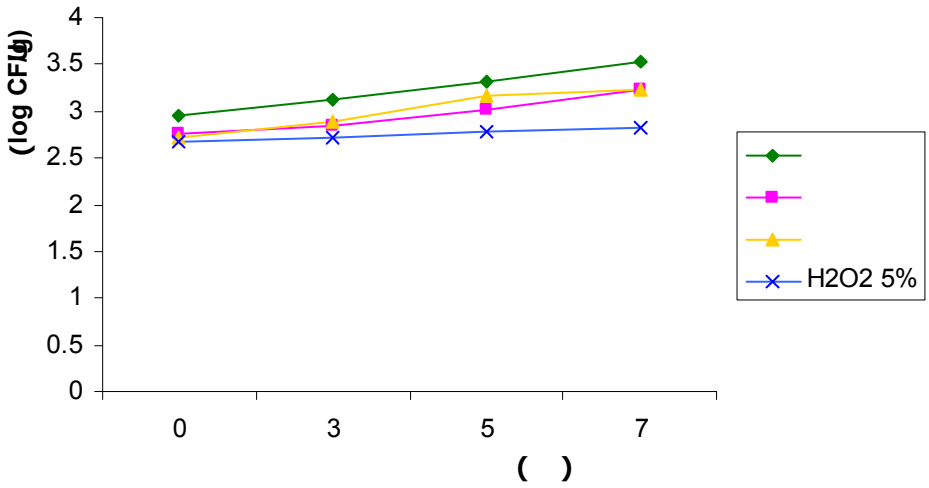
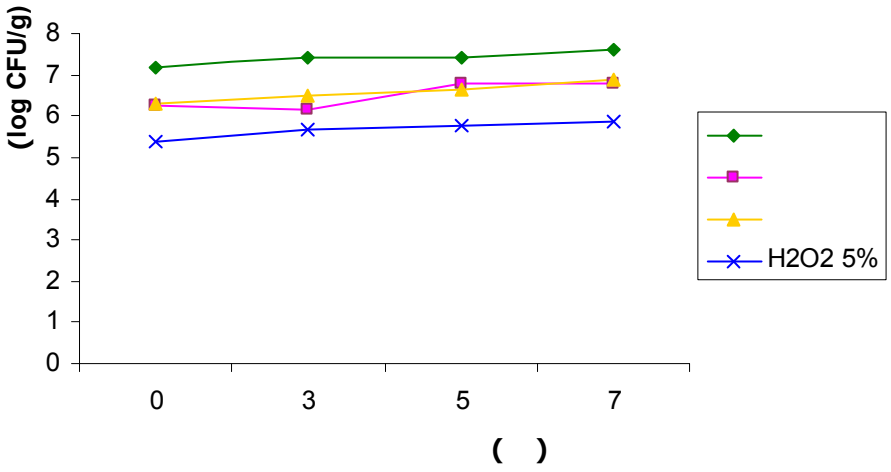
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการล้างผักด้วยน้ำกรอง น้ำเย็น และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ที่มีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างที่เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาเก็บต่างๆกัน

การล้างแตงร้านและผักกาดหอมด้วยน้ำกรอง น้ำเย็น (10 ± 2 องศาเซลเซียส) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% โดยแช่นาน 2 นาที จะมีผลต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ดังแสดงในภาพที่ 4.1-4.2



ภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในแตงร้านแปรรูปเบื้องต้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ



ภาพที่ 4.2 แสดงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ

จากภาพที่ 4.1- 4.2 พบว่าผักที่ไม่ได้ล้าง จะตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์สูง เนื่องจากมีจุลินทรีย์จากสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำที่ใช้รด ปุ๋ยมูลสัตว์ และจากอุปกรณ์ ปนเปื้อนอยู่มากซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นขั้นตอนการล้างจึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญในการช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์เบื้องต้นที่ติดมากับผัก จะสังเกตได้ว่าในการล้างผักถึงแม้จะใช้น้ำสะอาดธรรมดา น้ำเย็น ก็สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้โดยไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในวันแรกของแตงร้าน ส่วนการล้างผักกาดหอมโดยใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์สามารถช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ 2 log CFU/g

เมื่อนำผักที่ผ่านการแช่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มาหั่นและบรรจุถุง LDPE มาเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ล้างจะไปมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผัก แสดงให้เห็นผลในระยะยาวโดยทำให้อายุการเก็บรักษาของผักนานขึ้น เนื่องจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จึงสามารถควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ได้ ส่วนน้ำกรองและน้ำเย็นไม่มีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นเมื่อเก็บรักษาผักเป็นระยะเวลานานขึ้นจึงตรวจพบปริมาณจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยพบว่าแตงร้านและผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นที่ล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% บรรจุถุงแบบสุญญากาศ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ 1.0 log CFU/g และ 2.0 log CFU/g ตามลำดับ และช่วยยืดอายุผักให้มีการเก็บรักษานาน 7 วัน ได้ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sapers and Simmons (1998) ในการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ในการล้างแคนตาลูปนาน 2 นาที พบว่าสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาได้นานถึง 14 วัน ส่วนการล้างด้วยน้ำธรรมดามีอายุการเก็บรักษาเพียง 7 วัน

สำหรับการนำสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปประยุกต์ใช้ในการเตรียมแตงร้านแปรรูปเบื้องต้นเพื่อการค้านั้น อาจไม่คุ้มกับต้นทุนและเวลาที่เสียไป เนื่องจากแตงร้านที่ล้างด้วยน้ำกรองน้ำเย็น และสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ในวันที่ 7 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.22 3.24 และ 2.82 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันไม่ถึง 1 log CFU/g และยังมีค่าไม่เกินเกณฑ์คุณภาพของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด (6 log CFU/g) (ภาคผนวก ข) ดังนั้นในการล้างแตงร้านแปรรูปเบื้องต้นด้วยน้ำกรอง หรือน้ำเย็น จึงเพียงพอในการล้างทำความสะอาด

จากผลการทดลองพบว่าผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นในวันแรกและในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดแตกต่างกันเพียง 0.52 log CFU/g อาจเนื่องมาจากสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีผลในยืดอายุระยะ lag phase ของเชื้อจุลินทรีย์ในผักกาดหอม จึงควรต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

4.2 ผลการศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างหลังการล้างน้ำในแตงร้านและผักกาดหอม

จากการศึกษาการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ในการล้างผักพบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักได้ดี ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างในแตงร้านและผักกาดหอม เมื่อทดสอบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง ด้วยแผ่นทดสอบ (ภาคผนวก ค) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกไซด์ตกค้างในแตงร้านและผักกาดหอม

ชนิดผัก	กลุ่มการทดลอง	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง (ppm)				
		ระยะเวลา (นาที)				
		0	5	15	30	60
แตงร้าน	ไม่ล้างน้ำกลั่น	>25	>25	25	25	5
	ล้างน้ำกลั่น	>25	>25	2-5	2-5	2-5
ผักกาดหอม	ไม่ล้างน้ำกลั่น	>25	>25	>25	>25	>25
	ล้างน้ำกลั่น	>25	>25	>25	>25	>25

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการล้างแตงร้านด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ในห้อง พบว่าช่วงระยะเวลา 15-60 นาที ยังคงพบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง 2-5 ppm ส่วนผักกาดหอมที่ช่วงระยะเวลาต่างๆยังคงพบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างมากกว่า 25 ppm ซึ่งเป็นปริมาณเกินกำหนดตามมาตรฐานคุณภาพของ The Code of Federal Regulation (21 CFR 184.1366) ที่ให้กำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างระหว่างกระบวนการผลิต และANZFA (2001) กำหนดให้ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ในการล้างตกค้างสูงสุดไม่เกิน 5 ppm จะสังเกตได้ว่าแตงร้านมีปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างน้อยกว่าในผักกาดหอม เนื่องมาจากแตงร้านมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์น้อยกว่าผักกาดหอมเมื่อเปรียบเทียบต่อปริมาณน้ำหนักที่เท่ากัน หรือเกิดจากปฏิกิริยาเอนไซม์คะตะเลสที่ต่ำกว่าของผักกาดหอม Sapers and Simmons (1998) รายงานพบว่าผักผลไม้บางชนิด ที่ล้างด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดฟองขึ้นเล็กน้อยหรือไม่เกิด แสดงให้เห็นว่าเกิดปฏิกิริยาเอนไซม์คะตะเลสต่ำ และเป็นไปได้ที่จะเกิดปัญหาสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง ถ้าไม่มีวิธีการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้าง ผักส่วนมากจะเกิดผลกระทบเล็กน้อยกับลักษณะที่ปรากฏ มีผักกาดหั่นซอยที่เกิดสีน้ำตาลอย่างมาก เหมือนกับที่สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ก่อให้เห็นการบาดเจ็บของเห็ด กระบวนการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์อาจเกิดขึ้นเองโดยปฏิกิริยาของเอนไซม์คะตะเลส

ภายในเซลล์ โดยให้มีเวลาเพียงพอในการเกิดปฏิกิริยา หรือควรล้างออกทันทีหลังการใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อหลีกเลี่ยงปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับอาหาร ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์

4.3 ผลการศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างหลังการล้างด้วยกรดแอสคอบิคในแตงร้านและผักกาดหอม

จากการศึกษาปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างหลังการล้างด้วยน้ำกลั่น ยังคงพบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างในระยะเวลาต่างๆ จึงได้มีการนำกรดแอสคอบิค 1% 2% และ 3% มาใช้ในการล้างแตงร้านและผักกาดหอม ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างในแตงร้านและผักกาดหอม หลังการล้างด้วยสารละลายกรดแอสคอบิค

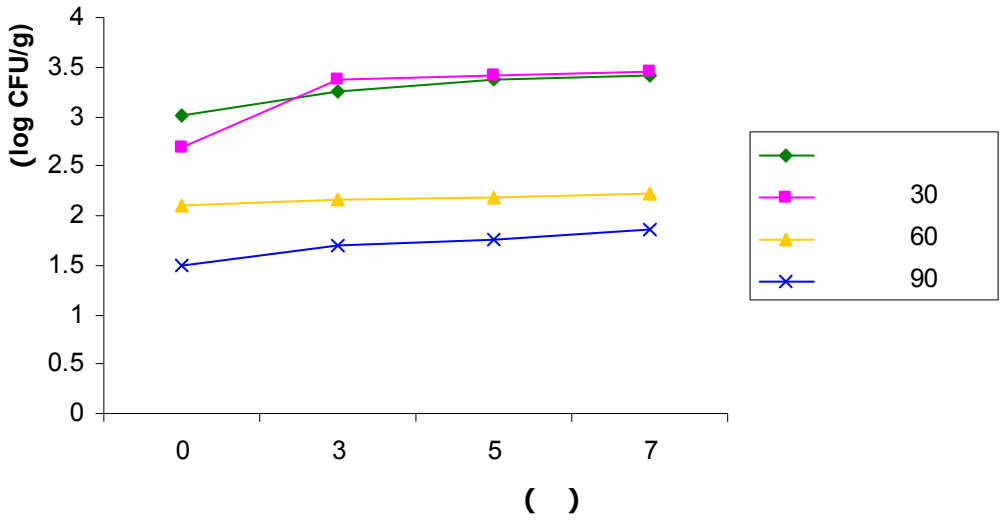
ชนิดผัก	กลุ่มการทดลอง	ปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง (ppm)				
		ระยะเวลา (นาที)				
		0	15	30	60	120
แตงร้าน	ล้าง ascorbic acid 1%	0-0.5	0-0.5	0-0.5	0-0.5	0
ผักกาดหอม	ล้าง ascorbic acid 1%	>25	>25	>25	>25	>25
	ล้าง ascorbic acid 2%	0-0.5	0-0.5	0-0.5	0-0.5	0-0.5
	ล้าง ascorbic acid 3%	0	0	0	0	0

จากตารางที่ 4.2 พบว่าแตงร้านที่ล้างด้วยกรดแอสคอบิค 1% นาน 2 นาที นำมาตั้งทิ้งไว้ 120 นาที จะตรวจไม่พบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง ส่วนผักกาดหอมหลังล้างด้วยกรดแอสคอบิค 3% ตรวจไม่พบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ค้างทันที กรดแอสคอบิคสามารถทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กับไฮโดรเจเปอร์ออกไซด์ ได้เป็นน้ำและ dehydroascorbic acid (DAA) (Deutsch, 1998) ซึ่งสอด คล้องกับงานวิจัยของ Sapers and Simmons (1998) ที่ใช้โซเดียมอิลิธอร์เบท (sodium erythorbate) 1% ซึ่งเป็นไอโซเมอร์กับกรดแอสคอบิค มาแช่แตงกวานาน 1 นาที หลังเวลาผ่านไป 5 นาที จะตรวจไม่พบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง เมื่อเปรียบเทียบกับแตงกวาที่ไม่ได้ล้าง หลังเวลาผ่านไป 120 นาที ยังคงพบปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างมากกว่า 25 ppm

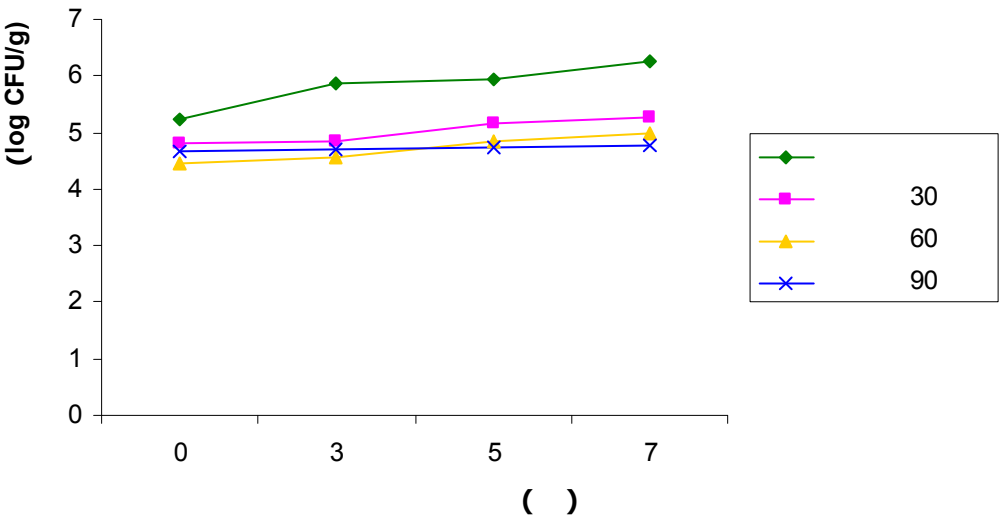
จากการศึกษาควรใช้กรดแอสคอบิค 1% และ 3% ในการล้างแตงร้านและผักกาดหอมตามลำดับ เพื่อช่วยกำจัดปริมาณสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ไซด์ตกค้าง

4.4 ผลของเวลาที่ล่าช้าก่อนการบรรจุต่อปริมาณจุลินทรีย์

จากการศึกษาการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ในการล้างแตงร้านและผักกาดหอม พบว่าให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณจุลินทรีย์และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผักได้ดี ดังนั้นจึงใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ในการล้างแตงร้านและผักกาดหอม เพื่อทำการศึกษาผลของเวลาที่ล่าช้าหลังล้างผักก่อนการบรรจุต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆกัน ดังแสดงในภาพที่ 4.3-4.4



ภาพที่ 4.3 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างแตงร้านแปรรูปเบื้องต้นที่เวลาล่าช้าก่อนการบรรจุที่เวลาต่างๆกัน



ภาพที่ 4.4 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นที่เวลาล่าช้าก่อนการบรรจุที่เวลาต่างๆกัน

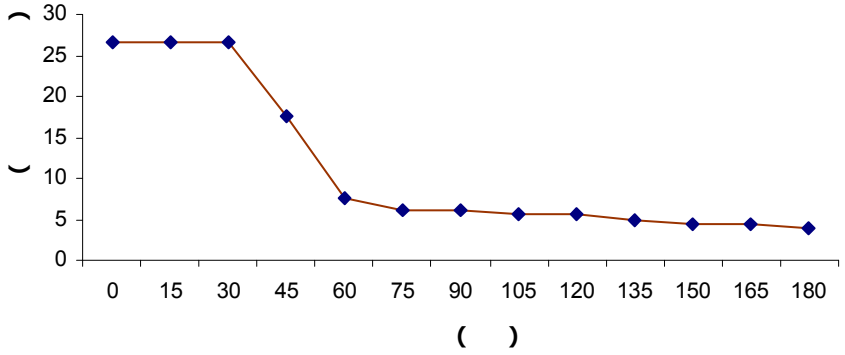
จากภาพที่ 4.3 พบว่าแตงร้านที่เวลารอบบรรจุ 60 และ 90 นาที มีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่าการบรรจุทันทีและรอบบรรจุ 30 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากภาพที่ 4.4 พบว่าผักกาดหอมที่เวลารอบบรรจุ 30, 60 และ 90 นาที ปริมาณจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันอย่างมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยกว่าการบรรจุทันที โดยผักกาดหอมที่บรรจุทันที ในวันที่ 7 พบปริมาณจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (6 log CFU/g) (ภาคผนวก ข) อาจเนื่องมาจากปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำในผัก ทำให้จุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตเกิดการเน่าเสีย โดยการเก็บรักษาในสภาพแห้งจะช่วยผักให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้นได้

นอกจากนี้แตงร้านและผักกาดหอมเมื่อรอบบรรจุเป็นเวลานานเกิน 60 และ 30 นาที ตามลำดับ พบว่าผิวของแตงร้านและลักษณะใบของผักกาดหอมจะเริ่มเหี่ยว สูญเสียลักษณะทางกายภาพ ดังนั้นจึงไม่ควรรอบบรรจุแตงร้านและผักกาดหอมนานเกิน 60 และ 30 นาที ตามลำดับ โดยผักแปรรูปเบื้องต้นควรหลีกเลี่ยงการผึ่งให้แห้งเป็นเวลานาน (Irtwange. 2006) เพราะผักที่ผ่านการหั่น ตัด สับ หรือซอยจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ เกิดการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้นและเกิดอาการเหี่ยวแห้ง (Salunkhe and Desai. 1984) ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้การปั่นเหวี่ยง (centrifugation) ในการสะเด็ดน้ำออกจากผัก เช่นที่ใช้ในผักกาดหอม (Bolin and Huxsoll. 1989) และเป็นการลดการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์เบื้องต้นในผักแปรรูปพร้อมบริโภค (Yang. 1985)

การนำแตงร้านและผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นไปบรรจุทันทีให้ผลปริมาณจุลินทรีย์สูงกว่ารอบบรรจุ 60 และ 30 นาที ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากปริมาณไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างยังคงมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จากการศึกษาวิจัยของ Sapers et al. (1999) พบว่าแอปเปิลที่ไม่ได้ล้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้าง สามารถลดปริมาณเชื้อ *E.coli* ได้ดีกว่าแอปเปิลที่ล้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างออก โดยการล้างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างด้วยน้ำจะไปลดความเข้มข้นของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างในแอปเปิล ซึ่งไม่เพียงพอในการฆ่าเชื้อ จากการทดลองพบสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตกค้างในแตงร้านและผักกาดหอมนานมากกว่า 60 นาที

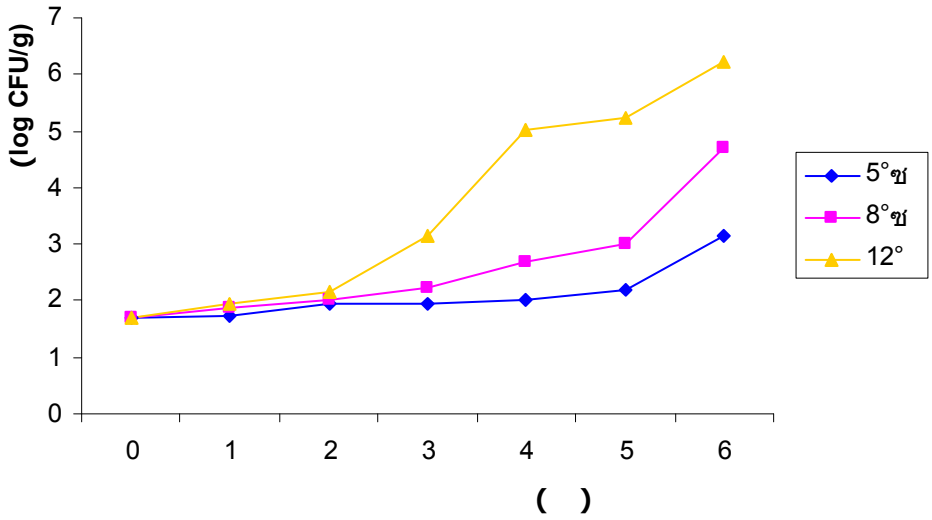
4.5 ผลการจำลองการขนส่งผักสลัดพร้อมบริโภค

จากการศึกษาการล้างทำความสะอาดผักสลัดแปรรูปเบื้องต้นพบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5% ช่วยลดปริมาณจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษา แตงร้านและผักกาดหอมเมื่อแช่ในสารละลายกรดแอสคอบิค 1% และ 3% ตามลำดับ นาน 2 นาที สามารถกำจัดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ตกค้างในผักแปรรูปเบื้องต้น และควรใช้เวลาในการรอบรรจุแตงร้านและผักกาดหอมไม่เกิน 30 นาที และ 60 นาที ตามลำดับ เนื่องจากจะมีผลต่อลักษณะทางกายภาพของผัก ทำให้ผักเหี่ยว แล้วนำมาบรรจุในถุง LDPE ปิดผนึกแบบสุญญากาศ เพื่อศึกษาผลของการขนส่ง และอุณหภูมิการเก็บรักษาระหว่างรอจำหน่ายที่ 5, 8 และ 12 องศาเซลเซียส ดังแสดงในภาพที่ 4.5-4.7 และตารางที่ 4.3-4.4

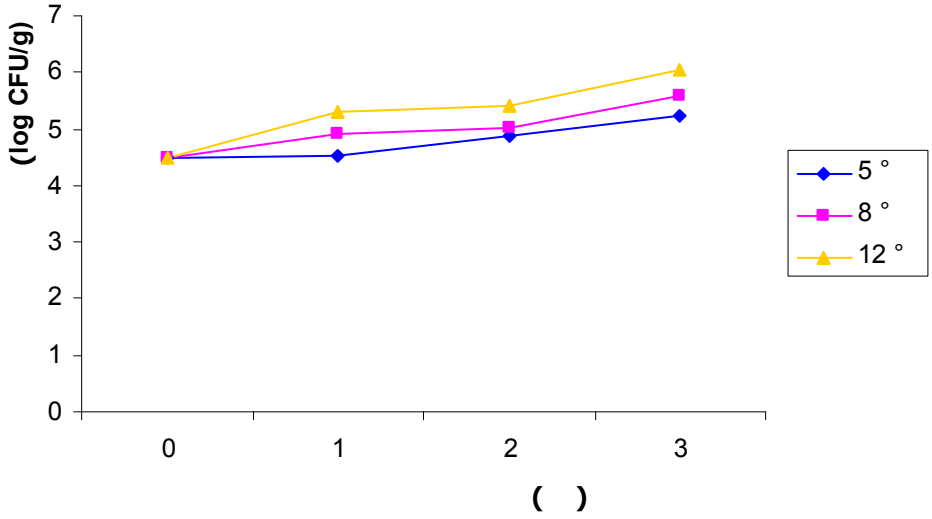


ภาพที่ 4.5 แสดงอุณหภูมิในกล่องโฟมที่สภาวะจำลองการขนส่ง ที่ 5 องศาเซลเซียส นาน 180 นาที

จากภาพที่ 4.5 พบว่าอุณหภูมิในกล่องโฟมระหว่างการขนส่งเริ่มต้นที่ 24.5 องศาเซลเซียส และลดลงเป็น 5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 130-180 นาทีของการขนส่ง จากนั้นนำผักทั้ง 2 ชนิดไปเก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 12 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.6 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างแตงร้านแปรรูปเบื้องต้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 12°ซ (องศาเซลเซียส)



ภาพที่ 4.7 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่างผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้น ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 12°ซ (องศาเซลเซียส)

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแตงร้านแปรรูปเบื้องต้น ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิรอจำหน่ายที่ 5, 8 และ 12 องศาเซลเซียส

วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลการทดสอบ (คะแนน)			
		สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	5	5.00	5.00	5.00	5.00
	8	5.00	5.00	5.00	5.00
	12	5.00	5.00	5.00	5.00
1	5	4.67^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	8	4.67^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	12	4.33^{ns}	4.00^{ns}	4.33^{ns}	4.33^{ns}
2	5	4.67^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	8	4.67^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	12	4.33^{ns}	4.00^{ns}	4.33^{ns}	4.33^{ns}
3	5	4.33^{ns}	4.33^{a}	4.67^{ns}	4.67^{a}
	8	4.33^{ns}	4.00^{ab}	4.33^{ns}	4.33^{ab}
	12	4.00^{ns}	3.33^{b}	4.00^{ns}	3.33^{b}
4	5	4.00^{a}	4.00^{a}	4.33^{a}	4.00^{a}
	8	3.33^{ab}	3.33^{b}	4.00^{a}	3.33^{ab}
	12	2.66^{b}	3.00^{b}	2.66^{b}	2.66^{b}
5	5	3.33^{a}	3.00^{a}	3.33^{a}	3.33^{a}
	8	2.67^{ab}	2.33^{ab}	2.00^{b}	2.00^{b}
	12	1.67^{b}	1.67^{b}	1.33^{b}	1.33^{b}
6	5	2.33^{a}	2.33^{a}	2.00^{a}	2.33^{a}
	8	1.33^{b}	2.00^{ab}	1.33^{b}	1.33^{b}
	12	1.00^{b}	1.33^{b}	1.00^{b}	1.00^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้น ระหว่างเก็บรักษาที่อุณหภูมิรอจำหน่ายที่ 5, 8 และ 12 องศาเซลเซียส

วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลการทดสอบ (คะแนน)			
		สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	5	5.00	5.00	5.00	5.00
	8	5.00	5.00	5.00	5.00
	12	5.00	5.00	5.00	5.00
1	5	4.33^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{a}	4.33^{a}
	8	4.00^{ns}	4.00^{ns}	4.00^{b}	4.00^{a}
	12	3.67^{ns}	4.00^{ns}	3.00^{c}	3.00^{b}
2	5	3.33^{ns}	3.33^{ns}	4.00^{a}	4.00^{a}
	8	3.00^{ns}	3.00^{ns}	3.00^{b}	3.00^{b}
	12	2.66^{ns}	3.00^{ns}	2.33^{c}	2.33^{c}
3	5	3.33^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}	3.00^{a}
	8	2.00^{b}	2.33^{ab}	2.00^{b}	2.00^{b}
	12	1.00^{c}	1.66^{b}	1.33^{c}	1.33^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากภาพที่ 4.6-4.7 พบว่าแตงร้านแปรรูปเบื้องต้น หลังการขนส่งและการเก็บรักษาระหว่างรอจำหน่ายที่อุณหภูมิ 5, 8 และ 12 องศาเซลเซียส ในวันที่ 0, 1 และ 2 วัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ไม่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 3, 4, 5 และ 6 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดน้อยกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 12 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญ โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ในวันที่ 6 พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (6 log CFU/g) (ภาคผนวก ข) โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในวันที่ 5 พบปริมาณจุลินทรีย์ 2.20 log CFU/g เมื่อเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 12 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 2.99 และ 5.23 log CFU/g ตามลำดับ และพบว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผักได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ 8 และ 12 องศาเซลเซียส โดยวันที่ 6 สีของแตงร้านเริ่มซีด และผิวสัมผัสด้านนอกแห้ง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ส่วนผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้น พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษาได้ดีกว่าการเก็บที่ 8 และ 12 องศาเซลเซียส โดยวันที่ 3 มีปริมาณจุลินทรีย์

ทั้งหมด 5.24 log CFU/g เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8 และ 12 องศาเซลเซียส มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 5.59 และ 6.03 log CFU/g ตามลำดับ และพบว่าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสในด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับของผักได้ดีกว่าการเก็บรักษาที่ 8 และ 12 องศาเซลเซียส โดยการเก็บในวันที่ 4 ผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นมีลักษณะทางประสาทสัมผัสไม่เป็นที่ยอมรับโดยเกิดสีน้ำตาลบริเวณรอยตัด และใบเริ่มมีลักษณะเป็นสีเหลือง

จึงควรใช้อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในการเก็บรักษาแตงร้านและผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นระหว่างการรอจำหน่าย โดยที่อุณหภูมิการเก็บรักษา 5 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุแตงร้านและผักกาดหอมได้นาน 5 และ 3 วัน ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าแตงร้านและผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นที่ไม่ได้ผ่านการขนส่ง จะสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นาน 7 วัน แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในการขนส่งมีผลต่ออายุการเก็บรักษาของผัก โดยอุณหภูมิระหว่างการขนส่งจะสูงกว่า 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานถึง 130 นาที โดยเวลาและอุณหภูมิจะมีผลต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสของผักแปรรูปเบื้องต้น โดย Marrero and Kader (2005) พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการเก็บรักษาแคนตาลูปแปรรูปเบื้องต้น สามารถลดคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และพบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาสับปะรดแปรรูปเบื้องต้น โดยที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เก็บรักษาได้ 2 วัน แต่ที่อุณหภูมิ 2.2 และ 0 องศาเซลเซียส สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้มากกว่า 14 วัน นอกจากนี้การควบคุมอุณหภูมิระหว่างการขนส่งและระหว่างการเก็บรักษาจึงเป็นจุดสำคัญในการควบคุมคุณภาพ และเป็นการลดอัตราการเพิ่มจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ (Art s. 2004)

4.6 ผลการศึกษาความเข้มข้นของโอโซนในน้ำ

จากการตรวจวัดความเข้มข้นโอโซนในน้ำด้วยวิธี Indigo Colorimetric Method (ภาคผนวก ง) ที่เวลาต่างๆ และปริมาณโอโซนที่เหลือในน้ำหลังใส่ผัก ดังแสดงในตารางที่ 4.5

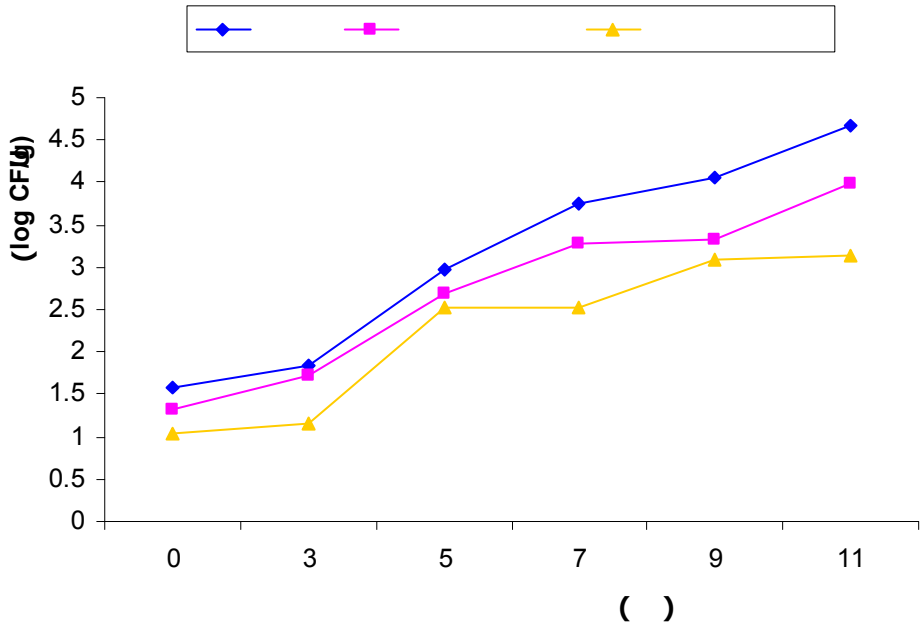
ตารางที่ 4.5 แสดงความเข้มข้นของโอโซนที่เวลาต่างๆ

เวลาที่ให้ก๊าซ (นาที)	ความเข้มข้นของโอโซน (มิลลิกรัม/ลิตร)
5	0.020
10	0.050
15	0.070
20	0.070
60	0.080
65	0.080
70	0.078
75	0.080
80	0.083
85	0.082
90	0.080

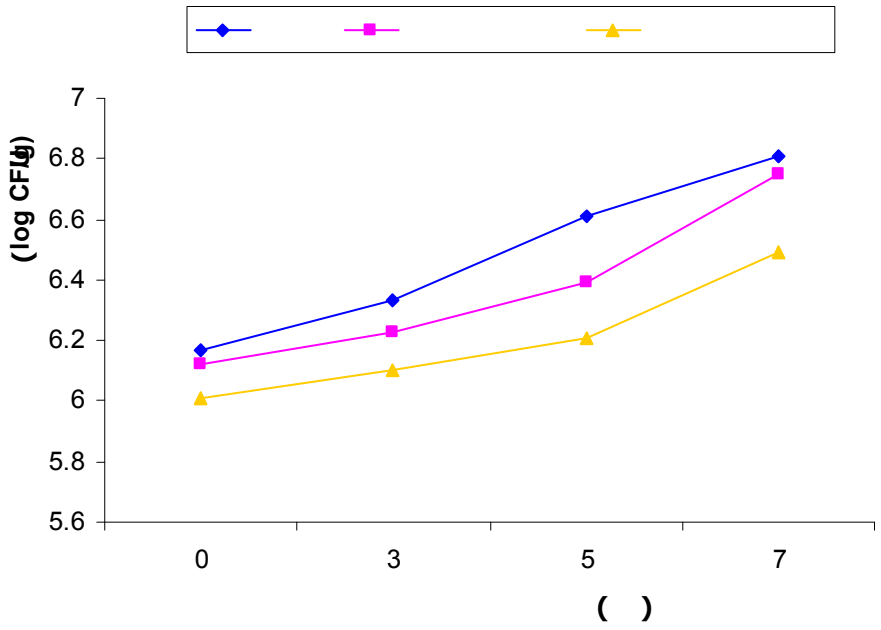
จากตารางที่ 4.5 พบว่าความเข้มข้นของโอโซนในน้ำจะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่ให้ก๊าซโอโซน แต่ความเข้มของโอโซนจะเริ่มคงที่อยู่ในช่วงหนึ่ง โดยเมื่อเปิดเครื่องโอโซนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง วัดความเข้มข้นได้ 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มข้นของโอโซนในน้ำสูงและเริ่มคงที่อยู่ในช่วงหนึ่ง ซึ่งคลอดคล้องกับงานวิจัยของ กัญญาจิต โล่ภิญโญสิริ (2543) รายงานว่าปริมาณโอโซนที่เหลือตกค้างอยู่ในน้ำ ที่วัดด้วยวิธี Indigo Method มีค่าไม่คงที่ เนื่องจากโอโซนมีการสลายตัวตลอดเวลา ปริมาณโอโซนที่เหลือตกค้างอยู่ในน้ำมีค่าสูงสุด และเกือบคงที่เพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น

จากการทดลองนำมะเขือเทศ (ภาคผนวก ฉ) เมื่อเปิดเครื่องโอโซนครบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วใส่มะเขือเทศ และทำการตรวจวัดปริมาณโอโซนที่เหลือตกค้างในน้ำขณะเปิดเครื่องและปิดเครื่องโอโซน ที่เวลาต่างๆ พบว่าขณะปิดเครื่องโอโซน ความเข้มข้นของโอโซนในน้ำหลังใส่ผักยังคงมีเหลือตกค้างอยู่ โดยปริมาณโอโซนในน้ำขณะปิดเครื่องจะสลายตัวหมดเมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาการล้างแตงร้านและผักกาดหอมด้วยโอโซนที่เหลือตกค้างในน้ำขณะเปิดและปิดเครื่องโอโซนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด

4.7 ผลการล้างผักด้วยโอโซนต่อปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.8 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแตงร้านแปรรูป เบื้องต้นหลังแช่โอโซนขณะเปิดและปิดเครื่อง



ภาพที่ 4.9 แสดงปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผักกาดหอมแปรรูปเบื้องต้นหลังแช่โอโซนขณะเปิดและปิดเครื่อง

จากภาพที่ 4.8-4.9 พบว่าเมื่อนำแตงร้านและผักกาดหอมที่ผ่านการแช่โอโซน มาหั่นและบรรจุถุง LDPE และปิดผนึกด้วยเครื่องแบบสุญญากาศ เก็บรักษาต่อที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าการล้างผักด้วยโอโซนขณะเปิดเครื่อง สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในแตงร้านได้ 0.55 log CFU/g และผักกาดหอม 0.16 log CFU/g ก่อนการเก็บรักษา เมื่อเทียบกับการล้างด้วยน้ำกลั่น โดยการล้างแตงร้านและผักกาดหอมที่ผ่านการแช่โอโซนขณะเปิดเครื่องสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำกลั่น เนื่องจากโอโซนมีฤทธิ์ในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์จึงสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการล้างด้วยน้ำกลั่น เมื่อเก็บรักษาแตงร้านและผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 9 และ 7 วัน พบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดถึง 4.05 และ 6.81 log CFU/g ตามลำดับ เนื่องจากสปอร์ของเชื้อจุลินทรีย์ ส่วนแตงร้านที่แช่โอโซนขณะเปิดเครื่องและโอโซนที่เหลือตกค้างหลังปิดเครื่อง พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด 3.09 และ 3.33 log CFU/g ผักกาดหอมพบ 6.49 และ 6.75 log CFU/g ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าโอโซนมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ และสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผัก โดยผักกาดหอมพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์เกินเกณฑ์คุณภาพของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (6 log CFU/g) (ภาคผนวก ข) ตั้งแต่วันแรกของการเก็บรักษา เนื่องจากความเข้มข้นของโอโซนในน้ำที่ใช้ล้างมีปริมาณน้อย จึงสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ในผักกาดหอมได้เพียงเล็กน้อย

จากผลการทดลองในวันแรกและวันที่ 3 ของการเก็บรักษาผักที่ล้างด้วยโอโซนขณะเปิดเครื่องให้ประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการล้างด้วยโอโซนที่ตกค้างหลังจากปิดเครื่อง เนื่องจากปริมาณโอโซนที่ตกค้างหลังจากปิดเครื่องนั้นมีปริมาณน้อยกว่าขณะเปิดเครื่อง ทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่า โดยโอนโซนสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ (vegetative cell) ได้ง่าย แต่สปอร์จะมีความทนทานสูง จึงต้องใช้ปริมาณโอโซนที่สูงขึ้นในการกำจัด โดย Broadwater et al. (1973) รายงานว่า *B. cereus* (vegetative cell) ถูกทำลายด้วยโอโซนในน้ำความเข้มข้น 0.12 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที และสปอร์ถูกทำลายที่ความเข้มข้น 2.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 5 นาที Kim et al. (1999) ได้รายงานว่าสามารถลดจำนวนจุลนทรีย์ทั้งหมดของผักกาดหั่นซอยได้ 2 log CFU/g โดยแช่ในน้ำที่มีโอโซนละลาย 1.3 มิลลิโมล อัตราการไหลเท่ากับ 0.5 ลิตรต่อนาที นาน 3 นาที และ Hyun-Gyun et al. (2006) พบว่าการใช้โอโซนความเข้มข้น 5 ppm แช่ผักกาดหอมนาน 5 นาที แล้วเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถลดปริมาณเชื้อ *E.coli O157:H7* และ *L. monocytogenes* ได้ 1.09 และ 0.94 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งได้ผลดีกว่าโอโซนความเข้มข้น 3 ppm แช่นาน 5 นาที โดยมีการทดสอบคุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัสของแตงร้านและผักกาดหอมในด้าน สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการยอมรับ ที่เวลาต่างๆกัน ดังตารางที่ 4.6-4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแตงร้านที่ล้างด้วยน้ำกลั่น โอโซนปิดเครื่อง และโอโซนเปิดเครื่อง เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆกัน

วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ผลการทดสอบ (คะแนน)			
		สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	น้ำกลั่น	5.00	5.00	5.00	5.00
	โอโซนปิดเครื่อง	5.00	5.00	5.00	5.00
	โอโซนเปิดเครื่อง	5.00	5.00	5.00	5.00
3	น้ำกลั่น	4.67^{ns}	4.33^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	4.67^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	4.67^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}	4.67^{ns}
5	น้ำกลั่น	4.00^{ns}	4.00^{ns}	4.00^{ns}	4.00^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	4.33^{ns}	4.33^{ns}	4.00^{ns}	4.33^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	4.33^{ns}	4.33^{ns}	4.00^{ns}	4.33^{ns}
7	น้ำกลั่น	3.67^{ns}	3.33^{ns}	3.33^{ns}	3.33^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	4.00^{ns}	4.00^{ns}	3.67^{ns}	4.00^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	4.00^{ns}	4.00^{ns}	3.67^{ns}	4.00^{ns}
9	น้ำกลั่น	3.00^{ns}	2.67^{ns}	2.67^{ns}	2.67^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	3.33^{ns}	3.33^{ns}	3.00^{ns}	3.33^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	3.33^{ns}	3.33^{ns}	3.00^{ns}	3.33^{ns}
11	น้ำกลั่น	2.33^{ns}	2.33^{ns}	2.33^{ns}	2.33^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	2.67^{ns}	2.67^{ns}	2.33^{ns}	2.67^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	2.67^{ns}	2.67^{ns}	2.33^{ns}	2.67^{ns}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผักกาดหอมที่ล้างด้วยน้ำกลั่น โอโซนปิดเครื่อง และโอโซนเปิดเครื่อง เก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆกัน

วันที่	อุณหภูมิ	ผลการทดสอบ (คะแนน)			
	(องศาเซลเซียส)	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	การยอมรับ
0	น้ำกลั่น	5.00	5.00	5.00	5.00
	โอโซนปิดเครื่อง	5.00	5.00	5.00	5.00
	โอโซนเปิดเครื่อง	5.00	5.00	5.00	5.00
3	น้ำกลั่น	3.67^{ns}	3.67^{ns}	4.00^{ns}	3.67^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	4.33^{ns}	4.00^{ns}	4.00^{ns}	4.00^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	4.67^{ns}	4.00^{ns}	4.33^{ns}	4.33^{ns}
5	น้ำกลั่น	2.33^{a}	3.00^{ns}	3.00^{ns}	3.00^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	2.67^{ab}	3.33^{ns}	3.00^{ns}	3.00^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	3.67^{b}	3.67^{ns}	4.00^{ns}	3.33^{ns}
7	น้ำกลั่น	1.00^{a}	2.33^{ns}	2.00^{ns}	2.00^{ns}
	โอโซนปิดเครื่อง	2.00^{b}	2.67^{ns}	2.33^{ns}	2.33^{ns}
	โอโซนเปิดเครื่อง	2.33^{b}	2.67^{ns}	2.33^{ns}	2.33^{ns}

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากตารางที่ 4.6-4.7 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของแตงร้านและผักกาดหอมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จากการสังเกตพบว่าผักที่ผ่านการแช่โอโซนให้ผลสอบทางประสาทสัมผัสดีกว่าผักที่แช่ด้วยน้ำกลั่น ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่โอโซนขณะเปิดเครื่องให้ผลทางประสาทสัมผัสของสีและเนื้อสัมผัสดีกว่าการแช่โอโซนที่ตกค้างหลังปิดเครื่อง และล้างด้วยน้ำกลั่น

แสดงให้เห็นว่าปริมาณโอโซนที่ต่ำมีผลต่อการควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ได้เพียงเล็กน้อย เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานาน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น โดยการแช่ผักด้วยโอโซนขณะเปิดเครื่องสามารถยืดอายุแตงร้านและผักกาดหอมได้นาน 9 วัน และ 5 วัน ตามลำดับ Zhang et al. (2005) รายงานว่าการใช้โอโซนความเข้มข้น 0.18 ppmในการล้างเซเลอรี่ (celery) แปรรูปเบื้องต้นสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้มากกว่าการล้างด้วยโอโซนที่ความเข้มข้น 0.03 และ 0.08 ppm โดยสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ลงได้ 1.69 log CFU/g ก่อนการเก็บรักษา และการล้างเซเลอรี่ด้วยโอโซนให้ผลทางประสาทสัมผัสดีกว่าการล้างด้วยน้ำกลั่น Keda et al. (1998) รายงานว่าโอโซนความเข้มข้น 0.05 ppm สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ใน ผักขม ผักกาดหอม และสตอรเบอรี่ ที่เก็บ

รักษาที่อุณหภูมิต่ำ ลงได้ 30-50% และสามารถยืดอายุได้ 7 วัน ดังนั้นจึงควรใช้โอโซนขณะเปิดเครื่องเพื่อล้างแตงร้านและผักกาดหอมเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ และช่วยยืดอายุการเก็บรักษา