูปที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ ภายหลังการแช่ในสารละลาย ความเข้มข้น 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที



รูปที่ 10 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในฟักทองที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที



รูปที่ 11 ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแตงกวาญี่ปุ่นที่แกะสลักเป็นรูปใบไม้ ภายหลังการแช่ในสารละลาย PAA ความเข้มข้น 40, 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 50 หรือ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที

4. สรุป

4.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่าการแช่ผักและผลไม้สดแกะสลักทั้ง 5 ชนิดในน้ำกลั่นไม่สามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกหรือสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ นอกจากนี้ น้ำที่ใช้ล้างหรือแช่ควรมีการกำจัดน้ำส่วนเกินออกด้วยวิธีการที่เหมาะสม หากปล่อยตกค้างอยู่บนผลิตผลจะส่งเสริมให้จุลินทรีย์เจริญและเกิดการเน่าเสียได้เร็วขึ้น (จริงแท้ , 2544) การใช้สารฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพจึงมีความจำเป็น

เพื่อช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นให้น้อยลง ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (Soliva-Fortuny and Martin-Belloso, 2003)

สารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็นสารฆ่าเชื้อที่เหมาะสมสำหรับใช้ภายหลังการแกะสลักผักและผลไม้สดเป็นรูปใบไม้ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ฟักทอง แครอท หัวไชเท้า แคนตาลูป และแตงกวาญี่ปุ่น และมีประสิทธิภาพดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ในทุกระดับความเข้มข้น ผลการทดลองสอดคล้องกับผลงานวิจัยที่เคยมีรายงานมาแล้ว เช่น ผลการจุ่มเนื้อเมลอนหั่นชิ้นในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกความเข้มข้น 68 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถลดจำนวนไซโครฟิลิกและมีโซฟิลิกแบคทีเรียได้มากกว่าการจุ่มเมลอนหั่นชิ้นในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งลดจำนวนจุลินทรีย์ดังกล่าวได้ 2 และ 1 log cfu/g ตามลำดับ (Artes *et al*., 2009) เนื่องจากสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์มีข้อจำกัด โดยสารประกอบอินทรีย์จะทำให้ประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อของสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ลดลง ซึ่งสารอินทรีย์ที่พบอาจมีอยู่ในน้ำที่ใช้ล้าง หรือออกมาจากเซลล์ของผลไม้ที่ถูกหั่นชิ้น (Rivera, 2005) โดยปกติค่าพีเอชของสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 6.0–7.5 ซึ่งเป็นช่วงค่าพีเอชที่มีคลอรีนอยู่ในรูปที่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ หากมีค่าพีเอชสูงกว่า 7.5 จะส่งผลให้คลอรีนส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ (Zagory, 1999) จึงส่งผลให้การจุ่มผักและผลไม้แกะสลักในสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้น้อยกว่าการจุ่มในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ซึ่งสารละลายมีความเสถียรในการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชในช่วงที่กว้าง คือ ค่าพีเอช 1-8 (Artes *et al*., 2009) ตัวอย่างเช่น ผลการศึกษาของ Ruiz-Cruz *et al*. (2007) รายงานว่า การจุ่มแครอทหั่นชิ้นเป็นเวลา 2 นาที ในสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติก ความเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร มีประสิทธิภาพในการยับยั้ง *Escherichia coli* 0157 : H7, *Salmonella* spp. และ *Listeria monocytogenes* ได้ดีกว่าสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์

การเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็น 60 หรือ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้ระยะเวลาแช่ให้นานขึ้นเป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที ส่งผลให้ลดจำนวนจุลินทรีย์ได้มากขึ้น เนื่องจากการสัมผัสกับสารฆ่าเชื้อที่นานขึ้นจะไปเพิ่มระยะเวลาในการให้ออกซิเจนในรูปของเพอร์ออกไซด์ที่มีความว่องไวสูงที่อยู่ภายในโมเลกุลของกรดแอซีติกสัมผัสกับเซลล์จุลินทรีย์ได้นานขึ้น โดยสารฆ่าเชื้อจะไปออกซิไดส์ที่บริเวณหมู่ซัลฟ์ไฮดริลและหมู่แอมิโนของโปรตีนในผนังเซลล์และเยื่อบุเซลล์ หรือที่สารพันธุกรรมของจุลินทรีย์ รวมทั้งไปยับยั้งการขนส่งสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ (Kitis, 2004) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Wisniewsky (2000) ที่พบว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการสัมผัสกับสารฆ่าเชื้อนานขึ้น สามารถลดจำนวน *Escherichia coli* O157:H7 บนผิวผลแอปเปิลลง 5 log ความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกที่ใช้จะลดลง เช่นเดียวกับการเพิ่มระยะเวลาการล้างใบผักกาดหอมหั่นชิ้นจาก 1 นาที เป็น 5 นาที เพื่อลดจำนวนเชื้อ *Enterobacter sakazakii* สามารถลดความเข้มข้นของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกที่ใช้จาก 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 40 มิลลิกรัมต่อลิตร (Kim *et al*., 2006) นอกจากนี้ประสิทธิภาพของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกในการลดจำนวนจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้แก่ การใช้กรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็นสารฆ่าเชื้อผลสตรอเบอรี ที่ความเข้มข้น 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดจำนวน *Escherichia coli* O157:H7 และ *Listeria monocytogenes* ได้ (Rodgers *et al*., 2004) และยังสามารถใช้ได้ดีกับผลไม้ชนิดอื่นๆ ได้แก่ มะม่วง (เฉลิมขวัญ และคณะ, 2552; Narciso and Plotto, 2005) ผลลิ้นจี่ (Phanumong *et al*., 2010) ผลลำไย (Bunnag *et al*., 2012) และผลส้ม (Thipaksorn *et al*., 2012) โดยประสิทธิภาพในการลดจำนวนจุลินทรีย์ของสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกเป็นผลมาจากสมบัติในการเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรง โดยจะไปออกซิไดซ์ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ มีกลไกการทำงาน คืออิเล็กตรอนของกรดจะเข้าไปในจุลินทรีย์ในรูปของเพอร์ออกไซด์ โดยจะไปออกซิไดส์เยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรีย เอนโดสปอร์ สปอร์ของยีสต์และรา ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญและตายในที่สุด (Soliva-Fortuny and Martín-Belloso, 2003) นอกจากนี้ข้อดีของกรดเพอร์ออกซีแอซีติกคือ เมื่อสลายตัวจะได้กรดแอซีติกน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน จึงไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภค (Olmez and Kretzschmar, 2008 ; Artes *et al*., 2009)

ผักและผลไม้สดที่แกะสลักแต่ละชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้นแตกต่างกัน และภายหลังการแช่ในสารฆ่าเชื้อด้วยสารละลายกรดเพอร์ออกซีแอซีติกความเข้มข้น 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 3 หรือ 5 นาที สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มีประสิทธิภาพดีที่สุด

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักบริการโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย ขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้คำปรึกษาและขอบคุณ คุณพิพรรธ ตั้งใจ ที่ช่วยเหลือระหว่างทำการทดลอง

6. เอกสารอ้างอิง

จริงแท้ ศิริพานิช. 2544. สรีรวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้.มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

ดนัย บุณยเกียรติ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2548. การปฏิบัติภายหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้. พิมพ์ครั้งที่ 5, สำนักพิมพ์ โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร, 236 หน้า.

เฉลิมขวัญ วิชัยชาติ นิธิยา รัตนาปนนท์ อุษาวดี ชนสุต และเมธินี เห่วซึ่งเจริญ. 2552. ประสิทธิภาพของสารละลายโซเดียมไฮโพคลอไรต์และกรดเพอร์ออกซีแอซีติกในการลดจำนวนจุลินทรีย์ที่เปลือกของผลมะม่วง. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 8 ณ โรงแรมดิอิมเพรส อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 26-30 พฤษภาคม 2552.

Artes, F., P. Gomez, E. Aguayo, V. Escalona and F. Artes-Hernandez. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant ommodities. *Postharvest Biology and Technology*. 51: 287-296.

Bacteriological Analytical Manual [BAM]. 2001. 8th edition. USA: U.S. Food and Drug Administration.

Beuchat, L.R. 2000. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. Center for Food Safety and Quality Enhancement, University of Georgia, Griffin, Georgia, USA.

Bunnag, D., N. Rattanapanone and M. Haewsungcharern. 2012. Combined effect of calcium chloride and peroxyacetic acid on quality and shelf-life of minimally processed longan fruit. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences.* 11:105-119.

Code of Federal Regulations [CFR]. 2007. Title 21, Part 173.315. Secondary Direct Food Additives Permitted in Food for Human Consumption: Chemicals used in washing or to assist in the peeling of fruits and vegetables. Chlorine dioxide. [online]. Available http://frwebgate3.access.gpo.gov/cgi-bin [2008, September 27]

Code of Federal Regulations [CFR]. 2005. Title 21, Part 178.1010. Sanitizing solutions. [online]. Available http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2002/aprqtr/pdf/21cfr178.1010.pdf [2008, September 27]

Kim, H., J. Ryu and L.R. Beuchat. 2006. Survival of *Enterobacter sakazakii* on fresh produce as affected by temperature, and effectiveness of sanitizers for its elimination. *International Journal of Food Microbiology*. 111: 134-143.

King and Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally process fruit and vegetables. *Food Technology*. 43: 132-135,139.

Kitis, M. 2004. Disinfection of waste water with peracetic acid: a review. *Environment International*. 30: 47– 55

Narciso, J. and A. Plotto. 2005. A comparison of sanitation system for fresh-cut mango. *HortTechnology*. 15: 837-842.

Olmez, H. and U. Kretzschmar. 2008. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consum-ption and environmental impact. *LWT - Food Science and Technology*. 42: 686-693.

Phanumong P., N. Rattanapanone and M. Haewsungcharern. 2010. Efficacy of hypochlorite, peroxyacetic acid and peroxycitric acid in reducing microorganisms on the surface of fresh whole litchi fruit and its flesh. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*. 9 : 295-304.

Rivera E.V. 2005. A review of chemical disinfection methods for methods for minimally processed leafy vegetables. Master of Science (Food Science Graduate Program) Kansas State University.

Rodgers, S.T., J.N. Cash, M. Siddiq and E.T. Ryser. 2004. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries, and cantaloupe. *Journal of Food Protection*. 67: 721-731.

Ruiz-Cruz, S., E. Acedo-Felix, M. Diaz-Cinco, M. Islas-Osuna and G.A. GonZalez-Aguilar. 2007. Efficacy of sanitizers in reducing *Escherichia coli* O157:H0, *Salmonella* spp. and *Listeria monocytogenes* populations on fresh-cut carrots. *Food Control*. 18: 1383-1390.

Soliva-Fortuny, R.C. and O. Martin-Belloso. 2003. New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruit: a review. *Trends in Food Science & Technology*. 14: 341-353.

Thipaksorn C., N. Rattanapanone and D. Boonyakiat. 2012. Effects of peroxyacetic acid, peroxycitric acid, sodium bicarbonate, potassium sorbate and potassium metabisulfite on the control of green mold in 'Sai Nam Phueng' tangerine fruit. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences.* 11:203-211.

U.S. Food and Drug Administration. 1997. Substances generally recognized as safe, proposed rule, Federal Register. 18937–18964.

Wisniewsky, M.A. 2000. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 counts on whole fresh apples by treatment with sanitizers. *Journal of Food Protection*. 63: 703-708.

Zagory, D. 1999. Sanitation concerns in the fresh-cut fruit and vegetable industry. *Food Processors Sanitation Workshop*. University of California, Davis.