



การเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนในการลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของ
พริกหนุ่ม (*Capsicum annuum* Linn.) และผิววัสดุ

INCREMENT OF CHLORINE EFFICACY TO REDUCE MICROBIAL LOAD
ON PRIK-NHUM (*Capsicum annuum* Linn.)
AND MATERIAL SURFACES

วรินทร์รัชญ์ เจริญวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2551

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

สำนักงานบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ชื่อเรื่อง

การเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนในการลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของ

พริกหนุ่ม (*Capsicum annuum* Linn.) และผิววัสดุ

โดย

วรินทร์รัชญ์ เจริญวงศ์

พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการที่ปรึกษา

ทศพร วัฒนชัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ)

วันที่ 9 เดือน 11 พ.ศ. 2551

กรรมการที่ปรึกษา

ศุภณัฐ มงคล

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศุภณัฐ บวรสมบัติ)

วันที่ 9 เดือน 11 พ.ศ. 2551

กรรมการที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ธนศ แก้วกำเนิด)

วันที่ 9 เดือน 11 พ.ศ. 2551

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

ศ.

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธยา พิมพ์พิไล)

วันที่ 9 เดือน 11 พ.ศ. 2551

สำนักงานบัณฑิตศึกษารับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทพ พงษ์พานิช)

ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

วันที่ 10 เดือน 11 พ.ศ. 2551

ชื่อเรื่อง	การเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนในการลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม (<i>Capsicum annuum</i> Linn.) และพริกขี้หนู
ชื่อผู้เขียน	นางสาววรินทร์รัชญ์ เจริญวงศ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ประธานกรรมการที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สิทธิสิน บวรสมบัติ

บทคัดย่อ

สารประกอบคลอรีน เช่น น้ำคลอรีนหรือโซเดียมไฮโปคลอไรท์ (sodium hypochlorite) จัดเป็นสารเคมีฆ่าเชื้อ (sanitizer) ชนิดหนึ่ง ที่หาซื้อได้ง่ายมีราคาถูก แต่อย่างไรก็ตามอันตรายจากการใช้สารประกอบชนิดนี้ก็อาจพบได้เสมอในอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากไอระเหยของสารพิษที่มีฤทธิ์กัดกร่อนที่รุนแรง แนวทางการผสมผสานวิธีการใช้สารประกอบคลอรีนให้มีประสิทธิภาพสูงเพียงพอต่อการทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด (total microorganisms) ยีสต์และรา (yeast and mold) โคลิฟอร์ม (coliform) และ *Escherichia coli* บนพื้นผิววัตถุดิบและอุปกรณ์การผลิตอาหาร เช่น เชิงพลาสติก โดยยังสามารถใช้สารประกอบคลอรีนที่ความเข้มข้นต่ำจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการศึกษา

จากการนำพริกหนุ่มมาแช่ในน้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้นสูงสุด 150 ppm จะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลงได้ 0.7 และ 0.4 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่โคลิฟอร์มจะลดปริมาณลงเหลือ 1100 และ 240 MPN/g ตามลำดับ ประสิทธิภาพของคลอรีนจะเพิ่มขึ้น เมื่อปรับอุณหภูมิของน้ำล้างให้มีค่าเท่ากับ 60 °C จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราจะถูกทำลายลงได้ 1.2 และ 0.4 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จะเหลือ 43 และ 39 MPN/g ตามลำดับ แต่พริกที่ได้จะมีผิวที่เลอะมีสีน้ำตาลไหม้

การปรับลดอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนลงมาที่ระดับ 50 °C พร้อมกับการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4 จะส่งผลให้จุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราจะลดลง 1.3 และ 0.8 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จะลดลงเหลือ 20 และ 9 MPN/g ตามลำดับ การทดลองปรับเปลี่ยนเวลาการล้างน้ำ พบว่าระยะเวลาที่เท่ากับหรือมากกว่า 30 นาที ขึ้นไปจะมีประสิทธิภาพที่เท่ากัน คือ สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลง 1.7 log CFU/g และ 1.1 log CFU/g ตามลำดับ และสามารถลดโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ได้เท่ากันคือ <3 MPN/g

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 50 °C โดยนำไปล้างพริกหนุ่มที่ได้จากแหล่งเพาะปลูกในเขต 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอสันป่าตอง อำเภอดอยหล่อ อำเภอเชิงดาว อำเภอแม่แจ่ม จังหวัด

เชียงใหม่ และอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ด้วยระยะเวลาการล้างนาน 30 นาที พบว่าปริมาณคลอรีนอิสระในน้ำล้างไม่ทำให้พริกหนุ่มส่วนใหญ่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี ในขณะที่ตัวอย่างพริกหนุ่มส่วนน้อยเกิดการเปลี่ยนแปลงสีบ้างแต่ก็สังเกตเห็นได้ยาก ผลในการทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนลดลงในช่วง 0.9-1.7 log CFU/g ยีสต์และราลดลง 0.2-1.1 log CFU/g โคลิฟอร์ม และ *E. coli* ลดลงเหลือ <3 MPN/g จากการทดสอบกลิ่นติดค้างของคลอรีนบนพริกผิวนุ่มจากอำเภอสันป่าตองที่ผ่านการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน พบว่าสมบัติของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ไม่มีผลทำให้พริกมีกลิ่นเปลี่ยนไป

เขียงพลาสติกขนาด 5x5 เซนติเมตรถูกนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งเซลล์ของ *E. coli* เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ดังกล่าว พบว่าน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm จะทำให้ *E. coli* ลดลงได้ 0.5 log CFU/25 cm² ประสิทธิภาพของคลอรีนจะดีขึ้นกว่าเดิมถ้าปรับอุณหภูมิของน้ำล้างให้อยู่ในช่วง 50-60 °C ซึ่งจะสามารถลดปริมาณ *E. coli* ลงได้ 3.7 log CFU/25 cm² และการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้เท่ากับ 4 จะช่วยเสริมผลการทำลายแบคทีเรียดังกล่าวลงได้อีก โดยสามารถลดจำนวน *E. coli* ลงได้ 3.8 log CFU/25 cm² สมบัติของน้ำผสมคลอรีนจะยังคงมีผลทำลาย *E. coli* ที่ดี ถ้าควบคุมเวลาที่ใช้ในการล้างเขียงให้ไม่น้อยกว่า 30 นาที

Title	Increment of chlorine efficacy to reduce microbial load on Prik-Nhum (<i>Capsicum annuum</i> Linn.) and material surface
Author	Miss Warinrat Charoenwong
Degree of	Master of Science in Food Technology
Advisory Committee Chairperson	Associated Professor Dr. Sittisin Bovonsombut

ABSTRACT

Chlorine compounds such as chlorine water or sodium hypochlorite are considered as sanitizer which are easily available and cheap in price. However, the danger of using these chemical sanitizers were often found in the food industry because of its strong poisonous vapor and corroding agent. Thus, the techniques of enhancing the efficacy of low dose chlorine to reduce the total microorganisms, yeast and mold, coliform and *Escherichia coli* on the surface of food raw material and on the food processing utensils such as plastic chopping board were investigated.

Soaking the Prik Nhum in the chlorinated water with the free chlorine content of 150 ppm, enabled the reduction of total microorganisms, yeast and mold to be lowered by 0.7 and 0.4 log CFU/g respectively, while coliform and *E. coli* was lowered to 1100 and 240 MPN/g, respectively. In addition, the increase in chlorine efficiency was due to the increase in the temperature of washing water at 60°C, thus total microorganisms, yeast and mold were lowered by 1.2 and 0.4 log CFU/g, respectively. coliform and *E. coli* at 43 and 39 MPN/g respectively. As a result of this temperature, Prik Nhum skin was soggy and burnt.

When the temperature of chlorinated water was brought back to 50°C along with the pH level to 4, this resulted to the lowering the total microorganisms, yeast and mold by 1.3 and 0.8 log CFU/g respectively. Meanwhile coliform and *E. coli* were reduced to 20 and 9 MPN/g, respectively. For time variation, it was found that anytime at 30 minutes or more, the germicidal effect of such washing water was still the same and total microorganisms, yeast and mold were lowered by 1.7 log CFU/g and 1.1 log CFU/g respectively, while coliform and *E. coli* at the same amount of <3 MPN/g.

The use of chlorinated water with free chlorine content of 150 ppm, pH of 4 and temperature of 50⁰C to wash Prik Nhum from 5 different sub-districts for 30 minutes, showed no color change on the surface of most Prik Nhum tested with only a few tested ones having a slight change of color which was not very noticeable. The eliminating effect of the microorganisms, indicated that total microorganisms were lowered in the range of 0.9-1.7 log CFU/g, yeast and mold were lowered at 0.2-1.1 log CFU/g while coliform and *E.coli* were lowered to <3 MPN/g. Also, the residual odor of chlorine on tested samples from Sanpatong was studied the result of which revealed that no change in the odor of Prik Nhum was observed.

The 5x5 cm plastic chopping board was used to immobilize the *E. coli* cells while testing the efficiency of the chlorinated water and it seemed that chlorinated water with free chlorine content of 150 ppm could lower *E. coli* by 0.5 log CFU/25 cm². The efficiency of chlorine would be much better if the temperature of water was 50-60⁰C to reduce the amount of *E. coli* by 3.7 log CFU/25 cm². When pH was dropped to 4, more microorganisms as stated were destroyed, with the amount of *E.coli* being reduced by 3.8 log CFU/25 cm². Meanwhile the appropriate time of washing must be not less than 30 minutes for best effect.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สิริธสิน บวรสมบัติ ประธานกรรมการที่ปรึกษาเป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและคำปรึกษาพร้อมทั้งจัดหาทุนในการทำวิจัย รวมถึงคอยติดตามการทำงานและแก้ไขงานวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สฤณี บวรสมบัติ อาจารย์ ดร.ธนศ แก้วกำเนิด และ อาจารย์ ดร.ธรรรัตน์ ชื่อดอฝ กรรมการที่ปรึกษา อีกทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยิ่งมณี ผัวตระกูล ที่ได้กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งให้คำปรึกษา ข้อแก้ไข และคำแนะนำ ในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดีและลุล่วงจนสำเร็จ

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ให้คำปรึกษา ให้ความสะดวกในการใช้สถานที่ อุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือต่างๆที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ นักศึกษาปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีทางอาหารและนักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนช่วยเหลือในการทำงานวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชัชเวชและคุณแม่แม่แก้วมณี เจริญวงศ์ ที่เป็นผู้ให้กำลังใจ กำลังทรัพย์และสติปัญญา ตลอดจนญาติพี่น้องและเพื่อนๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการศึกษาจนสำเร็จ และข้าพเจ้าน้อมรำลึกถึงพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนข้าพเจ้า

วรินทร์รัชญ์ เจริญวงศ์

กรกฎาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(12)
สารบัญตารางผนวก	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพริก	4
จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพริกสดและผลิตภัณฑ์พริกแปรรูป	8
การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักและผลไม้	9
จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคที่พบในพืชตระกูลพริก	13
คลอรีนในอุตสาหกรรมอาหาร	22
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	34
วัตถุประสงค์และอุปกรณ์	34
วิธีการวิจัย	36
สถานที่ทำการวิจัย	40
ระยะเวลาการทำวิจัย	40
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์	41
ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่ม	41
ผลของความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำล้างต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม	43
ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม	44

ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม	45
ผลของเวลาที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม	47
ผลของการล้างพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ กัน	48
ผลความเข้มข้นของคลอรีนต่อการลดปริมาณ <i>E. coli</i> บนพื้นผิวของ เชียงพลาสติก	51
ผลของอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนต่อ <i>E. coli</i> บนพื้นผิวเชียงพลาสติก	52
ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีนในการลด <i>E. coli</i> บนพื้นผิว ของเชียงพลาสติก	53
ผลของเวลาในการแช่เชียงพลาสติกในน้ำผสมคลอรีนต่อ <i>E. coli</i> บนพื้นผิว เชียงพลาสติก	54
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	55
สรุปผลการวิจัย	55
ข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ	65
ภาคผนวก ข วิธีการคำนวณปริมาณการใช้คลอรีน	68
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาปริมาณ available chlorine	70
ภาคผนวก ง Swab Test	73
ภาคผนวก จ ตาราง Most Probable Number (MPN)	75
ภาคผนวก ฉ แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส	77
ภาคผนวก ช ประวัติผู้วิจัย	79

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย	5
2 ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และอาการของโรค	11
3 สรุปการเกิดอุบัติการณ์อาหารเป็นพิษจากการบริโภคผักและผลไม้ที่ผ่าน การแปรรูป	15
4 เปรียบเทียบการใช้สารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ	19
5 สารประกอบคลอรีนชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม	23
6 ระดับความไวของจุลินทรีย์ต่อการทำลายของคลอรีน และสารฆ่าเชื้อประเภท คลอรีน	24
7 ปริมาณคลอรีนที่ควรใช้ในผักผลไม้ชนิดต่างๆ	25
8 ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 อำเภอ	42
9 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน	43
10 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน	45
11 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	46
12 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน โดยใช้เวลาแช่พริกหนุ่มต่างกัน	47
13 การเปลี่ยนแปลงสีของพริกหนุ่มภายหลังการล้างน้ำผสมคลอรีน	48
14 ประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของ พริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 แห่ง	50
15 การทดสอบกลิ่นคลอรีนในเนื้อพริกหนุ่มที่ผ่านการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน	51
16 ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีน ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน	52
17 ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีน ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	53

- | | | |
|----|---|----|
| 18 | ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีน
ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน | 53 |
| 19 | ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีน
ที่ระยะเวลาต่างกัน | 54 |



สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 การใช้ประโยชน์จากพริก	6
2 ปริมาณการนำเข้าและส่งออกพริกของประเทศไทย	7
3 โอกาสที่จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคจากแหล่งต่างๆ ปนเปื้อนสู่ผักและผลไม้	9
4 ร้อยละของคลอรีนอิสระในสารละลายซึ่งมีอิทธิพลจากค่าความเป็นกรด-ด่าง	27
5 พริกหนุ่มที่จำหน่ายที่ตลาดเมืองใหม่	41
6 ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่มจากแหล่งปลูก 5 แห่ง: สันป่าตอง (ก) คอยหล่อ (ข) เชียงดาว (ค) แม่แจ่ม (ง) และเวียงป่าเป้า (จ)	42

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวก

หน้า

- 1 ค่า MPN/g ของตัวอย่าง ในระดับความเจือจาง 0.1 0.01 และ 0.001
ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

77



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันผักและผลไม้อาจถูกนำมาบริโภคโดยตรง หรือนำไปผ่านขั้นตอนการแปรรูปขั้นต่ำ (minimally process) เพื่อลดโอกาสการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เนื่องจากผักและผลไม้เป็นแหล่งอาหารที่อุดมสมบูรณ์ของจุลินทรีย์ มีความชื้นที่เหมาะสม และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่อนข้างเป็นกลาง (Wiley, 1994) ในช่วงระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา มีรายงานการระบาดของโรคทางเดินอาหารเนื่องจากการบริโภคผักผลไม้จำนวนมาก (Doyle, 1990; Beuchat, 1995; Odumeru et al., 1997) จุลินทรีย์ที่สำคัญและก่อให้เกิดโรค ได้แก่ *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Listeria* spp. และ *Staphylococcus aureus* เป็นต้น

พริกหนุ่มเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญพริกเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากและมีปริมาณการบริโภคที่สูง ไม่ว่าจะเป็นพริกสด พริกแห้ง พริกป่น ซอสพริก พริกแกง น้ำพริก และอื่นๆ อีกมากมาย จากสถิติการปลูกพริกของประเทศไทย ในปี 2547/2548 พื้นที่ปลูกพริกของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 564,523 ไร่ ให้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 659,132 ตัน (มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ม.ป.ป.)

ด้วยเหตุดังที่กล่าวมาแล้วการป้องกันการปนเปื้อน รวมถึงการหาวิธีในการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคทางเดินอาหาร เนื่องจากการบริโภคผักและผลไม้สด จึงเป็นเรื่องสำคัญและไม่ควรละเลย สาเหตุเบื้องต้นของการปนเปื้อน ได้แก่ กรรมวิธีการเพาะปลูก กรรมวิธีการผลิต การขนส่ง การเก็บรักษา และบุคลากรที่ขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับขั้นตอนในการควบคุม ป้องกัน และการกำจัดจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเพาะปลูกที่มีการใช้ปุ๋ยคอก (manure) เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต ซึ่งปุ๋ยคอกจากคนและสัตว์เป็นแหล่งการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์

วิธีการที่นิยมใช้ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ที่เกิดจากการปนเปื้อนดังกล่าว คือ การล้างผลผลิตด้วยน้ำผสมคลอรีนที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพในการฆ่าหรือทำลายจุลินทรีย์ ความปลอดภัยของอาหารภายหลังจากการล้าง และของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นการล้างวัตถุดิบด้วยน้ำที่มีคลอรีนผสมอยู่ จึงเป็นปัจจัยที่จะช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้หนทางหนึ่ง

การเลือกที่สารประกอบคลอรีนได้รับความนิยมน้อยกว่า เพราะเป็นสารฆ่าเชื้อที่มีราคาถูกและมีความปลอดภัยในระดับที่ยอมรับได้ แต่การใช้สารประกอบคลอรีนอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องคำนึงถึง ความเข้มข้น ระยะเวลาที่สัมผัสกับอาหาร อุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายที่มีคลอรีนผสมอยู่

ข้อจำกัดประการหนึ่งของการใช้สารประกอบคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ ได้แก่ ความเข้มข้นของสารที่ใช้ เนื่องจากถ้าใช้ความเข้มข้นน้อยเกินไป จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ แต่ในทางตรงกันข้ามการใช้ความเข้มข้นที่สูงเกินไป แม้จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ในระดับหนึ่ง แต่อาหารอาจมีกลิ่นคลอรีนติดค้างอยู่ และคลอรีนที่เข้มข้นอาจกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดสารก่อมะเร็งได้อีกด้วย (Ames, 1979 cited by Wei et al, 1985)

ในการวิจัยครั้งนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์บนผิวพริกหนุ่มของสารประกอบคลอรีน ศึกษาความเข้มข้นของสารประกอบคลอรีนต่ำที่สุดที่สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้มากที่สุด ร่วมกับปัจจัยเสริมที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของสารประกอบคลอรีนให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยการศึกษาผลของสารประกอบคลอรีน เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา โคลิฟอร์ม และ *E. coli* เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลที่สามารถยืนยันได้แน่นอน สำหรับความเหมาะสมในผักแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะในพริกหนุ่ม จึงศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรด-ด่าง และเวลาที่สัมผัสกับวัตถุดิบ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงกระบวนการผลิตผักและผลไม้สด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขั้นตอนการล้างผักผลไม้สด เพื่อให้ได้อาหารที่มีความปลอดภัยต่อผู้ประกอบการ และผู้บริโภคมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของพริกหนุ่ม
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการใช้คลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของเขียงพลาสติก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนที่ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในพริกหนุ่ม
2. สามารถใช้คลอรีนในปริมาณที่เหมาะสมในการฆ่าเชื้อบนพื้นผิวของเขียงพลาสติก

3. สามารถประยุกต์วิธีการที่ได้ในการลดปริมาณจุลินทรีย์ของผักชนิดอื่น
4. สามารถลดปริมาณการใช้สารคลอรีนลงได้ในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม
5. สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดอันตรายจากไฮคลอรีนแก่ผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน

แปรรูปอาหาร

ขอบเขตของการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพของสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนบนผิวของพริกหนุ่มและเชิงพลาสติก

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพริก

พริกเป็นพืชในวงศ์ *Solanaceae* ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับมะเขือ มะเขือเทศ มันฝรั่ง และยาสูบ พริกจัดอยู่ในจีนัส (genus) *Capsicum* มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาเขตร้อน และหมู่เกาะอินเดียตะวันตก พืชในสกุลนี้มีอยู่หลายสปีชีส์ (species) แต่ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์แล้ว มีอยู่ด้วยกัน 5 ชนิด คือ *Capsicum annum* Linn., *C. baccatum* Linn., *C. baccatum* Linn. var. *pedulum* Willd., *C. chinense* jacq. และ *C. pubescens* Ruiz and Pavon.

Pursegllov et al. (1981) ได้จำแนกพริกพันธุ์ที่ใช้ปลูกออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. annum* Linn., *C. frutescens* และ *C. chinense* โดยพริกที่พบมากในประเทศไทยมี 2 สปีชีส์ คือ *Capsicum annum* Linn. ได้แก่ พริกหวาน พริกหยวก และ พริกชี้ฟ้า และ *Capsicum frutescens* Linn. ได้แก่ พริกขี้หนูสวน พริกขี้หนูใหญ่

พริกจัดได้ว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากและมีปริมาณการบริโภคที่สูง ไม่ว่าจะเป็นพริกสด พริกแห้ง พริกป่น ซอสพริก พริกแกง น้ำพริก และอื่นๆ อีกมากมายจากสถิติการปลูกพริกของประเทศไทย ในปี 2547/2548 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) พื้นที่ปลูกพริกของประเทศไทยมีทั้งสิ้น 564,523 ไร่ ผลผลิต 659,132 ตัน พริกที่มีการปลูกมากที่สุดคือ พริกขี้หนูผลใหญ่ รองลงมาคือ พริกใหญ่ พริกขี้หนูผลเล็กและพริกชนิดอื่นๆ โดยมีพื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิต ดังตาราง 1 สำหรับพริกในแหล่งปลูกต่างๆ สามารถแบ่งออกตามขนาดเป็น 2 ประเภทคือ พริกใหญ่ และพริกเล็กโดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ ดังนี้ คือ พริกใหญ่ มีแหล่งปลูกที่ เชียงใหม่ นครสวรรค์ ลำพูน อุตรดิตถ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา เลย และราชบุรี สำหรับพริกเล็ก แหล่งปลูกที่สำคัญ ได้แก่ เชียงใหม่ นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา มุกดาหาร อุบลราชธานี กาญจนบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี

คุณค่าด้านอาหาร และโภชนาการ

พริกเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่เคียงคู่อยู่กับอาหารไทยหลายชนิด มีรายงานว่า คนไทยเป็นชนชาติที่บริโภคพริกเฉลี่ยต่อคนสูงที่สุดในโลก คือ 5 กรัมต่อคนต่อวัน (วรวิทย์, 2545) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก พริกเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอาหารไทยเกือบทุกรายการ นอกจากพริกจะทำให้อาหารมีรสชาติ กลิ่น และสีแล้ว ยังมีผลถึงคุณค่าทางอาหาร และโภชนาการอย่างมากมาย

โดยเฉพาะเป็นแหล่งวิตามิน และเกลือแร่ที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ วิตามินซี วิตามินเอ (เบต้า-แคโรทีน) แคลเซียม และฟอสฟอรัส โดยเฉพาะพบได้มากในพริกที่มีรสเผ็ด นอกจากนั้นพริกยังให้พลังงานสูง ให้ความร้อน ความอบอุ่นแก่ร่างกาย (สุชีลา, 2548)

ตาราง 1 สถิติการปลูกพริกของประเทศไทย

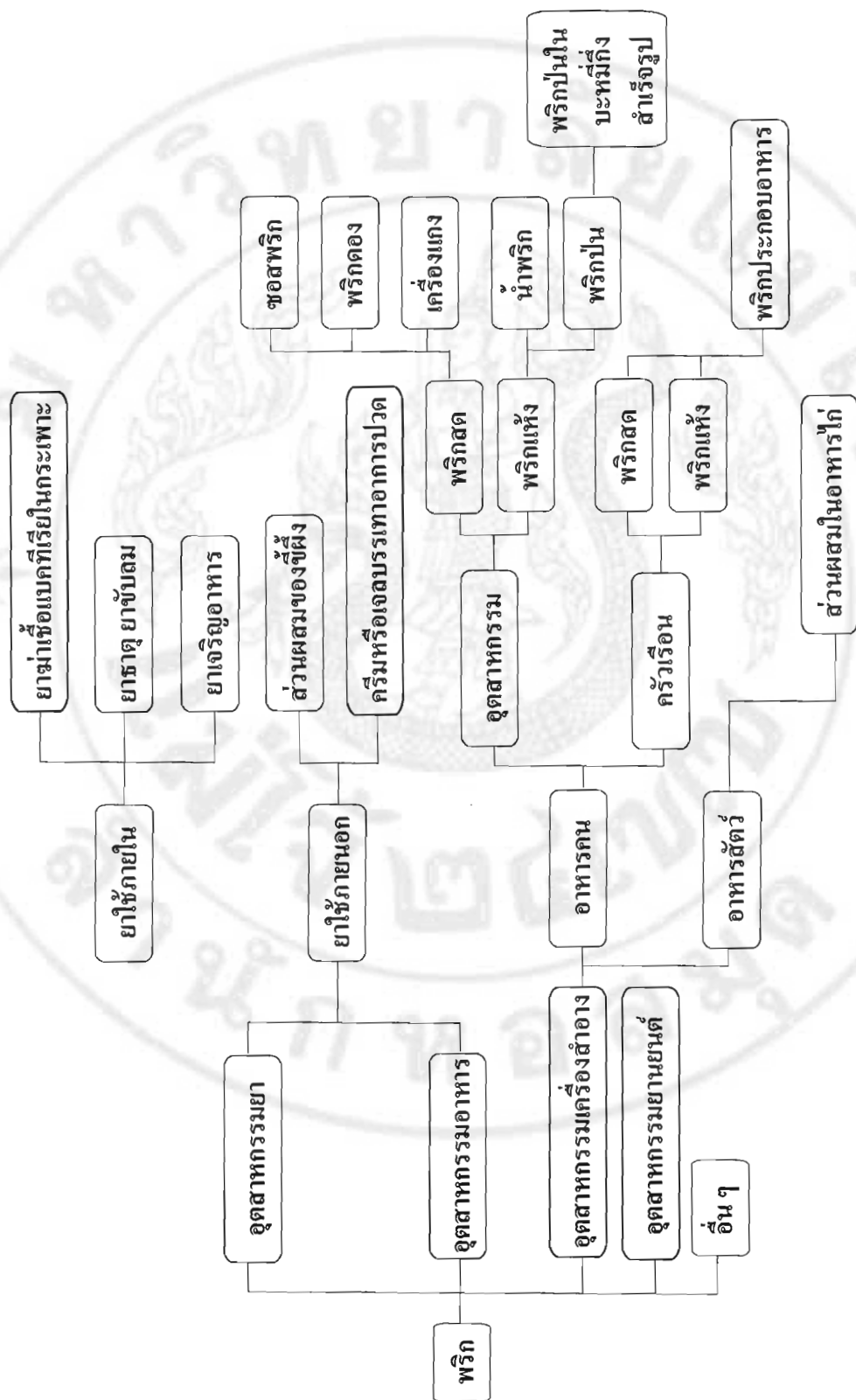
ชนิด	ปี 2546/2547		ปี 2547/2548	
	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)
พริกชี้ฟ้าผลใหญ่	1,338	395,062	380,284	456,966
พริกใหญ่/ชี้ฟ้า	66,071	1,414	80,052	111,916
พริกชี้ฟ้าสวน	1,113	125,972	96,390	80,619
พริกหยวก	7,522	1,521	6,166	8,164
พริกหวาน	3,064	1,420	1,631	1,467
รวม	79,108	525,389	564,523	659,132

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2548)

ความสำคัญของพริกในเชิงอุตสาหกรรม

พริกจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรและประเทศชาติปีละหลายล้านบาท สุชีลา (2548) กล่าวว่าสินค้าที่จำหน่ายจะอยู่ในรูปของพริกสด พริกแห้ง และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการแปรรูปแล้ว เช่น พริกป่น ซอสพริก พริกแกง น้ำพริก ฯลฯ สาเหตุที่พริกและผลิตภัณฑ์เป็นที่ต้องการของตลาด ก็เนื่องมาจากความหลากหลายในรูปแบบของการนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนใหญ่จะนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในเชิงอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหาร และยา (ภาพ 1)

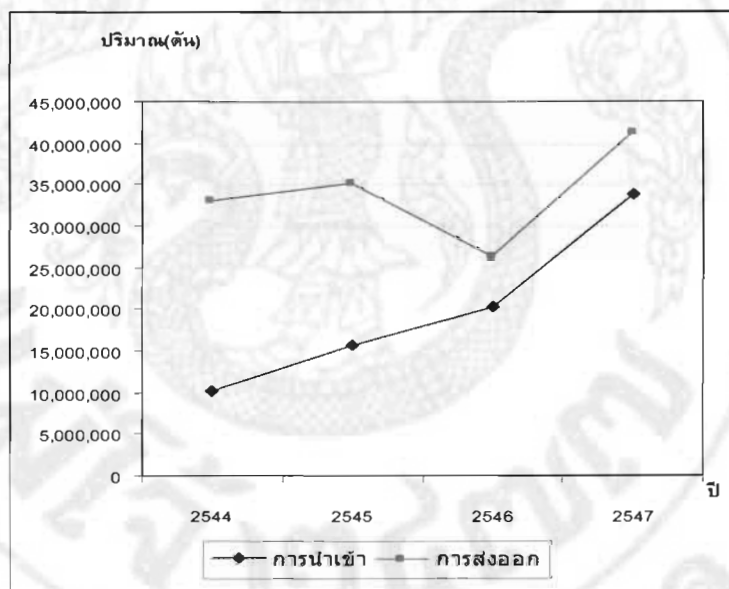
พริกที่ปลูกได้ภายในประเทศส่วนหนึ่งจะใช้เพื่อการบริโภคสดและเพื่อการแปรรูป ส่วนพริกที่เหลือจะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เช่น กัมพูชา ลาว ญี่ปุ่น มาเลเซีย ฮองกง สิงคโปร์ ออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ โปแลนด์ นิวซีแลนด์ สวีเดน เนเธอร์แลนด์ เยอรมนี แคนาดา และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น (สุชีลา, 2548)



ภาพ 1 การใช้ประโยชน์จากพริก

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2548)

พริกและผลิตภัณฑ์จากพริกเป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรชนิดหนึ่ง ที่มีการนำเข้า และ ส่งออกไปขายยังต่างประเทศในปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ดังภาพ 2 ซึ่งจะสังเกตได้ว่าประเทศไทยแม้จะเป็นประเทศเกษตรกรรม และมีการปลูกพริกเป็นจำนวนมากก็ตาม แต่ก็ยังพบว่า มีการนำเข้า ผลิตภัณฑ์พริกจากต่างประเทศ โดยเฉพาะประเทศจีน มาใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ได้แก่พริกแห้ง เนื่องจากพริกแห้งของจีนผลิตมาจาก พริกพันธุ์ ผลใหญ่ ซึ่งมีเนื้อหนา สีสวย และราคาไม่สูงมากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับพริกแห้งของไทย จึงทำให้พริกแห้งจากจีนเป็นวัตถุดิบที่โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ มีความต้องการเป็นอย่างมาก แม้จะมีมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ไม่ดีนักก็ตาม (สิริพร, 2539)



ภาพ 2 ปริมาณการนำเข้าและส่งออกพริกของประเทศไทย
ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2548)

ปัจจุบันกลุ่มจังหวัดภาคเหนือตอนล่างมีการสนับสนุนจากภาครัฐ และเอกชนให้เกษตรกรปลูกพริกมากขึ้น ซึ่งจังหวัดที่มีการปลูกพริกมากที่สุด คือ จังหวัดตาก รองลงมาคือจังหวัดเพชรบูรณ์ พันธุ์พริกที่นิยมปลูกในพื้นที่ ได้แก่ พริกจินดา พริกเม็ดใหญ่ พริกย่า พริกพิชัย พริกชี้หนู พริกหยวก พริกแดงสด เป็นต้น โดยปริมาณผลผลิตส่วนใหญ่จะส่งโรงงานเพื่อแปรรูปเป็นซอสพริก เกษตรกรบางรายได้รับการส่งเสริมจากโรงงาน โดยมีเจ้าหน้าที่ของโรงงานมาแนะนำ หรือนำพันธุ์พริกมาให้ปลูกเพื่อส่งโรงงาน

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในพริกสดและผลิตภัณฑ์พริกแปรรูป

พริกที่นำมาประกอบอาหาร เช่น น้ำพริกหนุ่ม และพริกคอง รวมถึงการส่งออกในรูปแบบพริกสด และใช้เพื่อเป็นส่วนประกอบในระดับอุตสาหกรรม พบว่า นิยมใช้พริกหลากหลายพันธุ์ ผลพริกที่ดีจะถูกส่งขายตลาดสด ส่วนผลผลิตที่ไม่สามารถขายในตลาดสดได้จะถูกแปรรูปเป็นพริกแห้ง สำหรับพริกสดที่ใช้ทำน้ำพริกหนุ่มเป็นสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้น้ำพริกหนุ่มมีคุณภาพที่แตกต่างกันไปด้วย (อรุณี, 2550)

ศิริพร (2539) ได้ทำการศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำพริกสำเร็จรูป ได้แก่ หัวหอม กระเทียม กุ้งแห้ง พริกแห้ง และกะปิ พบว่าวัตถุดิบเหล่านี้มีปริมาณจุลินทรีย์ค่อนข้างสูง จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดมีค่าอยู่ระหว่าง 4.279-7.778 log CFU/g โดยพริกแห้งจะมีปริมาณจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากที่สุดโดยจะพบ *E. coli* มีค่าระหว่าง 3-4.6 MPN/g แต่ไม่พบ *Salmonella* spp. ในวัตถุดิบทุกตัวอย่างที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบ *Staphylococcus aureus* และ *Bacillus cereus* มีค่าอยู่ระหว่าง 0-3.301 และ 0-2.000 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับ *Clostridium perfringens* พบในวัตถุดิบทุกชนิดมีค่าอยู่ระหว่าง 1.000-4.623 log CFU/g และพริกแห้ง พบว่ามีปริมาณ *C. perfringens* ปนเปื้อนจำนวนสูงที่สุด

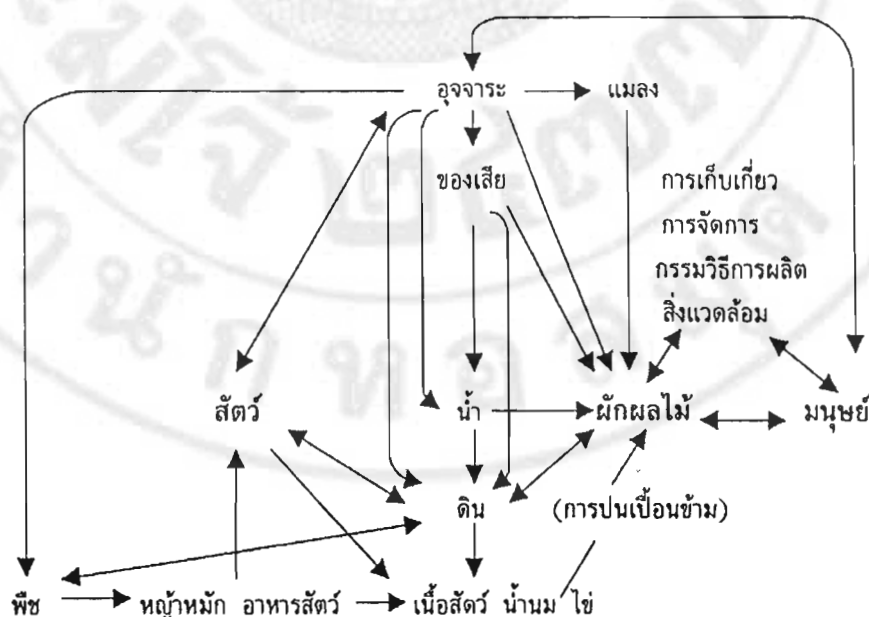
จากการศึกษาตัวอย่างพริกแห้งที่ใส่ในถ้วยเดียว จำนวน 4 ตัวอย่าง พบว่าไม่มีการปนเปื้อนของ aflatoxin แต่ตรวจพบเชื้อรา คิดเป็นร้อยละ 11.76 (สุมาลี และพิภพ, 2546)

สัมดำปรุงสำเร็จ ได้แก่ สัมด้าลาว สัมด้าไทย และสัมด้าปูปลาร้า พบการปนเปื้อนของ เชื้อจำนวน 20 ตัวอย่าง จากจำนวนทั้งหมด 292 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 6.85 โดยส่วนใหญ่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีชี้วัดถึงสุขลักษณะในการปรุงสัมด้า ที่ยังไม่สะอาดเพียงพอ เช่น เชื้อยีสต์ เชื้อรา และเชื้อ *E. coli* และพบการปนเปื้อนของเชื้อโรคอาหารเป็นพิษ 1 ตัวอย่าง คือ เชื้อ *S. aureus* คิดเป็นร้อยละ 0.34 ส่วนใหญ่จะเกิดจากสุขลักษณะส่วนบุคคล และการล้างผักก่อนนำไปปรุง ซึ่งต้องระวังเรื่องความสะอาดเป็นพิเศษ และผลจากการตรวจวิเคราะห์หากปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในเครื่องปรุง อุปกรณ์การปรุง น้ำล้างผักและน้ำแข็ง พบว่ามีการปนเปื้อน ร้อยละ 0 68 29 และ 85.71 ตามลำดับ สาเหตุของการปนเปื้อนส่วนใหญ่ มาจากส่วนประกอบของพืชผักที่นำมาใช้ในการปรุงสัมด้า หากผู้ขายเน้นการปรุงสัมด้าที่ถูกสุขอนามัย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของส่วนประกอบพืชผักที่นำมาปรุงสัมด้า (อรุณี, 2549)

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักและผลไม้

ผักสดที่ยังไม่ผ่านการแปรรูป มีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติมากกว่า 10^6 CFU/g จากรายงานในช่วงปี ค.ศ. 1976-1997 พบว่าผักที่ผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต่ำ พบจุลินทรีย์สูงถึง 10^9 CFU/g และพบเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ก่อให้เกิดโรครวมอยู่ด้วยซึ่งได้แก่ *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *S. aureus*, *E. coli* และ *Salmonella* spp. (Hurst and Schuler, 1992; Odumeru et al., 1997; Hagenmaier and Baker, 1998)

แบคทีเรียอีส์ต์และรา โคลิฟอร์ม และ *E. coli* มักพบว่าการปนเปื้อนอยู่ทั่วไปในผลผลิตทางการเกษตรและในสภาพแวดล้อมของกระบวนการแปรรูป รวมถึงในระบบการขนส่ง หากพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับผลิตผลที่จะนำไปประกอบอาหารจะพบว่าเชื้อที่กล่าวมาข้างต้นสามารถก่อให้เกิดโรคแก่ผู้บริโภคอาหาร สำหรับการบูดเน่าหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพของอาหารนั้น มักจะเกิดจากการปนเปื้อนในขั้นตอนปฐมภูมิ (primary contamination) เช่น การปนเปื้อนในวัตถุดิบ และการปนเปื้อนในขั้นตอนการผลิต การแปรรูป การจัดเก็บ การขนส่ง และการจัดจำหน่าย จุลินทรีย์เหล่านี้หากได้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมก็จะเจริญอย่างรวดเร็ว และทำให้อาหารบูดเน่าหรือเสียสภาพไปไม่สามารถบริโภคได้



ภาพ 3 โอกาสที่จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคจากแหล่งต่างๆ ปนเปื้อนสู่ผักและผลไม้

ที่มา: ดัดแปลงจาก Beuchat (1995)

จุลินทรีย์สามารถปนเปื้อนสู่ผักและผลไม้ได้ ในขณะที่กำลังเจริญอยู่ในบริเวณที่เพาะปลูก ตลอดจนถึงในระหว่างการเก็บเกี่ยว การจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ระหว่างกระบวนการแปรรูป และในขั้นตอนอื่นๆ ดังภาพ 3 พบว่าแหล่งน้ำ สัตว์ มนุษย์ ตลอดจนแมลงมักเป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และจะปนเปื้อนสู่ผัก และผลไม้ได้เมื่อโอกาสอำนวย

การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักและผลไม้ จะปนเปื้อนมาจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่อยู่ในแปลงหรือสวน การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การเก็บรักษา และขั้นตอนการแปรรูป โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะเจริญเติบโตที่ผิวของผักและผลไม้แล้วจึงกระจายไปยังส่วนอื่นๆ จุลินทรีย์ที่พบโดยทั่วไปจะเป็นแบคทีเรียในสกุล *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Micrococcus*, *Sarcina*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* และพวกที่เป็นสาเหตุของโรคพืช เช่น *Erwinia* และ *Xanthomonas* นอกจากนี้ยังพบราและยีสต์บางชนิดรวมอยู่ด้วย แต่จุลินทรีย์ที่พบและอาจเป็นสาเหตุก่อให้เกิดโรค จะมีทั้งแบคทีเรีย ได้แก่ *Clostridium botulinum*, *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Listeria monocytogenes* หรือที่เป็นพาราไซต์ ได้แก่ *Cryptosporidium* spp., *Cyclospora* spp. และไวรัส ได้แก่ ไวรัสตับอักเสบ เอ และ Norwalk ความรุนแรงของอาการที่เกิด ส่วนใหญ่จะเกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย เป็นตะคริว และอาจร้ายแรงถึงชีวิตได้ รายละเอียดของจุลินทรีย์ พร้อมอาการที่เกิดขึ้นสรุปไว้ดังตาราง 2

ตาราง 2 ชนิดของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค และอาการของโรค

จุลินทรีย์	ระยะฟักตัว	อาการของโรค	จำนวนที่ทำให้เกิดโรค (เซลล์)	แหล่งของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย				
<i>Clostridium botulinum</i>	12-36 ชั่วโมง	คลื่นเหียน อาเจียน เหนื่อยล้า เวียนศีรษะ ปากและคอแห้ง กล้ามเนื้อเป็นอัมพาต มองเห็นภาพซ้อน กลืนลำบาก หรือมองเห็นไม่ชัดหนังตาปิด และหายใจลำบาก	ไม่สามารถระบุจำนวนเซลล์ได้ เพราะอาการเกิดจากสารพิษที่ จุลินทรีย์สร้างขึ้น	ดิน น้ำ การเน่าเสียของพืชผัก
<i>E. coli</i> O157:H7	2-5 วัน	ปวดท้อง ท้องเสีย สูญเสีย น้ำ ตกลึก อาจ เกิดอาการเลือดออกในไตทำให้ไตวาย โดยเฉพาะในเด็ก และคนชรา	10-1,000	มูลสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง กวาง และคน ปนเปื้อน ช้ำมจากเนื้อสัตว์ดิบ
<i>Salmonella</i> spp.	18-72 ชั่วโมง	ปวดท้อง ท้องเสีย เป็นไข้ อาเจียน	10-100,000	มูลคนและสัตว์ ปนเปื้อนช้ำมจากเนื้อสัตว์ สัตว์ปีกและไข่ดิบ
<i>Shigella</i>	1-3 วัน	ปวดท้อง ท้องเสีย เป็นไข้ อาเจียน	ประมาณ 10	มูลสัตว์

ตาราง 2 (ต่อ)

จุลินทรีย์	ระยะฟักตัว	อาการของโรค	จำนวนที่ทำให้เกิดโรค (เซลล์)	แหล่งของการปนเปื้อน
<i>Listeria monocytogenes</i>	1 วัน-5 สัปดาห์ หรือ มากกว่า	กระเพาะและลำไส้อักเสบในคนปกติ ในหญิง ตั้งครรภ์อาจเกิดโลหิตเป็นพิษ การแท้ง หรือ ทารกตายในครรภ์ ในทารกแรกเกิด อาจเกิด เนื้อเยื่อเยื่อหุ้มสมอง และไขสันหลังอักเสบ อัตราการเกิดประมาณร้อยละ 20-40	ไม่ทราบขึ้นกับสุขภาพของแต่ละคน	ดิน อาหาร สิ่งแวดล้อมใน การผลิต
พาราไซต์				
<i>Cryptosporidium</i> spp.	1-12 วัน	ปวดท้อง ท้องเสีย ไม่อยากอาหาร และอาเจียน	ประมาณ 30	มูลคน และสัตว์
<i>Cyclospora</i> spp.	1-11 วัน	ท้องเสีย คลื่นเหียน ไม่อยากอาหาร ตะคริว ช่อง ท้อง (7-40 วัน)	ค่อนข้างต่ำแต่ไม่ทราบจำนวน แน่นอน	จากสิ่งแวดล้อม แต่ไม่ ทราบแหล่งที่แน่นอน
ไวรัส				
ตับอักเสบ เอ	25-30 วัน	เป็นไข้ ไม่สบายตัว ไม่อยากอาหาร ปวดท้อง คลื่นเหียน ตัวเหลือง ปัสสาวะสีคล้ำ	10-50	มูล และปัสสาวะคน
Norwalk/Norwalk like virus	12-48 ชั่วโมง	ท้องเสีย อาเจียน ไม่สบายตัว เป็นไข้ คลื่นเหียน ตะคริวที่ช่องท้อง	ค่อนข้างต่ำแต่ไม่ทราบจำนวน แน่นอน	มูล และอาเจียนของคน

ที่มา: คัดแปลงจาก จูติมา (2545)

จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคที่พบในพืชตระกูลพริก

จากรายงานของ Sengun and Karapinar (2005) ระบุว่า ผักและผลไม้สดหรือผักผลไม้พร้อมบริโภคมีจุลินทรีย์ก่อโรคปนเปื้อนอยู่หลายชนิด เช่น *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Shigella sonnei*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus* และ *Aeromonas* ทำให้การบริโภคผักสดมีความเสี่ยงสูง พริกก็จัดเป็นผักชนิดหนึ่งที่มีรายงานพบการปนเปื้อน

Bolliger and Slavik (1994) พบว่า พริกหวาน (sweet pepper) มีเชื้อจุลินทรีย์ปนเปื้อนสูงถึง 10^6 CFU/g และการปนเปื้อนดังกล่าว หากมีสาเหตุเนื่องมาจากเชื้อราจำพวก *Aspergillus Penicillium* และ *Fusarium* และผลิตผลถูกเก็บไว้ในที่อุณหภูมิและความชื้นสูง เชื้อราเหล่านี้จะสร้างสารพิษซึ่งเป็นอันตรายต่อการนำไปบริโภค สารพิษที่พบมักได้แก่ aflatoxin ซึ่งเกิดจากเชื้อ *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* และ *Aspergillus nomius* (Zinedine et al., 2005)

การลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในวัตถุดิบของพริก

วรวิฐิ (2545) กล่าวว่าผักและผลไม้จะมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ตั้งแต่อยู่ในแปลงสวน โดยจุลินทรีย์ปฐมภูมิเหล่านี้ได้แก่ ยีสต์ รา และแบคทีเรียจะเกาะอยู่บริเวณผิวของผัก ผลไม้ซึ่งมาจากดิน น้ำ อากาศ ปุ๋ย และสภาพแวดล้อม เมื่อผักและผลไม้ถูกเก็บเกี่ยวเพื่อนำไปจำหน่ายจะมีการปนเปื้อนจากคนงาน ภาชนะที่ใส่บรรจุ เช่น ถัง ตะกร้า กล่อง ขั้นตอนการขนส่ง การแปรรูป และขั้นตอนการเก็บรักษาก่อนการจำหน่าย ขณะที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ก่อนถึงมือผู้บริโภค ถ้าผักผลไม้มีการฉีกขาด ปริแตก หรือสุก การเน่าเสียจะเกิดขึ้นได้เร็ว และถ้าไม่คัดแยกผลไม้ที่เน่าเสียเหล่านี้ออกไป จะทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังผักและผลไม้อื่นๆ ที่มีสภาพดีและถูกเก็บไว้รวมกัน

การเน่าเสียของผลไม้อาจมีสาเหตุมาจากเอนไซม์ของผักและผลไม้เอง หรือจากจุลินทรีย์ที่เข้าสู่บาดแผล รอยขีด รอยตัด หรือรอยเปิดที่เกิดจากการกัดแทะของสัตว์ เช่น นก และแมลง จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เป็นสาเหตุของการเน่าเสียได้แก่ แบคทีเรียและรา

จุติมา (2545) ได้แบ่งลักษณะการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผักผลไม้ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ก่อนการเก็บเกี่ยว

จุลินทรีย์จากมูลของคนและสัตว์ ดิน น้ำ และอากาศ จะปนเปื้อนอยู่ที่ผิวของผัก และผลไม้

2. หลังการเก็บเกี่ยว

แหล่งของจุลินทรีย์ที่สามารถปนเปื้อนเข้าสู่ผัก และผลไม้ได้มีอยู่มากมาย ซึ่งอาจปนเปื้อนมาจาก คนงาน ภาชนะที่ใช้เก็บรักษา การขนส่ง น้ำที่ใช้ล้างหรือทำความสะอาด สภาพะของการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม รวมไปถึงการปนเปื้อนระหว่างกระบวนการผลิต

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจะเจริญเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วจนอาจทำให้ผักและผลไม้เกิด การเน่าเสียก่อนที่จะนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นๆ ต่อไป ในประเทศไทยยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับสภาวะโรคหรืออุบัติการณ์อาหารเป็นพิษที่เกิดจากการบริโภคผักและผลไม้ที่ถูกปนเปื้อนดังกล่าวมานี้ ในประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการสรุปรายงานการเกิดอาหารเป็นพิษจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำ (minimally processing) ในหลายพื้นที่ ดังสรุปไว้ในตาราง 3

นอกจากนี้มียารายงานการเกิดโรคระบาดในสหรัฐอเมริกา 7,418 ครั้ง สาเหตุเนื่องจากอาหารเป็นพาหะจำนวน 237,545 ราย และในการเกิดโรคระบาด 7,219 ครั้ง พบว่ามีสาเหตุจากงานบริการอาหารร้อยละ 79 ที่เหลือ เนื่องมาจากการเตรียมอาหารภายในบ้านร้อยละ 21 (Institute of Food Technology, 1995)

การลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผักและผลไม้

จุลินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในผักและผลไม้ ย่อมส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะเมื่อนำไปบริโภคสด และยังส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์สุดท้าย เนื่องจากการนำวัตถุดิบที่มีคุณภาพด้านจุลชีววิทยาดำเนินไปทำการแปรรูป

การลดปริมาณจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

1. การล้าง

การล้างน้ำมีวัตถุประสงค์เพื่อการกำจัดสิ่งสกปรกด้วยน้ำ ได้แก่ สิ่งสกปรกทั่วไปเช่น เศษดิน ทราย ผุ่นผง และสิ่งสกปรกทางกายภาพที่ติดมารวมทั้งเอาจุลินทรีย์กับสารเคมีที่ตกค้างอยู่ในผลิตภัณฑ์ออก นอกจากนี้การล้างยังเป็นขั้นตอนที่ทำให้ประสิทธิภาพของการฆ่าเชื้อที่เป็นขั้นตอนที่ตามมาดีขึ้นด้วย (สุวิมล, 2545)

จากการวิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของการล้างด้วยน้ำ ในการลดเชื้อจุลินทรีย์ในใบผักกาดขาว พบว่าสามารถลดจำนวนเชื้อ *E. coli* O157:H7 ลงได้ประมาณ 1.0 log CFU/g (Inatsu et al., 2005) และการล้างผักกาดหอมพันธุ์ Iceberg ซึ่งหั่นเป็นชิ้นขนาด 3.8×3.8 cm ด้วยน้ำพบว่า สามารถลด *Listeria monocytogenes* ลงได้ 0.60 logCFU/ชิ้น (Burnett and Guzman, 2004) และสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacteria) ในผักกาดหอมได้ 0.8 log CFU/g จากจำนวนเชื้อตั้งต้นมากกว่า 100 CFU/g (Smith et al., 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าการล้างผักกาดหอมพันธุ์ Iceberg ด้วยน้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิ

ตาราง 3 สรุปการเกิดอุบัติเหตุอาหารเป็นพิษจากการบริโภคผักและผลไม้ผ่านการแปรรูป

ชนิดเชื้อ	ปี ค.ศ.	สถานที่	ชนิดพืช	จำนวนผู้ป่วย (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)
<i>Vibrio cholerae</i>	1970	อิสราเอล	ผักรวม	176	0
<i>Oranienburg</i>	1979	มลรัฐอินิออนยร์ สหรัฐอเมริกา	แตงโม	18	0
<i>Campylobacter</i>	1984	มลรัฐบริติชโคลัมเบีย แคนาดา	ผักสลัด	330	0
<i>Hepatitis A</i>	1986	มลรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา	ผักกาดหอมสลัด	103	0
<i>Clostridium botulinum</i>	1987	มลรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา	ผักกระหล่ำสลัด	4	0
<i>Salmonella chester</i>	1989-1990	หลายมลรัฐในประเทศ สหรัฐอเมริกา	ชิ้นแดงแคนาดาอุปใน สลัดบาร์	25,000	2
Norwalk virus	1990	มลรัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกา	ผลไม้ตัดชิ้น	>217	0
<i>S. poona</i>	1991	หลายมลรัฐในประเทศ สหรัฐอเมริกาและแคนาดา	สลัดผลไม้ที่มีชิ้น แคนาดาอุป	มากกว่า 400 ใน สหรัฐอเมริกา และ 72 ในแคนาดา	0

ตาราง 3 (ต่อ)

ชนิดเชื้อ	ปี ค.ศ.	สถานที่	ชนิดพิษ	จำนวนผู้ป่วย (คน)	จำนวนผู้เสียชีวิต (คน)
Calicivirus	1992	มลรัฐออทาร์โอ แคนาดา	ผักสลัด	27	0
<i>Clostridium perfringens</i>	1993	มลรัฐออทาร์โอ แคนาดา	ผักสลัด	48	0
Hepatitis A	1994	มลรัฐอาร์คันซอร์ สหรัฐอเมริกา	มะเขือเทศหั่นเป็นรูป ลูกเต๋า	92	0
<i>E. coli</i> O157:H7	1995	มลรัฐอัลเบอร์ต้า แคนาดา	ผักสลัด	37	0
<i>E. coli</i> O157:H7	1998	มลรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา	ผักสลัด	2	0
<i>E. coli</i> O157:H7	1998	มลรัฐอินเดียนา โพลิส สหรัฐอเมริกา	สลัดผักตับ	33	0

ที่มา: ดัดแปลงจาก US Food and Drug Administration (2001)

50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.93 เป็นเวลา 5 นาที จะสามารถลดเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และ Enterobacteriaceae ลงได้ 2.9 และ 3.7 log CFU/g ตามลำดับ (Wei et al., 2005)

2. การใช้อุณหภูมิ

การใช้อุณหภูมิดำหรือการแช่เย็นผักและผลไม้ ไม่ใช่วิธีการลดปริมาณจุลินทรีย์ แต่เป็นวิธีที่ช่วยชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เท่านั้น แต่การใช้น้ำร้อนสำหรับผักและผลไม้บางชนิดจะช่วยลดแมลง และจุลินทรีย์ที่ติดมาได้ มีการทดลองกับผลไม้โดยใช้น้ำร้อนเพื่อลดจุลินทรีย์ พบว่า จุลินทรีย์บนผิว แอปเปิ้ล เชอร์รี่ เกรฟฟรุต เลมอน มะม่วง แตง มะละกอ แพร์ และมะเขือเทศ จะลดลงเมื่อผลไม้ถูกลวกด้วยน้ำร้อน มีการทดลองลวกส้มในน้ำร้อนอุณหภูมิ 70 °C นาน 2 นาที และที่ 80 °C นาน 1 นาที ส่งผลให้สามารถลด *E. coli* บริเวณผิวของผลไม้ลงได้ถึง 5 log CFU/cm² แต่ผลข้างเคียงที่ต้องระวัง คือ การเปลี่ยนแปลงของสี เนื้อสัมผัส และรสชาติ (Pao et al., 1999)

3. การใช้วิธีทางกายภาพ

วิธีทางกายภาพที่ใช้ส่วนใหญ่คือ การปิด และการขัดผิวแล้วล้างด้วยน้ำสะอาด บางครั้งอาจมีการเคลือบด้วยไข (wax) เพื่อทดแทนไขมันธรรมชาติที่สูญเสียไป ประสิทธิภาพของ การใช้วิธีทางกายภาพจะขึ้นอยู่กับระบบการล้าง ชนิดดินหรือสิ่งสกปรกที่ติดมา สารทำความสะอาดที่ใช้และอุณหภูมิของน้ำ มีการทดลองพบว่าการใช้แปรงขัดและล้างด้วยน้ำเปล่าสามารถลดจุลินทรีย์บริเวณผิวของส้มได้ถึงร้อยละ 60-70 (Pao et al., 1999)

4. การใช้โอโซน

โอโซนเป็นโมเลกุลของออกซิเจน 3 อะตอม ที่มีความเสถียรต่ำ แตกตัวง่าย ให้ออกซิเจน (O₂) กับอะตอมออกซิเจนอิสระ และเป็นสารออกซิไดส์ที่รุนแรง (Guzel-Seydim et al., 2004) มีค่าครึ่งชีวิต (half-life) เพียง 20 นาที ในน้ำที่มีอุณหภูมิห้อง (Hegenbart, 2002) โอโซนเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ ค่ามาตรฐานสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานของแรงงานกำหนดปริมาณโอโซนที่ 0.1 ppm และในกรณีที่ใช้ในการฆ่าเชื้อในอาหารอาจทำให้อาหารเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชันได้ง่าย เช่น อาหารที่มีน้ำมันมาก ต้องระวังการเกิดสารเปอร์ออกไซด์ จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันในอาหาร ทำให้มีกลิ่นเหม็นหืน (สุวิมล, 2545) โอโซนได้ถูกประกาศให้เป็นสารที่มีความปลอดภัยต่อการนำมาใช้ ประโยชน์ Generally Recognized As Safe (GRAS) ในปี ค.ศ. 1997 โดยสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อมันฝรั่ง บรอกโคลี และ Electric Power Reserch Institute (EPRI) ได้รับรองให้โอโซนเป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่ง (food additive) (Hegenbart, 2002)

ผลในการฆ่าเชื้อของโอโซน มีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สูง โอโซนทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ได้เร็วกว่าคลอรีน 3,000 เท่า และสามารถแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์

ได้ พบว่ามีการใช้โอโซนกันอย่างกว้างขวางในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำดื่ม เนื่องจากโอโซนมีประสิทธิภาพในการต่อต้านแบคทีเรีย รา ไวรัส และ โปรโตซัว (Restoino et al., 1995)

นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้โอโซนเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์และยืดอายุการเก็บรักษาผักและผลไม้ที่ตัดแต่งบางชนิด โอโซนสามารถทำลายเชื้อก่อโรคได้หลายชนิด เช่น *Salmonella typhimurium*, *Yersinia enterocolitica*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* และ *E. coli* O157:H7 มีการทดลองนำไปผักกาดหอม และเบบี๋แครอทที่หั่นเป็นชิ้นขนาด 3×3 cm ล้างด้วยน้ำประมาณ 1 นาที จากนั้นแช่ในน้ำโอโซนเข้มข้น 9.7 mg/l นาน 1 นาที พบว่าสามารถลดปริมาณ *E. coli* O157:H7 ได้ 1.8-1.97 log CFU/g จากจำนวนเชื้อเริ่มต้นประมาณ 8.10 และ 7.82 log CFU/g ในผักกาดหอม และเบบี๋แครอท ตามลำดับ (Singh et al., 2002) ดังนั้นการใช้น้ำผสมโอโซนจึงได้รับการแนะนำให้ใช้เป็นสารฆ่าเชื้ออีกทางเลือกหนึ่ง เนื่องจากโอโซนมีประสิทธิภาพแม้ที่ความเข้มข้นต่ำ และใช้ระยะเวลาสัมผัส (contact time) สั้น อีกทั้งยังแตกตัวเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ (Rice, 1999)

แม้สารที่แตกตัวออกมาจากโอโซนจะไม่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่ก๊าซโอโซนเองอาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตได้ ถ้าได้รับการสัมผัสโดยตรงและในปริมาณมาก โอโซนมีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ไอ ปวดศีรษะ ทำลายประสาทสัมผัสทางตาและลำคอ ผู้ที่ได้รับพิษอาจมีอาการเรื้อรังคือ ปวดศีรษะ อ่อนแอ ความจำเสื่อม หลอกล้มอักเสบมากขึ้น และกล้ามเนื้อกระดูกมากขึ้น ถ้าได้สัมผัสกับโอโซนที่เข้มข้นมากอาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ (Guzel-Seydim et al., 2004)

5. การใช้สารฆ่าเชื้อ

สารฆ่าเชื้อที่ใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหาร มีอยู่มากมายหลายชนิด (ตาราง 4) และมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อม หลายประการ จูติมา (2545) กล่าวว่าสารฆ่าเชื้อที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ กรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ (กรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้ม กรดมะนาว และกรดอโทฟอสฟอริก) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide) กรดเปอร์ออกซีอะซิติก (peroxyacetic acid: POAA) ไตรโซเดียมฟอสเฟต (trisodium phosphates: TSP) คลอรีนและสารประกอบคลอรีน (chlorine and chlorine compound) เป็นต้น

ตาราง 4 เปรียบเทียบการใช้สารฆ่าเชื้อชนิดต่างๆ

ชนิดของสารเคมี	การใช้	ข้อจำกัดการใช้	ข้อแนะนำในการใช้	ข้อแนะนำจากการศึกษาวิจัย
ไฮโปคลอไรท์	มีการใช้มาเป็นระยะเวลานาน	- อาจเกิดอันตรายต่อสุขภาพจากการเกิดสาร chlorinated - กัดกร่อนต่อพื้นผิวสัมผัส - มีความไวต่ออนุมูลอิสระ แสง อากาศ โลหะ และสารประกอบอินทรีย์ - ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง - ไม่มีผลต่อสปอร์ของแบคทีเรียและโปรโตซัวบางชนิด	- แนะนำให้ใช้ 50-200 ppm นาน 1-2 นาที - ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด	- ระยะเวลาแช่สูงมาก ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคบนผลิตภัณฑ์ได้ - โดยทั่วไปจะใช้ที่ความเข้มข้นที่สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ประมาณ 1-2 log cycle ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ
โซเดียมคลอไรท์	มีประสิทธิภาพดี	มีข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดสารประกอบ	มีการศึกษาการใช้ใน	ยังต้องมีการศึกษาวิจัยเรื่อง
มีสภาพเป็นกรด (acidified sodium chlorite)	- กว่าสารไฮโปคลอไรท์ - ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ	chlorinated น้อย	ผลิตภัณฑ์เนื้อ อาหารทะเล และสัตว์ปีกในปริมาณ 500-1,200 ppm	การใช้เพิ่มเติม

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดของสารเคมี	การใช้	ข้อจำกัดการใช้	ข้อเสนอแนะในการใช้	ข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย
คลอรีนไดออกไซด์	-ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์น้อยกว่าไฮโปคลอไรท์ -เกิดสารประกอบ chlorinated ใช้น้อย -ความสามารถดีกว่าสารไฮโปคลอไรท์ในการกำจัดจุลินทรีย์ที่ต่ำเป็นกรด-ด่างเป็นกลาง	-มีความคงตัวดี -ไม่อนุญาตให้ใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ตัดแต่งแล้ว	-อนุญาตให้ใช้สูงถึง 5 ppm ในผักและผลไม้ -อนุญาตให้ตกค้างบนผิวมันฝรั่งได้ 1 ppm	-ควรรักษาที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 1-500 ppm ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่นเมล็ดอัลฟา เมล็ดอัลฟา ฟาทั้งอก แดงกวา ผักกาด ผักกาดกระหล่ำปลี และส้ม -ควรรักษาผลต่อสปอร์ของรา เพื่อไม่โครฟลอรา <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> O157:H7, <i>Salmonella</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> oocysts
ไตรโซเดียมฟอสเฟต	-มีความกัดกร่อนต่ำกว่าสารอื่น	-ไม่ทำลาย <i>Listeria</i> -ต้องใช้ที่ค่าความเป็นกรดต่างสูง (11-12)	-โดยทั่วไปใช้ในผลิตภัณฑ์ในสภาพสด -ตระกั่วสัมในสภาพสด -อนุญาตให้ใช้ในสัตว์ปีกที่สด	-ที่ความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 1-15 สามารถลดการเจริญของ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจาก 0 ถึง 6 log cycle

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดของสารเคมี	การใช้	ข้อจำกัดการใช้	ข้อแนะนำในการใช้	ข้อแนะนำจากการศึกษาวิจัย
กรด	-ราคาของกรดบางชนิดต่ำ -ขึ้นกับชนิดของกรด และลักษณะการใช้งาน	-ใช้ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ เท่านั้นเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ ขึ้นกับชนิดของกรดและชนิด ของเชื้อจุลินทรีย์	-โดยทั่วไปใช้ถนอมอาหารที่เป็น กรด -ทางการค้าใช้ผลิตภัณฑ์ซากสัตว์ -กรดฟอสฟอริกและสารประกอบ แอมโมเนียม โดยทั่วไปใช้ในผลไม้ ตระกูลส้ม ประมาณ 200 ppm	-น้ำมันและน้ำส้มสายชูได้ถูกใช้เพื่อ เป็นสารฆ่าเชื้อในบ้านเรือน -กรดอินทรีย์ มีการศึกษาการใช้ใน ผลิตภัณฑ์ต่างๆ สำหรับควบคุมจุลินทรีย์ ที่มีอยู่เช่นเดียวกันกับจุลินทรีย์ที่ทำให้ เกิดโรคอื่นๆ เช่น <i>Salmonella</i> spp. <i>Campylobacter</i> spp. <i>Yersinia</i> spp. <i>Shigella</i> spp. <i>Listeria</i> spp. -มีการใช้กรดเปอร์อะซิติคสูงถึง 200 ppm จะมีผลทำลายเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ ที่ตัดแต่งแล้วและไม่ตัดแต่ง
ไฮโดรเจนเปอร์ ออกไซด์	-เมื่อสลายตัวให้เป็น ผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีพิษ	-อาจมีผลต่อสีของผลิตภัณฑ์ (การเกิดสีน้ำตาล หรือการ ฟอกสี)	-ในอุตสาหกรรมที่ผิวของอุปกรณ์ ที่สัมผัสกับอาหารและภาชนะ บรรจุ	-มีการศึกษาพบว่าหรืออุณหภูมิที่ความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ

ที่มา: ดัดแปลงจาก US. Food and Drug Administration (2001)

คลอรีนในอุตสาหกรรมอาหาร

คลอรีน คือ สารฆ่าเชื้อประเภท germicide ชนิด bacteriocide สามารถทำลายเซลล์ปกติของจุลินทรีย์ โดยสามารถลดจำนวนของจุลินทรีย์ให้เหลืออยู่ในระดับที่ปลอดภัย คลอรีนเป็นธาตุตัวหนึ่งในกลุ่มฮาโลเจน (Halogen) และอยู่ในรูปของก๊าซคลอรีนที่มีสีเหลืองแกมเขียว (greenish yellow) ถูกค้นพบครั้งแรกโดยนักเคมีชาวสวีเดนชื่อ Kar Wilhelm Scheele เมื่อปี ค.ศ. 1774 ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริก (HCl) กับแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) ต่อมาในช่วง ค.ศ. 1805-1806 Thomas Norththorne ก็สามารถทำให้ก๊าซคลอรีนอยู่ในสภาพของเหลว หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1810 Humphrey Dary ก็พบว่าคลอรีนเป็นธาตุชนิดหนึ่ง ซึ่งคำว่า Chlorine นั้นมาจากภาษากรีกว่า chloras หมายถึงสีเขียวที่เป็นสีของก๊าซนี้ ซึ่งมีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.48 เมื่อเปรียบเทียบกับอากาศ (บุญกร, 2536)

สุมนทนา (2545) กล่าวว่า คลอรีนสามารถใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ เนื่องจากจัดเป็นสารประเภทที่เรียกว่า Generally Recognized As Safe (GRAS) และเป็นสารฆ่าเชื้อชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในรายชื่อของ The United States Code of Federal Regulations for Use on Food Processing Equipment, Utensil, and Certain Other โดยระบุความเข้มข้นสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้คือ 2,000 ppm การนำคลอรีนมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ ทั้งในส่วนที่เป็นอาหารและส่วนที่ไม่ใช่อาหาร แต่มีความเกี่ยวข้องกับต่อความสะอาดของอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากคลอรีนสามารถฆ่าจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียซึ่งก่อให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย คลอรีนสามารถทำลายเชื้อโรคได้หลายชนิดถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสม เช่น สามารถลดจำนวนแบคทีเรียชนิดที่เกิดโรคไทฟอยด์ (typhoid fever) ที่พบในน้ำ สามารถลดปริมาณ *Salmonella* spp. ในอาหาร เป็นต้น

มาตรฐาน GMP ของ USFDA ได้กำหนดไว้ว่า ควรใช้น้ำที่มีคลอรีน 50 ppm ในการล้างอุปกรณ์ เครื่องจักร ก่อนที่จะสัมผัสกับอาหารที่สุกแล้ว น้ำสำหรับล้างมือควรมีคลอรีนตกค้าง 50 ppm สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมประมง สารประกอบคลอรีนเป็นสารฆ่าเชื้อ (sanitizing agent) ที่นิยมใช้กันมากที่สุด วัตถุประสงค์เพื่อกำจัดแบคทีเรีย และกลิ่นไม่พึงประสงค์ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์อาหารจะลดลง หากวัตถุดิบมีการล้างด้วยน้ำที่ผสมคลอรีน

Wei et al. (1985) ได้รวบรวมข้อมูลของการใช้คลอรีนในอุตสาหกรรมต่างๆ กล่าวคือ ใช้ในการทำมาสะอาอุปกรณ์ ภาชนะบรรจุอาหาร ใช้ล้างวัตถุดิบเนื้อสัตว์ ผักผลไม้ดิบ ใช้น้ำหล่อเย็นหลังการฆ่าเชื้ออาหารกระป๋อง ใช้ในอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล ใช้ในอุตสาหกรรมแปรงเพื่อปรับปรุงคุณภาพแปรง และใช้ในการฟอกสี ใช้เป็นสารฆ่าเชื้อในโรงงานฆ่าสัตว์ ซ้ำแหละเนื้อสัตว์

โรงเก็บซากสัตว์ และได้มีการนำสารละลายคลอรีนเจือจางฉีดพ่นฟอย ในระหว่างการลำเลียง การทำความสะอาดเข็นแก้วตูดิบ

คลอรีนที่ละลายอยู่ในน้ำ สามารถได้มาจากแหล่งต่างๆ ทั้งในรูปของที่เป็นก๊าซและในรูปของสารประกอบทางเคมีชนิดต่างๆ (ตาราง 5) สารประกอบคลอรีนที่ละลายน้ำจะแตกตัว แล้วให้คลอรีนอิสระ (free chlorine) ซึ่งจะอยู่ในรูปธาตุคลอรีน กรดไฮโปคลอรัส (HOCl) และไฮโปคลอไรต์ไอออน (OCl⁻) ในปริมาณที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารประกอบคลอรีนแต่ละชนิด (Foegeding, 1983)

ตาราง 5 สารประกอบคลอรีนชนิดต่างๆ ที่ใช้ในอุตสาหกรรม

ชนิดของสาร	สูตรทางเคมี	สมบัติการละลายน้ำที่อุณหภูมิ 21°C
Gaseous chlorine	Cl ₂	ร้อยละ 0.7
Hypochlorous acid	HOCl	ละลายได้ดีมาก
Sodium hypochlorite	NaOCl	ละลายได้ดีมาก
Calcium hypochlorite	Ca(OCl) ₂	ละลายได้ปานกลาง
Chloramine-T	H ₃ C-C ₆ H ₄ SO ₂ -N-NaCl	ร้อยละ 15
Dichlorodiethyl-hydantion	C ₅ H ₆ Cl ₂ N ₂ O ₂	ร้อยละ 1.2
Trichlorocyanuric acid	Cl ₃ (NCO) ₃	ร้อยละ 1.2
Dichlorocyanuric acid	Cl ₂ H(NCO) ₃	ร้อยละ 2.6
Chlorine dioxide	ClO ₂	200 cm ³ per 100 ml

ที่มา: ดัดแปลงจาก Cords and Dychdala (1993 cited by Davidson and Branen, 1997)

สารประกอบคลอรีนอยู่ได้ทั้งในรูปก๊าซ ของเหลวและของแข็ง ในอุตสาหกรรมนิยมใช้คลอรีนในรูปของสารประกอบไฮโปคลอไรต์ ซึ่งเป็นเกลือของกรดไฮโปคลอรัส เนื่องจากเป็นสารฆ่าเชื้อที่ออกฤทธิ์ได้ดี ช่วยกำจัดกลิ่น ไม่มีพิษ และปราศจากสารตกค้างเมื่อใช้ในระดับความเข้มข้นที่กำหนด ง่ายต่อการจัดการ และเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงนัก (Dychdala, 1968 cited by Lawrence and Block, 1990)

สารประกอบไฮโปคลอไรท์ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ โซเดียมไฮโปคลอไรท์ โดยทั่วไปไม่นิยมใช้ในรูปแบบของแข็งเนื่องจากเก็บรักษาได้ยาก โซเดียมไฮโปคลอไรท์สามารถดูดความชื้นจากบรรยากาศเป็นสาเหตุให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคลอรีน จึงมักนิยมใช้ในรูปแบบสารละลายที่มีความเข้มข้นร้อยละ 9.5-15 โซเดียมไฮโปคลอไรท์ยังถูกนำมาใช้เป็นสารฟอกสีตามครัวเรือน โดยปรับให้มีความเข้มข้นเพียงร้อยละ 5.25 (Boyette et al., 1993)

สมบัติของคลอรีน

คลอรีนและสารฆ่าเชื้อประเภทคลอรีน เป็นสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อหลังจากการทำความสะอาด ที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร เนื่องจากคลอรีนมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้หลายชนิด ดังแสดงในตาราง 6 (Gardner and Peel, 1991)

ตาราง 6 ระดับความไวของจุลินทรีย์ต่อการทำลายของคลอรีน และสารฆ่าเชื้อประเภทคลอรีน

ชนิดของจุลินทรีย์	ความไวต่อสารคลอรีน
แบคทีเรียแกรมบวก	มาก
แบคทีเรียแกรมลบ	มาก
แอซิด-ฟอสต์แบคทีเรีย	ปานกลาง
สปอร์แบคทีเรีย	พอใช้
ไวรัส	พอใช้ (ที่ความเข้มข้นสูง)
อะมีบา	พอใช้
เชื้อรา	ปานกลาง

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gardner and Peel (1991)

นอกจากนี้คลอรีนยังเป็นสารเคมีชนิดเดียวที่ได้รับการยอมรับจากหน่วยงานป้องกันสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency) และองค์การอาหารและยา (Food and Drug Administration) สำหรับใช้ในผักทุกชนิดภายหลังการเก็บเกี่ยว โดยอนุญาตให้มีปริมาณไฮโปคลอไรท์ในน้ำล้างผักและผลไม้ได้สูงสุดไม่เกินร้อยละ 0.2 (2,000 ppm) การกำหนดปริมาณการใช้คลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนในการเป็นสารฆ่าเชื้อวัตถุดิบต่างๆ จะกำหนดในรูปแบบของความเข้มข้นของคลอรีนอิสระที่อยู่ในน้ำ (ตาราง 7)

ตาราง 7 ปริมาณคลอรีนที่ควรใช้กับผักผลไม้ชนิดต่างๆ

ผลิตผลทางการเกษตร	รูปแบบการใช้งาน	คลอรีนอิสระในน้ำ (ppm)
Artichokes	Sprayer over continuous belt	100-150
Asparagus	Sprayer over continuous belt	100-150
	Hydrocooler	125-150
Bell peppers	Sprayer over continuous belt	150-200
	Dump tank	300-400
Broccoli	Sprayer over continuous belt	100-150
Brussels sprouts	Sprayer over continuous belt	100-150
Cabbage	Sprayer over continuous belt	100-150
Carrots	Sprayer over continuous belt	100-150
	Flume	150-200
Cauliflower	Sprayer over continuous belt	100-150
Celery	Hydrocooler	100
	Sprayer over continuous belt	100-150
Corn	Sprayer over continuous belt	75-150
Cucumber	Sprayer over continuous belt	100-150
Garlic	Sprayer over continuous belt	75-150
Greens chopped leafy	Sprayer over continuous belt	100-150
Lettuce butterhead	Sprayer over continuous belt	100-150
Whole iceberg whole	Sprayer over continuous belt	100-150
Lettuce romaine	Sprayer over continuous belt	100-150
Melons all types	Sprayer over continuous belt	100-150
	Dump tank	100-150
Mushroom	Sprayer over continuous belt	100-150
Onion green	Sprayer over continuous belt	100-150
Peas pod type	Sprayer over continuous belt	50-100
Peppers Chili	Dump tank (prewashed)	300-400
	Sprayer over continuous belt	200-300

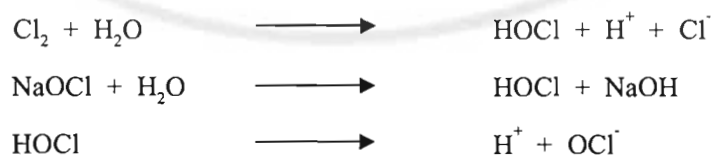
ตาราง 7 (ต่อ)

ผลิตผลทางการเกษตร	รูปแบบการใช้งาน	คลอรีนอิสระในน้ำ (ppm)
Potatoes brown or red	Sprayer over continuous belt	30-100
	Flume	100-200
Potatoes white	Dump tank (for bleaching)	500-600
Pumpkins	Sprayer over continuous belt	100-200
Radishes	Sprayer over continuous belt	100-150
	Dump tank	25-50
Spinach	Sprayer over continuous belt	75-150
Sweet potatoes	Dump tank (prewashed)	100-150
Squash all type	Sprayer over continuous belt	75-150
Tomatoes	Flume	200-350
	Dump tank	100-200
Turnips	Dump tank	100-200
Yams	Dump tank	100-200

ที่มา: คัดแปลงจาก Trevor (1997)

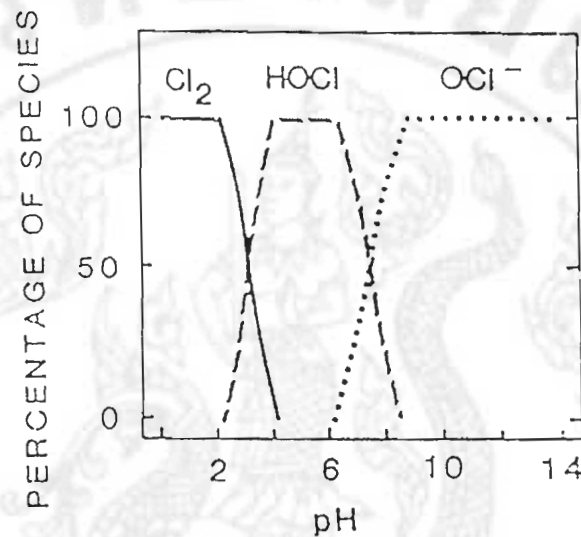
กลไกการสลายตัวของสารประกอบคลอรีน

ความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ของสารประกอบคลอรีนเกิดขึ้น เมื่อสารประกอบคลอรีนละลายในน้ำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้ คือ



การแตกตัวของกรดไฮโปคลอรัส (ภาพ 4) ขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย และสมดุลระหว่างกรดไฮโปคลอรัสและไฮโปคลอไรท์อออน โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงคลอรีนอิสระ (free available chlorine) จะหมายถึง คลอรีนที่อยู่ในรูปก๊าซคลอรีน (Cl_2) กรดไฮโปคลอรัส (HOCl)

และไฮโปคลอไรท์อออน (OCI^-) เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายน้อยกว่า 4 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปก๊าซคลอรีนเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอยู่ในช่วง 4-5 คลอรีนอิสระที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดจะอยู่ในรูปกรดไฮโปคลอรัส และเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายมากกว่า 5 คลอรีนอิสระจะอยู่ในรูปไฮโปคลอไรท์อออน



ภาพ 4 เปอร์เซนต์ของคลอรีนอิสระในสารละลายซึ่งมีอิทธิพลจากค่าความเป็นกรด-ด่าง;

— Cl_2 - - - - - HOCl OCI^-

ที่มา: White (1992)

กิจกรรมการยับยั้งจุลินทรีย์ของคลอรีน ขึ้นกับปริมาณคลอรีนอิสระในรูปของกรดไฮโปคลอรัสในน้ำที่จะสัมผัสกับเซลล์จุลินทรีย์ เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอยู่ในช่วง 4-5 กรดไฮโปคลอรัสจะอยู่ในรูปที่ไม่แตกตัวมากที่สุด โดยทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารจะนิยมปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 6.5-7.5 เนื่องจากในสภาพที่เป็นกรดจะทำให้เกิดการกัดกร่อนพื้นผิวของเครื่องมือในกระบวนการผลิตอาหาร โดยเฉพาะพื้นผิวที่ทำจากวัสดุสแตนเลส (Rushing and Levine, 1986 cited by Russell et al., 1997)

กลไกในการทำลายจุลินทรีย์ของคลอรีน

Cord and Dychdala (1993 cited by Davidson and Branen, 1997) กล่าวว่า คลอรีนมีผลต่อกิจกรรมต่างๆ ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์ โดยคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับ DNA ในส่วนเบสพิวรีน (purine) และไพริมิดีน (pyrimidine) ทำให้จุลินทรีย์เกิดการกลายพันธุ์และไม่สามารถสังเคราะห์

โปรตีนขึ้นได้ (Marriott, 1999) นอกจากนี้คลอรีนยังเข้าทำปฏิกิริยากับหมู่อะมิโนในโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ เกิดเป็นสารประกอบเอนคลอโร (N-Chloro compound) ที่เป็นพิษและทำให้สมบัติในการควบคุมการเข้าออกของสารต่าง ๆ ที่ต้องผ่านทางเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงไป สารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญ เช่น กรดอะมิโน (amino acid) จึงไม่สามารถเข้าไปภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ขาดสารอาหาร

นอกจากนี้คลอรีนยังทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับโปรโตพลาสซึมของเซลล์ (cell protoplasm) ทำให้เกิดการแตกตัวของโปรตีนภายในเซลล์ (Baker, 1926 cited by Wei et al., 1985) การแตกตัวดังกล่าวเกิดขึ้น เนื่องจากคลอรีนทำปฏิกิริยากับส่วนที่เป็นซัลไฟด์ไรดัล (sulfhydryl radical) ของโปรตีนและของเอนไซม์ ทำให้กระบวนการเผาผลาญกลูโคสของเซลล์หยุดชะงัก เซลล์จึงขาดพลังงานที่จะนำไปใช้ในการดำรงชีวิต ส่งผลให้เซลล์ตายในที่สุด (Rudolph and Levine, 1941 cited by Wei et al., 1985)

Wyatt and Aites (1975 cited by Wei et al., 1985) พบว่าคลอรีนจะทำให้เยื่อหุ้มสเปิร์มเกิดการฉีกขาด ในขณะที่ Cords and Dychdala (1993 cited by Davidson and Branen, 1997) รายงานว่าคลอรีนทำให้สเปิร์มเกิดการสูญเสียแคลเซียมไอออน กรดไดพิโคโลนิค (dipicolonic acid) และสารพันธุกรรม (RNA และ DNA) ส่งผลให้สเปิร์มมีอัตราการงอกลดลง

ข้อจำกัดของการใช้คลอรีนในอุตสาหกรรมอาหาร

ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของคลอรีนจะลดลง ซึ่งอาจเกิดได้จากสารแขวนลอย และสารอินทรีย์ต่างๆ ในน้ำ โดยสารที่แขวนลอย จะป้องกันจุลินทรีย์จากการทำลายของคลอรีน โดยการห่อหุ้มเซลล์เอาไว้ ส่วนสารอินทรีย์ เช่น แอมโมเนีย (NH_3) เมื่อทำปฏิกิริยากับคลอรีน จะทำให้เกิดสารประกอบคลอรามิน (chloramine) ซึ่งมีสมบัติในการทำลายเชื้อน้อยกว่ากรดไฮโปคลอรัส นอกจากนี้ยังมีกลิ่นผิดปกติ เมื่อมีการใช้คลอรีนในน้ำที่มีอนุมูลเหล็กและแมงกานีส (Ames, 1979 cited by Wei et al., 1985)

สารอินทรีย์บางชนิด เมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับคลอรีนแล้วนอกจากจะทำให้ประสิทธิภาพของคลอรีนลดลงแล้ว ยังส่งผลก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษ ต่อสิ่งมีชีวิตอีกด้วย Lykins and Griesse (1986) รายงานว่ากรดฮิวมิก (humic acid) และกรดฟูลวิก (fulvic acid) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง เมื่อไปทำปฏิกิริยาเคมีกับคลอรีนจะเกิดเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogens)

Noack and Doerr (1978 cited by Jolley et al., 1996) Cunningham (1980 cited by Wei et al., 1985) และ Abdel-Rahman (1985 cited by Jolley et al., 1996) ได้สรุปว่าสารอินทรีย์หลายชนิดที่มีอยู่ในน้ำ จะก่อให้เกิดสารที่เป็นพิษได้เมื่อได้ทำปฏิกิริยาเคมีกับคลอรีน สารอินทรีย์เหล่านี้

ได้แก่ humic fulvic hydroxyl benzoic citric p-ketoglutaric fumanic malic pyruvic acid และ สารจำพวก ketones aldehydes เช่น acetone acetaldehydes alcohols เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้ทำให้เกิด สารพิษหลายชนิด เช่น THM chloroform dichloromethane bis (2-chloroethyl) ether trichloroethylene tetrachloroethylene trichloroacetic acid trichloroacetaldehyde trihalomethane และอื่นๆ อีกหลาย ชนิด

ในปี ค.ศ. 1974 ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีผู้พบว่าการใช้คลอรีนในน้ำดื่มจะทำให้เกิด สารประกอบไตรฮาโลมีเทน (trihalomethane, THM) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง มีปริมาณเพิ่มมากขึ้น (Condie, 1986)

นอกจากนี้การใช้คลอรีนในระดับความเข้มข้นสูง อาจทำให้เกิดความเป็นพิษได้ โดยพบว่าคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีน อาจเป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง (Ames, 1979 cited by Wei et al., 1985)

ข้อจำกัดอีกประการหนึ่ง คือ การที่คลอรีนส่งผลต่อกลิ่นและรสที่ผิดปกติของวัตถุดิบ ซึ่งจากการทดลองของ Wei et al. (1985) พบว่าคลอรีนสามารถทำปฏิกิริยาเคมีกับสารประกอบฟีนอล (phenol) ทำให้เกิดสารประเภท chlorophenol ที่ทำให้กลิ่นและรสผิดปกติ

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของคลอรีน

1. ความเข้มข้นของคลอรีน

Laenzina et al. (1973) ทำการล้างมะเขือเทศด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้มข้น 300 ppm ร่วมกับการเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 18-22 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 60-80 หรือ 10 °C ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80 เป็นเวลา 10 วัน พบว่า จะช่วยป้องกันการเสื่อมเสียของมะเขือเทศได้

Guthrie (1983) Tsai et al. (1992) ได้ทำการสูบลำไยอย่างน้ำที่ใช้แช่ผักสด พบว่าที่ระดับ ความเข้มข้นของคลอรีน 100-150 ppm สามารถทำลายแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ (aerobic bacteria) ให้ลดลงได้ร้อยละ 99 ภายใน 3-5 นาที

Lopes (1986) พบว่าการใช้โซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีปริมาณคลอรีนอิสระ 100 ppm สามารถลดจำนวน *L. monocytogenes* ลงได้ 5 log CFU/g

Brackett (1987) พบว่าสารละลายคลอรีนความเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 50 ppm จะมี ประสิทธิภาพในการทำลาย *L. monocytogenes* ลงได้ แต่ถ้าความเข้มข้นต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพในการ ทำลายแบคทีเรียดังกล่าวจะหมดไป ซึ่งสอดคล้องกับคำอ้างของ El-Kest and Marth (1988) ที่ระบุว่า ความเข้มข้นของสารละลายคลอรีนที่เพิ่มมากขึ้น จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้ง *L. monocytogenes*

Adam et al. (1989) ทดลองแช่ผักกาดแก้วในน้ำที่มีคลอรีนอิสระ 100 ppm พบว่าสามารถลดจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ต้องการอากาศได้มากกว่าร้อยละ 98 เมื่อเปรียบเทียบกับการล้างด้วยน้ำประปาที่ไม่เติมคลอรีน ซึ่งสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ได้ต่ำกว่าร้อยละ 93 แต่ถ้าใช้การฉีดพ่นผักกาดแก้วด้วยสารละลายคลอรีน 200 ppm หรือน้ำกลั่นที่ไม่มีคลอรีน กลับพบว่าประสิทธิภาพในการลดปริมาณ *E. coli* O157:H7 ไม่แตกต่างกัน (Beuchat, 1999)

Beuchat (1999) พบว่าการจุ่มมะเขือเทศในสารละลายคลอรีน 200-250 ppm ช่วยลดจำนวนจุลินทรีย์ aerobic mesophile แต่ไม่สามารถลดแบคทีเรียประเภท psychrotroph และรา

โดยทั่วไปพบว่าโซเดียมไฮโปคลอไรท์จัดเป็นสารประกอบคลอรีนชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เพราะเป็นสารประกอบที่มีความเสถียรภาพดี ในอุตสาหกรรมมักใช้สารประกอบดังกล่าวที่ความเข้มข้น 50-300 ppm (Macrae et al., 1993)

2. อุณหภูมิ

คลอรีน และสารประกอบคลอรีนจะให้ประสิทธิภาพในการทำลาย และยับยั้งจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ พบว่าประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจะเพิ่มขึ้น Trueman (1971) รายงานว่าเมื่อให้ความร้อน 50 °C ร่วมกับสารฆ่าเชื้อที่มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 200 ppm สามารถทำลาย *Mycobacterium tuberculosis* ได้ ในเวลา 1 นาที เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C จะใช้เวลาเพียง 0.5 นาที นอกจากนี้ยังรายงานว่าแบคทีเรียดังกล่าวไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน 60 °C นอกเสียจากว่ามีคลอรีนร่วมด้วย อุณหภูมิจะมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์มากที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (Troller, 1993) อย่างไรก็ตามการเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนยังมีข้อจำกัด เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงขึ้นคลอรีนมีฤทธิ์กัดกร่อนอย่างรุนแรง เช่น ที่อุณหภูมิสูงกว่า 48.9 °C (Guthrie, 1983)

ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ของคลอรีนจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (Ito and Seeger, 1980) แต่อย่างไรก็ตามเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ผลที่ตามมาคือจะเกิดการสลายตัวของสารประกอบคลอรีน โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 50 °C สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์จะสลายตัว (Gelinas et al., 1984) ซึ่งได้มีผู้ทำการทดลองสนับสนุนผลให้เป็นในทำนองเดียวกัน โดย Morrison (1985) ได้ทดลองโดยการนำไก่สดแช่ลงในสารละลายต่างๆ รวมทั้งโซเดียมไฮโปคลอไรท์ พบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ 50 ppm อุณหภูมิ 18 °C สามารถทำลาย *S. typhimurium* ให้ลดลงได้ร้อยละ 89.5 ในขณะที่โซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันนี้ อุณหภูมิ 60 °C สามารถทำลายเชื้อให้ลดลงได้ถึงร้อยละ 99.2 การที่อุณหภูมิสูงมากจนใกล้จุดเดือด หรือเป็นอุณหภูมิ น้ำที่จุดเดือด จะทำให้คลอรีนไม่มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อได้เลย นอกจากนี้ยังทำให้คลอรีนมีคุณสมบัติการละลายน้ำต่ำลงอีกด้วย โดยจะพบว่าความสามารถในการละลายน้ำของคลอรีนที่

อุณหภูมิ 10 °C จะมีค่า 9,800 ppm ในขณะที่น้ำอุณหภูมิ 100°C ความสามารถในการละลายน้ำของ คลอรีนจะเป็น 0 ppm

อัตราการตายของเชื้อจุลินทรีย์เนื่องจากการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น คือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้แรงตึงผิวลดลง ความหนืดลดลง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จะช่วยในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ดังนั้น เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะช่วยเสริมอัตราการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ (Marriott, 1999) ดังเช่นในงานวิจัยของ Klaiber et al. (2005) ซึ่งล้างเครื่องด้วยคลอรีน 200 ppm นาน 2 นาที โดยใช้อุณหภูมิที่ต่างกัน คือ 4 °C และ 50 °C สามารถลดเชื้อ aerobic mesophilic bacteria ได้ 1.7 log CFU/g ตามลำดับ

3. ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อ คลอรีน และ สารประกอบคลอรีนจะมีประสิทธิภาพลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสูงกว่า 10 แต่เมื่ออยู่สภาวะเป็นกรด สารประกอบคลอรีนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ได้ดี เนื่องจาก กรดไฮโปคลอรัสซึ่งเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ มีความเสถียรที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ต่ำและมีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้มากกว่าไฮโปคลอไรท์ไฮออน (Murray, 1994 cited by Wei et al., 1985)

ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อความคงตัวของกรดไฮโปคลอรัส ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำลายเชื้อของคลอรีน และสารประกอบคลอรีน โดยทั่วไป เมื่อนำคลอรีนหรือสารประกอบคลอรีนนํามาละลายน้ำ จะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นคลอรีนอิสระ ซึ่งจะอยู่ในรูปของ Cl_2 hypochlorous acid และ hypochlorite ion ซึ่งการแตกตัวให้ hypochlorous acid นั้น จะอยู่ในช่วงค่าความเป็นกรด-ด่าง 4-5 (Foegeding, 1983)

กิจกรรมของสารฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามค่าความเป็นกรด-ด่าง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสาร เช่น การใช้สารประกอบคลอรีน ประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น (Marriott, 1999) เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้นปริมาณของกรดไฮโปคลอรัสจะลดลงจนกระทั่งเป็นร้อยละ 0

Cords and Dychdala (1993 cited by Davidson and Branen, 1997) กล่าวว่าสารละลาย ไฮโปคลอไรท์จะสูญเสียประสิทธิภาพอย่างรวดเร็วที่ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่า 10 นอกจากนี้ Guthrie (1983) อธิบายว่าความสามารถในการแตกตัวของคลอรีนและสารประกอบคลอรีนในรูปของ Cl_2 HOCl และ OCl^- จะขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย โดยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 4-5 จะส่งผลให้คลอรีนส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ HOCl และมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ จะมากกว่าในรูป Cl_2 และ OCl^- (Foegeding, 1983)

แบคทีเรีย *B. subtilis* NCDO 1919 มีจำนวนลดลงร้อยละ 90 ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 9.0 ใช้เวลานาน 24-41 นาที ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เพิ่มขึ้น คือ 11.8 จะใช้เวลามากกว่า 480 นาที ในการทำให้เชื้อดังกล่าวลดลงร้อยละ 90 (Foegeding, 1983)

Kobayashi et al. (1989 cited by Castillo et al., 1999) รายงานว่าหลังจากเติมกรดแลคติกในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียของสารละลายนั้น ปฏิกริยาการยับยั้งจุลินทรีย์ของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ในสภาวะที่เป็นกรดเป็นผลมาจากการเกิดออกซิเดชันของกรดคลอรัส ซึ่งเป็นอนุพันธ์จากการสลายตัวของคลอไรท์ไฮดรอกไซด์ ถ้าไม่ควบคุมความเป็นกรดของโซเดียมไฮโปคลอไรท์ สารประกอบอื่นๆ เช่น คลอรีนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นทำให้คลอไรท์สลายตัวอย่างรวดเร็ว (Thielemann, 1997 cited by Castillo et al., 1999)

4. ระยะเวลาในการสัมผัสกับสาร

การตายของจุลินทรีย์ และความไวต่อสารฆ่าเชื้อของจุลินทรีย์จะมีความผันแปรเนื่องจาก อายุ การสร้างสปอร์ และปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ ดังนั้น ระยะเวลาในการสัมผัสกับสารฆ่าเชื้อจึงเป็นสิ่งที่จะเป็นต่อประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อ (Marriott, 1999) ดังรายงานการวิจัยของ Singh et al. (2002) ซึ่งใช้น้ำไอโซนที่มีความเข้มข้น 5.2 ppm ในเบบีแครอท นาน 1 5 และ 10 นาที พบว่าสามารถลดเชื้อ *E. coli* O157:H7 ที่มีจำนวนเชื้อเริ่มต้น 7.82 log CFU/g ได้ 1.20 1.30 และ 1.70 log CFU/g ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เมื่อใช้เวลาในการสัมผัสนานขึ้นจะทำให้ฆ่าเชื้อได้มากขึ้น

เมื่อให้คลอรีนสัมผัสกับจุลินทรีย์ เซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกทำลายมากขึ้นเพียงใดขึ้นกับความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ และระยะเวลาที่คลอรีนสัมผัสกับเซลล์ กล่าวคือ ที่ระดับความเข้มข้นของคลอรีนระดับหนึ่ง หากใช้ระยะเวลาสัมผัสนานขึ้น อัตราการตายของจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในระยะแรกพบอัตราการตายที่รวดเร็ว (Gelinas et al., 1984) ศึกษาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ *Pseudomonas aeruginosa* สัมผัสกับสารฆ่าเชื้อ 8 ชนิด พบว่า เวลาที่เซลล์สัมผัสสารโซเดียมไฮโปคลอไรท์ มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งหรือทำลายเซลล์ *P. aeruginosa* มากที่สุด ต่อมาอัตราการตายจะช้าลง จนกระทั่งอัตราการตายมีค่าคงที่ Beuchat et al. (1998) ได้ทดลองล้างแอปเปิ้ลด้วยวิธีฉีดพ่นด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ที่มีความเข้มข้น 200 ppm แล้วทิ้งสารสัมผัสกับผิวแอปเปิ้ลเป็นเวลา 1 3 5 และ 10 นาที พบว่าช่วยลดจำนวน *Salmonella* spp. ได้ 2.08 2.40 2.43 และ 2.86 log CFU/g ตามลำดับ

Zhang and Farber (1995) พบว่าการล้างผักกาดหอม และกระหล่ำปลีด้วยสารละลายคลอรีนเข้มข้น 200 ppm นาน 10 นาที จะสามารถลดปริมาณ *L. monocytogenes* ลงได้ 1.7 และ 1.2 log

CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่การแช่ผักกาดหอมในสารละลายคลอรีน 200 ppm นาน 90 วินาที ที่ 20°C หรือ 50°C ไม่สามารถทำลาย *E. coli* 0157:H7 ได้

Beuchat et al. (1998) พบว่าการฉีดพ่น แอปเปิ้ล มะเขือเทศ และผักกาดหอม ด้วยคลอรีนเข้มข้น 2,000 ppm แล้วปล่อยให้แห้งไวนาน 1-10 นาที จะสามารถลดจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดที่ต้องการอากาศได้ 2.3 log CFU/g แต่การสเปรย์สารละลายคลอรีน 200 ppm บนผักกาดหอมไม่มีผลในการลดลงของ *E. coli* 0157:H7 เมื่อเทียบกับการใช้ Deionized Water (Beuchat, 1999)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบและอุปกรณ์

เชื้อจุลินทรีย์

Escherichia coli FT20 จากภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วัตถุดิบ

พริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกต่างกัน 5 แห่ง ได้แก่ อำเภอสันป่าตอง คอยหล่อ เชียงดาว แม่แจ่ม และอำเภอเวียงป่าเป้า เชียงราย ถูกซื้อจากตลาดเมืองใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

อาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Brilliant green Bile Broth 2% (BGLB: Merck)
2. Beef Extract (Merck)
3. Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol Agar (DRBC: Merck)
4. EC broth (Merck)
5. Eosin Methylene Blue Agar (Merck)
6. Lauryl Tryptone Soy Broth (LST: Merck)
7. Peptone (Difco)
8. Plate Count Agar (PCA: Merck)
9. Nutrient Agar (NA: Merck)

สารเคมี

1. น้ำคลอรีน (chlorine water: OV Chemical and Supply)
2. กรดซัลฟิวริก (sulfuric acid: Merck)
3. กลูโคส (glucose: Union Science)
4. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (potassium iodide: Merck)
5. โซเดียมไธโอซัลเฟต (sodium thiosulfate: Merck)
6. แป้ง (starch soluble: Fluka)

7. โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dichromate: Merck)
8. โซเดียมคลอไรด์ (sodium chloride: Merck)
9. โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride: Merck)
10. แคลเซียมคลอไรด์ (calcium chloride: Merck)
11. โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (sodium hydrogencarbonate: Merck)
12. แอลกอฮอล์ (ethyl alcohol 99%: Merck)
13. กรดอะซิติก (glacial acetic acid 100%: Merck)

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (Metrohm Model 744)
2. เครื่องนับโคโลนี (Funke Gerber Model 13353)
3. เครื่องผสมแบบวอร์เทกซ์ (Vortex genie-2)
4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius Model BP 610)
5. เครื่องตีบดอาหาร (Seward Lab Blender System Model BA 7021)
6. เครื่องดูดถ่ายสารละลาย
7. ตู้บ่มเพาะเชื้อ (Termaks Model B8133)
8. ตู้อบลมร้อน (Termaks Model B8133)
9. ตู้ถ่ายเชื้อแบบลามินาร์ (Holten Lamina Air flow: Type HB 2472)
10. เครื่องหมุนเหวี่ยง (Eppendorf Centrifuge Model 5417C)
11. เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (Spectronic 20D⁺: Milton Roy)
12. เครื่องเขย่าแบบควบคุมอุณหภูมิ (Innova Incubator Shaker Model 340)
13. เครื่องเขย่า (Ratek Platform Mixer)
14. ตู้เย็นอุณหภูมิคงที่ (Sharp Model SJ-D26L)
15. ตู้เย็น (Mitsubishi Model MR-F51M-SL)
16. ตู้อบไมโครเวฟ (Sharp)
17. หม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบอัตโนมัติ (Hirayama Model HV 50)
18. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Polyscience Model 8306)
19. ไมโครปิเปต (Eppendorf)
20. แผ่นเทียบสี (Munsell Book of Color: Matte Finish Collection)
21. เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์

วิธีการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่ม

สุ่มเก็บตัวอย่างพริกหนุ่มจากตลาดเมืองใหม่อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยคัดเลือกพริกหนุ่มที่มีแหล่งเพาะปลูกแตกต่างกันจำนวน 5 แห่งซึ่งได้แก่ อำเภอสันป่าตอง คอยหล่อ เชียงดาว แม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย คัดเลือกเอาเฉพาะผลที่สมบูรณ์ไปทำการตรวจ ขนาด สี ผิว และความสะอาด

2. ผลของความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำล้างต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม

2.1 ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

คัดเลือกพริกหนุ่มที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากอำเภอสันป่าตอง มาทำการหั่นเป็นชิ้นๆ ด้วยกรรไกรที่ปราศจากเชื้อ ชั่งพริกหนุ่มหนัก 25 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกอย่างหนา เติมน้ำสะอาดละลาย เบปโตโนร็อก 0.1 ที่ปราศจากเชื้อปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วนำไปเข้าเครื่องตีคนนาน 2 นาที ปล่อยให้เนื้อพริกหนุ่มตกตะกอน แล้วถ่ายเอาของเหลวด้านบนไปทำการเจือจางครั้งละ 10 เท่า แล้วนำไปทำการตรวจวิเคราะห์

1) ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (total plate count) ตามวิธีของ Bacteriological Analytical Manual: BAM (1998) โดยการ pour plate ใช้อาหาร PCA บ่มจนเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 48 ± 2 ชั่วโมง

2) ปริมาณโคลิฟอร์ม ตามวิธีของ Feng et al. (2002) โดยใช้อาหาร LST broth จำนวน 3 หลอดและมีหลอดดักแก๊สบรรจุอยู่ใน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ± 2 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่นและมีแก๊สในหลอดดักแก๊ส อ่านผลเป็น “บวก” ยืนยันหลอดที่เป็น “ลบ” โดยกลับไปบ่มต่อ 24 ชั่วโมง บันทึกผลที่ 48 ± 2 ชั่วโมง นำหลอดทดสอบที่มีผลเป็นบวก ถ่ายเชื้อ 1 ลูป (loop full) ลงในอาหาร BGLB ที่มีหลอดดักแก๊สบรรจุอยู่ใน บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 48 ± 2 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่นและมีแก๊สในหลอดดักแก๊ส อ่านผลเป็น “บวก” แล้วนำผลที่ได้ไปอ่านค่า MPN จากตาราง MPN (ภาคผนวก จ)

3) ปริมาณ *E. coli* ตามวิธีของ Feng et al. (2002) โดยใช้อาหาร LST broth จำนวน 3 หลอด และมีหลอดดักแก๊สบรรจุอยู่ใน บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 35°C นาน 24 ± 2 ชั่วโมง สังเกตหลอดที่ขุ่นและมีแก๊สในหลอดดักแก๊ส อ่านผลเป็น “บวก” ยืนยันหลอดที่เป็น “ลบ” โดยกลับไปบ่มต่อ 24 ชั่วโมง บันทึกผลที่ 48 ± 2 ชั่วโมง นำหลอดทดสอบที่มีผลเป็นบวก ถ่ายเชื้อ 1 ลูป ลงในอาหาร EC broth ที่มีหลอดดักแก๊สบรรจุอยู่ใน บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 44.5°C นาน 24 ± 2 ชั่วโมง

สังเกตหลอดที่ขึ้น และมีแก๊สในหลอดดักแก๊ส อ่านผลเป็น “บวก” ทดสอบขั้นสุดท้ายโดย streak เชื้อจากหลอดที่ให้ผลเป็นบวกลงบน EMB agar บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 18-24 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีที่มีลักษณะคล้ายสีเหลี่ยมเงาโลหะ (metallic sheen)

4) ปริมาณยีสต์ และรา (Yeast and mold) ตามวิธีของ APHA (1992) โดยการ spread plate บนอาหาร DRBC agar บ่มเพาะเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 25 °C นาน 5 วัน

2.2 ผลของความเข้มข้นของคลอรีน

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 นำมาแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 0 25 50 100 และ 150 ppm (ภาคผนวก ข) เป็นเวลา 30 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบน กระชอนที่ฆ่าเชื้อแล้ว นาน 15 นาที ภายในตู้ถ่ายเชื้อแบบลามินาร์ ทำการเตรียมตัวอย่างพริกหนุ่ม และวิเคราะห์ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เช่นเดียวกับข้อ 2.1

3. ผลของอุณหภูมิในน้ำล้างผสมคลอรีนต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม

3.1 ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

เตรียมตัวอย่างพริกหนุ่ม และทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ตามวิธีการในข้อ 2.1

3.2 ผลของอุณหภูมิ

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 นำมาแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำให้มีค่าเท่ากับ 30 40 50 และ 60 °C นาน 30 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนกระชอนที่ฆ่าเชื้อแล้ว นาน 15 นาที ภายในตู้ถ่ายเชื้อแบบลามินาร์ ทำการเตรียมตัวอย่างพริกหนุ่มและวิเคราะห์ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เช่นเดียวกับข้อ 2.1

4. ผลของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำล้างผสมคลอรีนต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม

4.1 ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

เตรียมตัวอย่างพริกหนุ่ม และทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ตามวิธีการในข้อ 2.1

4.2 ความเป็นกรด-ด่างของน้ำล้างผสมคลอรีน

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 นำมาแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C โดยควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำให้มีค่าเท่ากับ 4 5 6 และ 7 นาน

30 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนกระชอนที่ฆ่าเชื้อแล้ว นาน 15 นาที ภายในตู้เจียเชื้อแบบลามินาร์ ทำการเตรียมตัวอย่างพริกหนุ่มและวิเคราะห์ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เช่นเดียวกับ ข้อ 2.1

5. ผลของเวลาที่เหมาะสมในน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม

5.1 ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น

เตรียมตัวอย่างพริกหนุ่ม และทำการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ตามวิธีการในข้อ 2.1

5.2 ผลของเวลา

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 นำมาแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 โดยควบคุมเวลาของน้ำให้มีค่าเท่ากับ 10 20 30 และ 40 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนกระชอนที่ฆ่าเชื้อแล้ว นาน 15 นาที ภายในตู้เจียเชื้อแบบลามินาร์ ทำการเตรียมตัวอย่างพริกหนุ่มและวิเคราะห์ชนิดและปริมาณจุลินทรีย์เช่นเดียวกับข้อ 2.1

6. ผลของน้ำผสมคลอรีนต่อคุณภาพของพริกหนุ่ม

6.1 ผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของพริกหนุ่ม

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 นำมาแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 นาน 30 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนกระชอน นาน 15 นาที อ่านค่าสีผิวของพริกหนุ่มโดยใช้แผ่นเทียบสี เปรียบเทียบกับพริกหนุ่มที่แช่ในน้ำสะอาดที่ปราศจากคลอรีน

6.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส

คัดเลือกพริกหนุ่มเช่นเดียวกับข้อ 2.1 แบ่งพริกหนุ่มออกเป็น 2 ส่วน โดยนำพริกหนุ่มส่วนที่ 1 แช่ในน้ำสะอาดที่ปราศจากคลอรีน นาน 30 นาที (ชุดควบคุม) และส่วนที่เหลือแช่ในน้ำสะอาดที่มีคลอรีน 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 นาน 30 นาที นำผลพริกไปผึ่งให้สะเด็ดน้ำบนกระชอนที่ฆ่าเชื้อแล้ว ทำการทดสอบเปรียบเทียบกลิ่นของพริกหนุ่มทั้งสองการทดลอง โดยวางแผนการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบการเปรียบเทียบตัวอย่างคู่ (Paired comparison test) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้รับการฝึกฝน จำนวน 100 คน วิเคราะห์ผลลัพธ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 15.0 for Windows ค.ศ. 2006

7. ผลของปริมาณคลอรีนในการลดปริมาณ *E. coli* บนพื้นผิวของเยิงพลาสติก

เตรียมชิ้นเยิงพลาสติกที่ผ่านการใช้งานมาแล้วให้มีขนาด 5×5 เซนติเมตร บรรจุในถุงพลาสติก นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที แล้วนำไปอบต่อให้แห้งในตู้อบลมร้อน นำชิ้นเยิงพลาสติกไปแช่ในเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของ *E. coli* ความเข้มข้น 10^8 - 10^9 CFU/ml นาน 5 นาที ผึ่งให้แห้ง นาน 15 นาที ภายในตู้เย็บเชื้อแบบลามินาร์ แล้วนำชิ้นเยิงพลาสติกไปแช่ ในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 0 50 100 และ 150 ppm นาน 30 นาที แล้วนำชิ้นมาผึ่งให้แห้ง นาน 15 นาที ภายในตู้เย็บเชื้อแบบลามินาร์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* บนชิ้นเยิงพลาสติกทั้งก่อนและที่ผ่านการแช่น้ำผสมคลอรีนแล้ว ด้วยวิธี swab test (American Public Health Association: APHA, 1992) (ภาคผนวก ง) เลี้ยงเชื้อด้วยวิธี spread plate บนอาหาร NA บ่มที่อุณหภูมิ 35 °C นาน 2-3 วัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

8. ผลของอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนในการลดปริมาณ *E. coli* บนพื้นผิวของเยิงพลาสติก

เตรียมชิ้นเยิงพลาสติก และดำเนินการตรึงเซลล์ *E. coli* บนพื้นผิวเยิง ตามวิธีการในข้อ 7 แล้วนำชิ้นเยิงพลาสติกไปแช่ในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุมอุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 °C นาน 30 นาที แล้วนำชิ้นมาผึ่งให้แห้งนาน 15 นาที ภายในตู้เย็บเชื้อแบบลามินาร์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* บนชิ้นเยิงพลาสติกทั้งก่อนและที่ผ่านการแช่น้ำผสมคลอรีนแล้ว ตามวิธีการในข้อ 7 โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

9. ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีนในการลดปริมาณ *E. coli* บนพื้นผิวของเยิงพลาสติก

เตรียมชิ้นเยิงพลาสติก และดำเนินการตรึงเซลล์ *E. coli* บนพื้นผิวเยิง ตามวิธีการในข้อ 7 แล้วนำชิ้นเยิงพลาสติกไปแช่ในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 5 6 และ 7 และปรับให้มีอุณหภูมิ 50 °C แช่นาน 30 นาที แล้วนำชิ้นมาผึ่งให้แห้ง นาน 15 นาที ภายในตู้เย็บเชื้อแบบลามินาร์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* บนชิ้นเยิงพลาสติก ทั้งก่อนและที่ผ่านการแช่น้ำผสมคลอรีนแล้ว ตามวิธีการในข้อ 7 โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

10. ผลของเวลาในการแช่แข็งพลาสติกในน้ำผสมคลอรีน เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์บนพื้นผิว

เตรียมชิ้นแข็งพลาสติกและดำเนินการตรึงเซลล์ *E. coli* บนพื้นผิวแข็ง ตามวิธีการในข้อ 7 แล้วนำชิ้นแข็งพลาสติกแช่ในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 ปรับให้มีอุณหภูมิ 50 °C แช่นาน 10 20 30 และ 40 นาที แล้วนำชิ้นมาผึ่งให้แห้ง นาน 15 นาที ภายในตู้เย็บเชื้อแบบลามินาร์ แล้ววิเคราะห์ปริมาณ *E. coli* บนชิ้นแข็งพลาสติกทั้งก่อน แช่น้ำผสมคลอรีน และที่ผ่านการแช่น้ำผสมคลอรีนแล้ว ตามวิธีการในข้อ 7 โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ระยะเวลาการทำวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2549 ถึง กันยายน 2550

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่ม

พริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ ได้ถูกบรรจุอยู่ในกระสอบพลาสติก แล้วทำการขนส่งมายังตลาดเมืองใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ด้วยรถกระบะ ดังภาพ 5 จากจุดที่วางจำหน่าย ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพริกหนุ่มที่มาจากแหล่งเพาะปลูกในเขต 5 อำเภอ ของจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ได้ผลดังภาพ 6 และตาราง 8 พบว่า พริกหนุ่มในแต่ละแหล่งเพาะปลูกมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ ผลมีลักษณะเรียวยาว ปลายแหลม มีขนาดใหญ่และขนาดเล็ก รูปทรงตรงหรือโค้งงอ ผลแก่มีทั้งสีเขียวอ่อนและสีเขียวเข้ม ผิวมีความมันลักษณะเรียบหรือขรุขระขึ้นกับสายพันธุ์ มีเศษดินหรือโคลนติดอยู่ตามผิวภายนอกเป็นบางแห่ง ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมนับตั้งแต่ในแปลงปลูกและรวมไปถึงลักษณะผิวของพริกหนุ่ม ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของจุติมา (2545) ที่กล่าวว่า วัตถุดิบประเภทผักและผลไม้ ที่มีลักษณะเป็นซอก จะเป็นจุดที่พบการปนเปื้อนได้ ซึ่งการปนเปื้อนเกิดขึ้นได้จากสิ่งแวดล้อมต่างๆ นับตั้งแต่ผลผลิตอยู่ในแปลงหรือสวน การเก็บเกี่ยว ภาชนะบรรจุ การขนส่ง การเก็บรักษา และการวางจำหน่าย



ก



ข

ภาพ 5 พริกหนุ่มที่จำหน่ายที่ตลาดเมืองใหม่: การขนส่ง (ก) การจำหน่าย (ข)



ก

ข

ค



ง



จ

ภาพ 6 ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่มจากแหล่งปลูก 5 แห่ง: สันป่าตอง (ก) คอยหล่อ (ข) เชียงดาว (ค) แม่แจ่ม (ง) และเวียงป่าเป้า (จ)

ตาราง 8 ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 อำเภอ

แหล่งเพาะปลูก	ลักษณะทางกายภาพ
อำเภอสันป่าตอง	ขนาดค่อนข้างสั้น และเล็ก ผิวมัน มีสีเขียวเข้ม กลิ่นฉุน มีเศษฝุ่นเกาะ
อำเภอคอยหล่อ	ขนาดใหญ่ และยาวเรียว ผิวมัน มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม กลิ่นฉุน มีเศษฝุ่นเกาะ
อำเภอเชียงดาว	ขนาดใหญ่ และยาวเรียว ผิวมัน มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม กลิ่นฉุน มีเศษฝุ่นเกาะ
อำเภอแม่แจ่ม	ขนาดใหญ่ และยาวเรียว บางเม็ดจะมีลักษณะ โค้งงอระหว่างเม็ด ผิวมัน มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม กลิ่นฉุน มีเศษฝุ่นเกาะ
อำเภอเวียงป่าเป้า	ขนาดใหญ่ และยาวเรียว ผิวมัน มีสีเขียวอ่อนถึงเข้ม กลิ่นฉุน มีเศษฝุ่นเกาะ

2. ผลของความเข้มข้นของคลอรีนในน้ำล้างต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม

จากการล้างพริกหนุ่มในน้ำล้างที่มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระแตกต่างกัน 5 ระดับ คือ 0 25 50 100 และ 150 ppm นาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 9 พบว่า ความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้ 0-150 ppm มีผลต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์ต่างๆ ที่ปนเปื้อนบนผิวพริกหนุ่มน้อยมาก จุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดปริมาณลงประมาณ 0.3 log CFU/g ที่ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 50 ppm ความสามารถในการทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดจะดีขึ้นเป็นลำดับ และที่ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 150 ppm จะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลงได้ 0.7 log CFU/g ผลลัพธ์ที่ได้มีความใกล้เคียงกับผลการทดลองของ Golden et al. (1987) ที่รายงานว่าคลอรีนอิสระความเข้มข้น 100 ppm สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในพริกหยวก มะเขือเทศ แคนตาลูป และพีช ลงได้ 0.3-0.5 log cycle และสอดคล้องกับรายงานของ Tsai et al. (1992) ที่อ้างว่าความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 40 ppm สามารถลดปริมาณ aerobic bacteria ได้ 0.2-0.3 log cycle และ Wei et al. (1995) ที่ระบุว่าพริกหยวกที่ล้างในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 100 ppm นาน 35 นาที จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดลดลงจาก 3 log CFU/g เหลือ 2.7 log CFU/g

ตาราง 9 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณ จุลินทรีย์ เริ่มต้น	ปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (ppm)				
		0	25	50	100	150
จุลินทรีย์ทั้งหมด(log CFU/g)	6.9±0.16	6.9±0.18	6.9±0.05	6.6±0.10	6.4±0.14	6.2±0.08
ยีสต์และรา (log CFU/g)	6.7±0.27	6.7±0.18	6.6±0.07	6.5±0.08	6.4±0.03	6.3±0.29
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	1100
<i>E. coli</i> (MPN/g)	>2400	>2400	>2400	>2400	1100	240

ยีสต์และราจะถูกทำลายในปริมาณที่ใกล้เคียงกับจุลินทรีย์ทั้งหมด โดยความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 150 ppm จะลดปริมาณยีสต์และราได้ดีที่สุดในระหว่างที่ทำการทดลองแต่ลดลงได้เพียง 0.4 log CFU/g ซึ่งเป็นการลดลงที่มีค่าน้อยกว่าของแบคทีเรีย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีโครงสร้างที่ทนทานต่อการทำลายของคลอรีนได้ดีกว่าแบคทีเรีย (สุมนฑา, 2545) และส่วนใหญ่ราที่พบ

บนพริกหนุ่มจะอยู่ในรูปของสปอร์ ซึ่งสปอร์ของรามีความทนทานต่อคลอรีนได้ดีกว่าเซลล์ 10-1,000 เท่า (Foegeding, 1983)

ปริมาณคลอรีนที่มีผลต่อการฆ่าเชื้อโคลิฟอร์ม จะเริ่มจากความเข้มข้นที่ 150 ppm โดยปริมาณโคลิฟอร์มจะลดลงเหลือ 1100 MPN/g จากปริมาณเริ่มต้น >2400 MPN/g สำหรับ *E. coli* ความเข้มข้นของคลอรีน 100 ppm เพียงพอที่จะลดปริมาณเชื้อลงเหลือ 1100 MPN/g และผลการทำลายเชื้อจะดียิ่งขึ้นไปอีกถ้ามีการใช้ความเข้มข้นของคลอรีน 150 ppm โดยปริมาณ *E. coli* จะลดลงเหลือ 240 MPN/g ความสามารถของคลอรีนในการทำลายโคลิฟอร์ม และ *E. coli* เช่นนี้ ส่วนหนึ่งอาจสืบเนื่องมาจากเป็นแบคทีเรียที่ไม่สร้างสปอร์ คงมีแต่ vegetative cell ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ถูกทำลายโดยคลอรีนได้ง่ายกว่าสปอร์ (Foegeding, 1983) ความเข้มข้นของคลอรีน 150 ppm ที่ใช้จะให้ผลลบต่อโคลิฟอร์ม และ *E. coli* มากกว่าต่อจุลินทรีย์ทั้งหมด

ปริมาณของจุลินทรีย์ต่างๆ บนผิวของพริกหนุ่ม มีปริมาณลดลงไม่มากนักภายหลังการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสาเหตุหลายประการ อาทิ การใช้คลอรีนในปริมาณที่ต่ำ ระยะเวลาในการสัมผัสที่นานไม่พอ นอกจากนี้ยังอาจเนื่องมาจากผิวที่เป็นมันของพริกซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ชอบน้ำหรือไม่สามารถจับน้ำไว้ได้ (hydrophobicity) ซึ่งจะช่วยป้องกันการสัมผัสระหว่างคลอรีนและเซลล์ของจุลินทรีย์ (Nguyen-the and Carlin, 1994) ทำให้เซลล์จุลินทรีย์สัมผัสกับคลอรีนได้ยากขึ้น ส่งผลให้ประสิทธิภาพของคลอรีนในการฆ่าเชื้อลดลง

3. ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม

จากการควบคุมอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนสำหรับล้างพริกหนุ่ม ที่มีค่าแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 30 40 50 และ 60 °C โดยล้างพริกหนุ่มในน้ำผสมคลอรีน 150 ppm นาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 10 พบว่า อุณหภูมิมีผลต่อกิจกรรมของคลอรีนในการลดปริมาณจุลินทรีย์ทุกชนิดบนพริกหนุ่ม จุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลง 0.1 0.5 0.7 และ 1.2 log CFU/g เมื่อน้ำผสมคลอรีนมีอุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 °C ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากโซเดียมไฮโปคลอไรต์จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมของอุณหภูมิที่สูงขึ้น และที่อุณหภูมิ 50 °C สารประกอบคลอรีนจะมีการแตกตัว ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนในการทำลายจุลินทรีย์ (Gelinis et al., 1984) ดังนั้นการที่น้ำล้างมีคลอรีนอิสระที่ความเข้มข้นต่ำ แต่กระทำกิจกรรมที่อุณหภูมิสูงขึ้น จึงส่งผลให้การทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดดีขึ้น (Trueman, 1971)

ยีสต์และราจะมีปริมาณลดลง 0.3 และ 0.4 log CFU/g ที่อุณหภูมิ 50 และ 60 °C ตามลำดับ ส่วนโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จะไวต่ออุณหภูมิสูง พบว่าโคลิฟอร์มจะลดลงเหลือ 1100 93 และ 43 MPN/g

ที่อุณหภูมิ 40 50 และ 60 °C ตามลำดับ ส่วน *E. coli* จะถูกทำลายได้ง่ายกว่าโคลิฟอร์ม โดยจะเหลือรอดชีวิต 1100 460 43 และ 39 MPN/g ที่อุณหภูมิ 30 40 50 และ 60 °C ตามลำดับ

ตาราง 10 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่ระดับอุณหภูมิต่างกัน

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณ จุลินทรีย์ เริ่มต้น	ปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต อุณหภูมิ (°C)			
		30	40	50	60
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	6.6±0.07	6.5±0.35	6.1±0.25	5.9±0.08	5.4±0.72
ยีสต์และรา (log CFU/g)	6.5±0.25	6.5±0.28	6.5±1.52	6.2±0.57	6.1±0.76
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	>2400	>2400	1100	93	43
<i>E. coli</i> (MPN/g)	>2400	1100	460	43	39

พริกหนุ่มที่ล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่อุณหภูมิ 60 °C จะมีสีเปลี่ยนไปอย่างมากจากสีเขียวตามธรรมชาติกลายเป็นสีน้ำตาลไหม้ มีผิวและและชื้นน้ำ เนื่องจากคลอรีนจะมีความสามารถในการกัดกร่อนอย่างรุนแรง โดยจะให้ผลลบกับลักษณะทางกายภาพและเนื้อสัมผัสของผักและผลไม้ ถ้าอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนสูงกว่า 48.9 °C (Trueman, 1971)

4. ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้ล้างพริกหนุ่ม

จากการล้างพริกหนุ่มในน้ำล้างที่มีความเข้มข้นของคลอรีน 150 ppm ควบคุม ค่าความเป็นกรด-ด่างของคลอรีน 4 ระดับ คือ 4 5 6 และ 7 โดยล้างพริกหนุ่มนาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 11 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีนมีผลอย่างมากต่อจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่มจุลินทรีย์ทั้งหมดจะมีจำนวนลดลงมากที่สุด 1.3 log CFU/g เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4-6 และมีค่า 1.1 log CFU/g เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ มณฑานต์ (2545) ที่กล่าวว่า การล้างพริกหนุ่มด้วยสารประกอบคลอรีนร่วมกับกรดอะซิติก จะเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายแบคทีเรียได้ดีกว่าการล้างด้วยกรดอะซิติกหรือคลอรีนแต่เพียงอย่างเดียวหนึ่ง

สำหรับยีสต์และรา ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีนที่ 4 จะปรากฏผลสูงสุดต่อการลดจำนวนจุลินทรีย์ โดยสามารถลดลงได้ถึง 0.8 log CFU/g ในขณะที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5 6

และ 7 ส่งผลให้ปริมาณยีสต์และราลดลงเพียง 0.1-0.3 log CFU/g ในทางตรงกันข้ามกับจุลินทรีย์ใน
ตอนต้น พบว่า โคลิฟอร์ม และ *E. coli* จะถูกทำลายลงอย่างมากในน้ำผสมคลอรีนที่มี ค่าความเป็น
กรด-ด่าง 4-7 และจะให้ผลที่ดีที่สุด เมื่อมีค่าอยู่ระหว่าง 4-5 โดยจะสามารถลดปริมาณโคลิฟอร์มลง
เหลือ 20-21 MPN/g และ *E. coli* เหลือ 9 MPN/g

ตาราง 11 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่ค่าความ
เป็นกรด-ด่างต่างกัน

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณ จุลินทรีย์ เริ่มต้น	ปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต			
		ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
		4	5	6	7
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	6.6±0.58	5.3±0.93	5.3±0.50	5.3±0.32	5.5±0.58
ยีสต์และรา (log CFU/g)	6.4±0.22	5.6±0.57	6.3±0.04	6.1±0.45	6.3±0.32
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	>2400	20	21	43	43
<i>E. coli</i> (MPN/g)	>2400	9	9	11	11

ประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนในตอนต้นจะสูงสุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำถึง 4
เนื่องจากค่าความเป็นกรด-ด่าง ระดับนี้ คลอรีนในน้ำจะอยู่ในรูปกรดไฮโปคลอรัส ซึ่งเป็นรูปที่มี
ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ที่ดีที่สุด (Bloomfields and Miles, 1979; Foegeding, 1983; Cords
and Dychdala, 1993 cited by Davidson and Branen, 1997) และกรดไฮโปคลอรัสจะอยู่ในรูปที่แตกตัว
น้อยที่สุดเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอยู่ในช่วง 4-5 (Foegeding, 1983) นอกจากนี้ยังอาจ
เนื่องมาจากผลของกรดอะซิติกที่ใช้ในการปรับค่าความเป็นกรดของน้ำผสมคลอรีน เนื่องจากกรด
อะซิติกเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่แตกตัวได้น้อยมากที่ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ต่ำ กรดในรูปดังกล่าว
จะสามารถแทรกเข้าสู่ภายในเซลล์ของจุลินทรีย์และทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายลง (Dziezak, 1986; Jay,
1992)

เชื่อกันว่ามีความทนทานต่อคลอรีนได้ดีกว่าแบคทีเรีย แต่เมื่อควบคุมค่าความเป็น
กรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีน จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำลายคลอรีนสูงขึ้นกว่าการใช้คลอรีน
แต่เพียงอย่างเดียว (สุนันทา, 2545)

5. ผลของเวลาที่ใช้น้ำผสมคลอรีนล้างพริกหนุ่ม

จากการนำพริกหนุ่มมาล้างในน้ำสะอาดที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 โดยควบคุมเวลาของการล้างน้ำให้มีค่าเท่ากับ 10 20 30 และ 40 นาที ได้ผลดังตาราง 12 พบว่าระยะเวลาในการล้างพริกในน้ำผสมคลอรีนแปรผันกับประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดจะลดลง 0.5-1.7 log CFU/g ตลอดช่วงระยะเวลา 10-40 นาที โดยระยะเวลา 30 และ 40 นาที จะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้เท่ากัน และเป็นค่าที่สูงสุด คือ 1.7 log CFU/g สำหรับยีสต์และราจะถูกทำลายลงได้ประมาณ 1.1 และ 1.2 log CFU/g เมื่อใช้เวลาล้างนาน 30 และ 40 นาที ช่วงเวลาดังกล่าวยังเป็นช่วงที่เหมาะสมในการทำลาย โคลิฟอร์ม และ *E. coli* ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากพบว่า ปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าว มีค่าลดลงจาก >2400 MPN/g เหลือ <3 MPN/g

ตาราง 12 ปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือรอดบนผิวของพริกหนุ่มเมื่อล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน โดยใช้เวลาล้างพริกหนุ่มต่างกัน

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์เริ่มต้น	ปริมาณจุลินทรีย์ที่รอดชีวิต			
		เวลา (นาที)			
		10	20	30	40
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	6.9±0.16	6.4±0.04	6.4±0.05	5.2±0.03	5.2±0.05
ยีสต์และรา (log CFU/g)	6.6±0.13	6.5±0.76	6.6±0.05	5.5±0.29	5.4±0.50
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	>2400	460	240	<3	<3
<i>E. coli</i> (MPN/g)	>2400	240	210	<3	<3

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการรายงานของ Wei et al. (1995) และ Zhuang et al. (1996) ที่ระบุว่า แม้จะมีการใช้คลอรีนอิสระเข้มข้น 60-230 ppm ในการล้างมะเขือเทศ แต่ถ้าวะเวลาในการล้างผักไม่นานเพียงพอ ก็จะไม่สามารถลดจำนวนแบคทีเรียลงได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ Hicks and Segall, (1990) ที่กล่าวว่า การฆ่าเชื้อผักและผลไม้ด้วยวิธีการฉีดพ่นสารฆ่าเชื้อเป็นละอองฝอย (spray) จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าวิธีการล้างน้ำผสมคลอรีน เพราะวิธีฉีดพ่นทำให้คลอรีนมีโอกาสสัมผัสกับผิววัตถุได้เพียงแค่ 2-3 วินาที และเป็นไปในทำนองเดียวกับการวิจัยของ มณฑกานต์

(2545) ที่ระบุว่าร้อยละการทำลายแบคทีเรียในแสงกวาค้นแฉ่งจะเพิ่มขึ้น ถ้าเวลาในการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนเพิ่มขึ้นจาก 15 นาที เป็น 30 นาที

6. ผลของการล้างพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ กัน

6.1 ผลของการล้างต่อสีของพริกหนุ่ม

เมื่อนำพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 อำเภอ ล้างน้ำผสมคลอรีนที่มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 ล้างนาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 13 พบว่าสีของพริกหนุ่มส่วนใหญ่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงใดๆ โดยสีที่ได้ยังคงเป็นสีเขียวอ่อนตามสายพันธุ์ ยกเว้นพริกหนุ่ม จากอำเภอดอยหล่อ และอำเภอแม่แจ่ม ที่มีสีเขียวคล้ำเล็กน้อย ซึ่งสังเกตได้ยากมาก การที่คลอรีนในน้ำล้างไม่มีผลต่อการเปลี่ยนสีของพริกหนุ่ม อาจเป็นผลเนื่องมาจากปริมาณคลอรีนที่ใช้ในการทดลองมีค่าน้อยมาก ประกอบกับพริกหนุ่มมีผิวที่เลื่อมมันซึ่งช่วยขัดขวางการทำปฏิกิริยาเคมีระหว่างคลอรีนและเม็ดสี

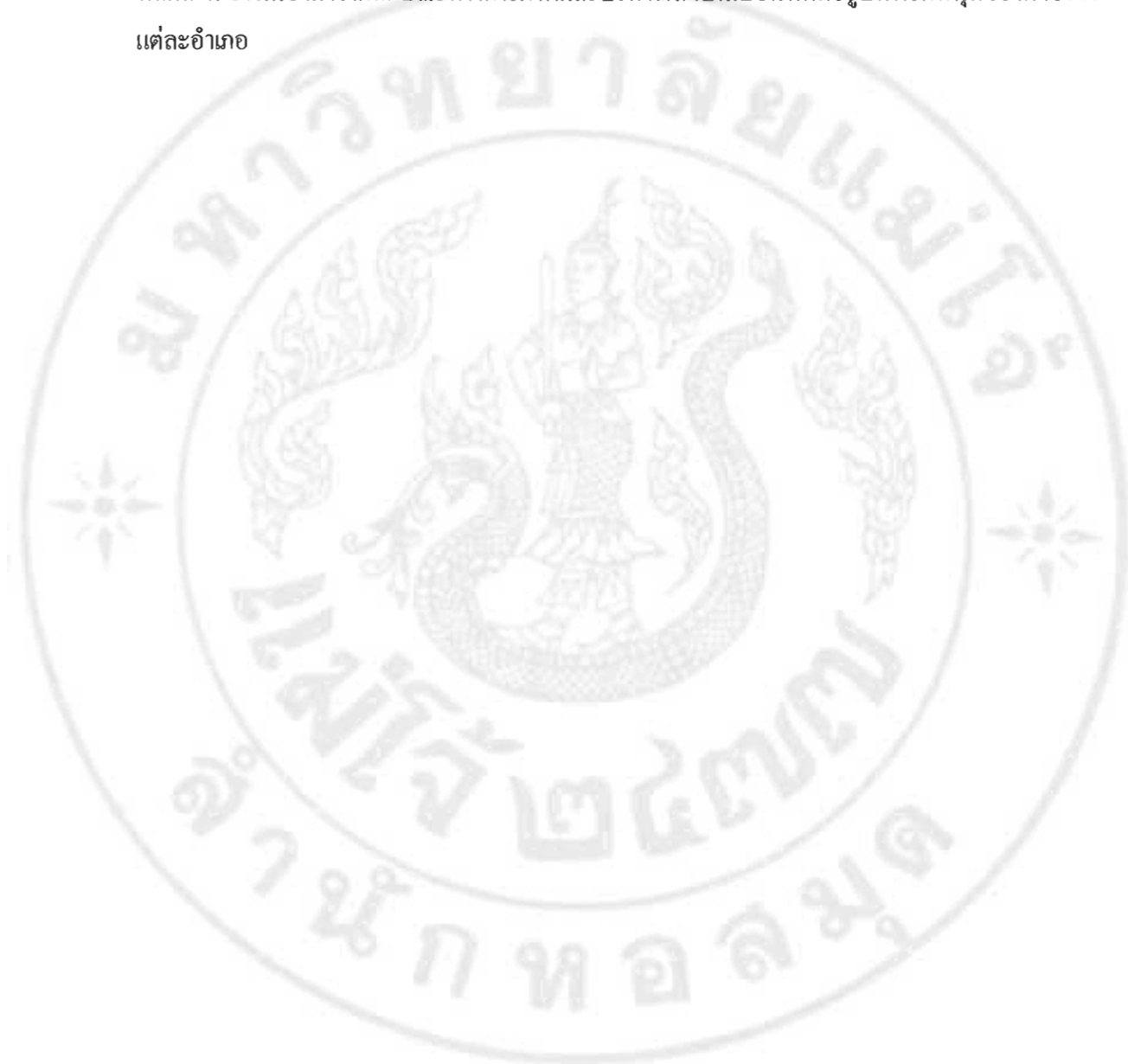
ตาราง 13 การเปลี่ยนแปลงสีของพริกหนุ่มภายหลังการล้างน้ำผสมคลอรีน

อำเภอ	สีของพริกหนุ่ม (Hue/Value/Chroma)	
	ก่อนแช่	หลังแช่
สันป่าตอง	10GY/5/8	10GY/5/8
ดอยหล่อ	10GY/6/8	10GY/5/8
เขียงดาว	10GY/5/8	10GY/5/8
แม่แจ่ม	10GY/6/8	10GY/5/8
เวียงป่าเป้า	10GY/5/8	10GY/5/8

6.2 ผลของการล้างต่อปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม

เมื่อนำพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 อำเภอ นำมาล้างน้ำผสมคลอรีนที่มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 ล้างนาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 14 พบว่า ประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนที่ใช้สามารถลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ ได้ใกล้เคียงกัน โดยสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดได้ในช่วง 0.9-1.7 log CFU/g ลดปริมาณยีสต์และราได้ในช่วง 0.2-1.1 log CFU/g สำหรับ โคลิฟอร์มปริมาณคลอรีนอิสระที่ใช้

สามารถลดจำนวนเชื้อลงได้จาก >2400 MPN/g เหลืออยู่ในช่วง $<3-28$ MPN/g ในขณะที่ *E. coli* จะลดลงจาก >2400 MPN/g เหลือ <3 MPN/g ในทุกทริทเมนต์ ความแตกต่างของปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะทางกายภาพและปริมาณสิ่งปนเปื้อนที่ติดอยู่บนพริกหนุ่มของตัวอย่างแต่ละอำเภอ



ตาราง 14 ประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูก 5 แห่ง

ชนิดจุลินทรีย์	ปริมาณจุลินทรีย์บนผิวของพริกหนุ่ม									
	อำเภอสันป่าตอง		อำเภอดอยหล่อ		อำเภอเชิงดาว		อำเภอแม่แจ่ม		อำเภอเวียงป่าเป้า	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
จุลินทรีย์ทั้งหมด (log CFU/g)	6.9±0.16	5.2±0.03	6.2±0.02	5.3±0.09	6.5±0.03	5.5±0.05	6.6±0.15	5.5±0.08	6.5±0.10	5.4±0.02
ยีสต์และรา (log CFU/g)	6.6±0.13	5.5±0.29	6.2±0.02	6.0±0.10	6.2±0.50	5.9±0.50	6.2±0.01	6.0±0.01	6.2±0.01	6.0±0.06
โคลิฟอร์ม (MPN/g)	>2400	<3	>2400	28	>2400	28	>2400	<3	>2400	11
<i>E. coli</i> (MPN/g)	>2400	<3	>2400	<3	>2400	<3	>2400	<3	>2400	<3

6.3 ผลของการล้างต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของพริกหนุ่ม

เมื่อนำพริกหนุ่มจากอำเภอสันป่าตอง ล้างในน้ำสะอาด นาน 30 นาที (ชุดควบคุม) และ ส่วนที่เหลือล้างในน้ำสะอาดที่มีความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ 150 ppm อุณหภูมิ 50 °C ค่าความ เป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 นาน 30 นาที แล้วนำไปทดสอบด้านประสาทสัมผัสได้ผลดังตาราง 15 พบว่า พริกหนุ่มที่ล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนไม่มีกลิ่นแตกต่างจากพริกหนุ่มที่ล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณคลอรีนอิสระที่ใช้มีค่าต่ำมาก ประกอบกับการใช้อุณหภูมิสูงถึง 50°C ของน้ำล้าง จะส่งผลให้คลอรีนแตกตัวและระเหยไปได้ง่ายขึ้น (Trueman, 1971) จึงทำให้พริก ที่ผ่านการล้างแล้วไม่มีกลิ่นของคลอรีน

ตาราง 15 การทดสอบกลิ่นคลอรีนในเนื้อพริกหนุ่มที่ผ่านการล้างด้วยน้ำผสมคลอรีน

น้ำที่ใช้ล้างพริก	กลิ่นผิดปกติ
น้ำสะอาด (ควบคุม)	4.81±2.35 ^{ns}
น้ำผสมคลอรีน	4.52±2.55 ^{ns}

ns คือ ข้อมูลในแนวดังนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความ เชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p>0.05$)

7. ผลของความเข้มข้นของคลอรีนต่อ *E. coli* บนพื้นผิวเชิงพลาสติก

เมื่อนำชิ้นเชิงพลาสติกไปแช่ในเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของ *E. coli* เข้มข้น 10^8 - 10^9 CFU/ml แล้วนำชิ้นเชิงพลาสติกไปล้างในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 0 50 100 และ 150 ppm นาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 16 พบว่าปริมาณ *E. coli* เริ่มต้นบนพื้นผิวเชิงพลาสติกมีค่า 3.7 log CFU/25 cm² เมื่อนำชิ้นเชิงมาล้างในน้ำผสมคลอรีนที่มีความเข้มข้นคลอรีนอิสระ 0 50 100 และ 150 ppm นาน 30 นาที จะส่งผลให้ *E. coli* มีจำนวนลดลงโดยลำดับ โดยมีเซลล์ที่เหลือรอดชีวิตอยู่ 3.5 3.4 3.4 และ 3.2 log CFU/25 cm² ซึ่งได้ผลลัพธ์ในการทำงานเหมือนกับ Zhuang et al. (1996) ที่ระบุว่า การเพิ่มความเข้มข้นของคลอรีนจาก 60 ppm เป็น 110 ppm จะสามารถทำลาย *E. coli* ในมะเขือเทศได้จำนวน เพิ่มขึ้น

ตาราง 16 ปริมาณ *E. coli* ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีนที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ปริมาณ <i>E. coli</i> ทั้งหมด (log CFU/25 cm ²)	ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอด (log CFU/25 cm ²)			
	ความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (ppm)			
	0	50	100	150
3.7±0.60	3.5±0.13	3.4±0.03	3.4±0.06	3.2±0.05

การลดลงของเชื้อดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0.2-0.5 log CFU/25 cm² ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สูงนัก เนื่องมาจากความเข้มข้นของคลอรีนอิสระที่ใช้ในการทดลองมีค่าต่ำ และอาจเกิดจากการฝังตัวของเซลล์แบคทีเรียตามร่องและรูพรุนตรงผิวหน้าของเชิงพลาสติก (Welker et al., 1997) จะทำให้คลอรีนในน้ำสัมผัสกับแบคทีเรียได้ยากขึ้น

8. ผลของอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนต่อ *E. coli* บนพื้นผิวเชิงพลาสติก

เมื่อนำชิ้นเชิงพลาสติกไปแช่ในเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของ *E. coli* เข้มข้น 10⁸-10⁹ CFU/ml แล้วนำชิ้นเชิงพลาสติกไปล้างในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุมอุณหภูมิ 30 40 50 และ 60°C นาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 17 พบว่าประสิทธิภาพของคลอรีนจะแปรผันกับอุณหภูมิขณะใช้งาน โดยปริมาณ *E. coli* เริ่มต้นบนพื้นผิวเชิงพลาสติกมีค่า 3.7 log CFU/25 cm² และเมื่อนำเชิงมาล้างในน้ำผสมคลอรีนที่ควบคุมอุณหภูมิ 30 40 50 และ 60°C นาน 30 นาที จะส่งผลให้ *E. coli* มีจำนวนลดลงโดยลำดับ โดยมีเซลล์ที่เหลือรอดชีวิตอยู่ 3.3 3.2 0 และ 0 log CFU/25 cm² การลดลงของเชื้อดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0-0.5 log CFU/25 cm² และอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนที่สูงตั้งแต่ 50 °C ขึ้นไป จะสามารถทำลาย *E. coli* ได้ 3.7 log CFU/25 cm² ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Gelinas et al. (1984) ที่รายงานว่าไฮโดรเจนไฮโปคลอไรต์จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เมื่ออยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และที่อุณหภูมิ 50°C สารประกอบคลอรีนจะมีการแตกตัว ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนในการทำลายจุลินทรีย์

ตาราง 17 ปริมาณ *E. coli* ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีนที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ปริมาณ <i>E. coli</i> ทั้งหมด (log CFU/25 cm ²)	ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอด (log CFU/25 cm ²)			
	อุณหภูมิ (°C)			
	30	40	50	60
3.7±0.50	3.3±0.06	3.2±0.10	ND	ND

หมายเหตุ: ND = Not Determined

9. ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำผสมคลอรีนต่อ *E. coli* บนพื้นผิวเชิงพลาสติก

เมื่อนำชิ้นเชิงพลาสติกไปแช่ในเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของ *E. coli* เข้มข้น 10^8 - 10^9 CFU/ml แล้วนำชิ้นเชิงพลาสติกไปล้างในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 5 6 และ 7 แล้วปรับให้มีอุณหภูมิ 50 °C ล้างนาน 30 นาที ได้ผลดังตาราง 18 พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลแปรผกผันกับปริมาณ *E. coli* ที่เหลือรอดชีวิต กล่าวคือ ปริมาณ *E. coli* จะลดลงเหลือ 0.3.1 3.2 และ 3.5 log CFU/25 cm² เมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 5 6 และ 7 ตามลำดับ หรือมีปริมาณที่ลดลงในช่วง 0.3-3.8 log CFU/25 cm² ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Pao et al. (1999) พบว่าการล้างเปลือกส้มเพื่อลดการปนเปื้อนของ *E. coli* ด้วยน้ำผสมคลอรีนเข้มข้น 200 ppm แล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 4-5 ด้วยกรด จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำลาย *E. coli* สูงกว่าการใช้ส่วนผสมคลอรีนแต่เพียงอย่างเดียว เนื่องจากที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4-5 คลอรีนจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อได้ดีที่สุด (Foegeding, 1983)

ตาราง 18 ปริมาณ *E. coli* ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกภายหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน

ปริมาณ <i>E. coli</i> ทั้งหมด (log CFU/25 cm ²)	ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอด (log CFU/25 cm ²)			
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง			
	4	5	6	7
3.8±0.08	ND	3.1±0.28	3.2±0.08	3.5±0.03

หมายเหตุ: ND = Not Determined

10. ผลของเวลาในการล้างเชิงพลาสติกในน้ำผสมคลอรีนต่อ *E. coli* บนพื้นผิวเชิงพลาสติก

เมื่อนำชิ้นเชิงพลาสติกไปล้างในเซลล์ซัสเพนชัน (cell suspension) ของ *E. coli* เข้มข้น 10^8 - 10^9 CFU/ml แล้วนำชิ้นเชิงพลาสติกไปล้างในน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ควบคุม ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4 ปรับให้มีอุณหภูมิ 50°C ล้างนาน 10 20 30 และ 40 นาที ได้ผลดังตาราง 19 พบว่าเวลาในการล้างเชิงพลาสติกในน้ำผสมคลอรีน มีผลอย่างมากต่อการทำลาย *E. coli* โดยคลอรีนจะทำลายแบคทีเรียนี้เหลือ 3.7 3.3 0 และ 0 log CFU/25 cm² เมื่อล้างเชิยงนาน 10 20 30 และ 40 นาที ตามลำดับ

ตาราง 19 ปริมาณ *E. coli* ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติกหลังจากการล้างในน้ำผสมคลอรีนที่ระยะเวลาต่าง ๆ

ปริมาณ <i>E. coli</i> ทั้งหมด (log CFU/25 cm ²)	ปริมาณ <i>E. coli</i> ที่เหลือรอดบนเชิงพลาสติก (log CFU/25 cm ²)				
	เวลา (นาที)				ความเข้มข้นร่วมกับ ปัจจัยเสริม
	10	20	30	40	
3.8±0.06	3.7±0.10	3.3±0.03	ND	ND	ND

หมายเหตุ: ND = Not Determined

ความสามารถในการทำลาย *E. coli* จะมีค่าสูงสุด เมื่อล้างเชิยงนานเท่ากับหรือสูงกว่า 30 นาที ปริมาณแบคทีเรียจะถูกทำให้ลดลง 3.8 log CFU/25 cm² ทั้งนี้เนื่องจากคลอรีนสามารถสัมผัสกับเซลล์ของแบคทีเรียได้นานขึ้น จึงทำให้ปฏิกิริยาการทำลายเซลล์เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งเป็นกลไกของสารฆ่าเชื้อทุกชนิดที่จะมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับเวลาที่สารฆ่าเชือนั้นสัมผัสกับจุลินทรีย์ที่ต้องการทำลาย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ลักษณะทางกายภาพของพริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกจำนวน 5 อำเภอในเขต จังหวัดเชียงใหม่ และเชียงราย พบว่า พริกหนุ่มในแต่ละแหล่งเพาะปลูกส่วนใหญ่มีขนาดและลักษณะ ที่คล้ายกันคือ รูปร่างเรียวยาวแหลม และอาจมีรูปทรงที่โค้งงอบ้าง ผิวมีลักษณะเรียบเป็นมัน และ มีสีตั้งแต่เขียวอ่อนไปจนถึงเขียวเข้ม อาจพบเศษดินและเศษโคลนปนเปื้อนติดมากับพริกหนุ่มที่วางจำหน่าย

พริกหนุ่มจากแหล่งเพาะปลูกอำเภอสันป่าตอง ได้ถูกนำมาล้างด้วยน้ำผสมคลอรีนที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้นแตกต่างกัน นาน 30 นาที พบว่าความเข้มข้นคลอรีนอิสระ 150 ppm จะให้ผลต่อประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยสามารถทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลงได้ 0.7 และ 0.4 log CFU/g ตามลำดับ ในขณะที่โคลิฟอร์มจะลดปริมาณลงเหลือ 1100 และ 240 MPN/g ตามลำดับ

ประสิทธิภาพของคลอรีนจะเพิ่มขึ้น เมื่อน้ำล้างมีคลอรีนอิสระเข้มข้นเท่ากับ 150 ppm และมีอุณหภูมิเท่ากับ 60 °C พบว่าจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราจะถูกทำลายลงได้ 1.2 และ 0.4 log CFU/g ตามลำดับ ส่วนโคลิฟอร์ม และ *E. coli* จะเหลือ 43 และ 39 MPN/g ตามลำดับ แต่พริกที่ได้จะมีผิวที่ละมีสีน้ำตาลไหม้

น้ำล้างที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm เมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกัน โดยควบคุมอุณหภูมิของน้ำล้างเท่ากับ 50 °C พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 จะให้ประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ได้ดีที่สุด โดยจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราจะลดลง 1.3 และ 0.8 log CFU/g ตามลำดับ สำหรับโคลิฟอร์มและ *E. coli* จะลดลงเหลือ 20 และ 9 MPN/g ตามลำดับ

ระยะเวลาที่ใช้ในการแช่พริกหนุ่มมีผลต่อการลดปริมาณจุลินทรีย์อย่างสังเกตได้ โดยพบว่าน้ำคลอรีนที่คลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 และอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 50 °C พบว่า ระยะเวลาในการล้างพริกหนุ่มนานเท่ากับหรือมากกว่า 30 นาที ขึ้นไปจะสามารถลดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด และยีสต์และราลงได้ 1.7 และ 1.1 log CFU/g ตามลำดับ และสามารถลดโคลิฟอร์ม และ *E. coli* ได้เท่ากับ <3 MPN/g

การล้างพริกหนุ่มที่ได้จากแหล่งเพาะปลูก 5 แห่ง ด้วยน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้นของ 150 ppm ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 และอุณหภูมิของน้ำเท่ากับ 50 °C แช่นาน 30 นาที พบว่า

พริกหนุ่มส่วนใหญ่ยังคงมีสีที่ไม่เปลี่ยนแปลง ยกเว้นพริกหนุ่มจากอำเภอค้อหล่อ และแม่แจ่มที่มีการเปลี่ยนสีบ้างเล็กน้อย และสังเกตเห็นได้ยาก ส่วนประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ พบว่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยจุลินทรีย์ทั้งหมดมีจำนวนลดลงในช่วง 0.9-1.7 log CFU/g ยีสต์และราลดลง 0.2-1.1 log CFU/g โคลิฟอร์ม และ *E. coli* ลดลงเหลือ <3 MPN/g สภาพะของการล้างพริกหนุ่มด้วยน้ำผสมคลอรีนดังกล่าวไม่มีผลกระทบต่อกลิ่นของพริก

การล้างเชิงพลาสติกด้วยน้ำที่มีคลอรีนอิสระเข้มข้น 150 ppm นาน 30 นาที จะทำให้ *E. coli* ลดลงได้ 0.5 log CFU/25 cm² แต่ถ้าควบคุมอุณหภูมิของน้ำผสมคลอรีนดังกล่าวให้มีอุณหภูมิเท่ากับหรือสูงกว่า 50 °C จะสามารถลดปริมาณ *E. coli* ลงได้ 3.7 log CFU/25 cm² ประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนจะเพิ่มขึ้นจากเดิม เมื่อทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้ต่ำลง พบว่า ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 จะทำให้ *E. coli* ลดจำนวนลงได้ถึง 3.8 log CFU/25 cm² และการเพิ่มเวลาในการล้างให้นานกว่า 30 นาที ประสิทธิภาพในการทำลาย *E. coli* ยังคงไม่เปลี่ยนแปลง โดยสามารถลดปริมาณ *E. coli* ลงได้ 3.8 log CFU/25 cm²

ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานจริงในโรงงาน
2. ควรทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำผสมคลอรีนจากข้อมูลที่ได้กับพริกชนิดอื่น
3. ควรทำการทดลองเพิ่มประสิทธิภาพของคลอรีนโดยให้มีการใช้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ 5 หรือสูงกว่า เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของวัสดุอุปกรณ์

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2548. สถิติการปลูกพืชผัก ปีเพาะปลูก 2547-2548. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.2.doae.go.th/baseinfor/MIS/ror_4_3.htm (10 มีนาคม 2548).
- จุติมา ลิขิตรัตน์พร. 2545. การลดความเสี่ยงอันตรายจากเชื้อจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ผักผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำ. กรุงเทพฯ: กองควบคุมอาหาร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข. 34 น.
- บุษกร ปาละกุล. 2536. ประสิทธิภาพของคลอรีนไดออกไซด์ในการลดปริมาณ *Salmonella Typhimurium* ในกึ่งก่อนกระบวนการแช่เยือกแข็ง. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 143 น.
- มนทกานต์ บุญการ. 2545. การลดการปนเปื้อนข้ามของ *Salmonella Typhimurium* ระหว่างการเตรียมผักกาดโดยสารฆ่าเชื้อประเภทคลอรีน. กรุงเทพฯ: วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 113 น.
- มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ม.ป.ป. รายงานสรุปผลปฏิบัติงาน. โครงการพัฒนาระบบการบริหารเครือข่ายโซ่อุปทาน และ Logistics อุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรตามระบบมาตรฐานความปลอดภัยอาหาร. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา <http://www.logistic/cuoykilpp/KLT/.htm> (17 สิงหาคม 2550).
- วรวิมล เจริญศรี. 2545. สถานการณ์การผลิตและการตลาดพริก. น. 1-13. ใน เอกสารวิชาการเรื่อง การผลิตการตลาดพริก. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2536. กำหนดสัญลักษณ์ของอาหาร. มอก. 34-2536. กรุงเทพฯ: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.
- สิริพร สอนเสาวภาคย์. 2539. การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคในวัตถุดิบสำหรับผลิตน้ำพริกสำเร็จรูปและการศึกษาระยะเวลาในการอบเพื่อลดปริมาณ. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ปีที่ 12, ฉบับที่ 7: 193-199.
- สุชีลา เตชะวงศ์เสถียร. 2548. กรมผลิตการตลาดพริก. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร. 151 น.
- สุมนชา วัฒนสินธุ์. 2545. จุลชีววิทยาทางอาหาร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 454 น.
- สุมาลี เม่นสิน และ พิกพ ถำยอง. 2546. ผลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคทางรากบางชนิดของพริกภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ. เชียงใหม่: ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 33 น.

สุวิมล กิริติพิบูล. 2545. การควบคุมจุลินทรีย์ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร. กรุงเทพฯ: สมาคมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). 169 น.

อรุณี อภิชาติสรางกุล. 2550. การปรับปรุงพันธุ์พริกเพื่อผลิตน้ำพริกหนุ่มที่มีความเผ็ดคงที่และปราศจากสารพิษ. เชียงใหม่: ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 10 น.

Adams, M. R., A. D. Hartley and L. J. Cox. 1989. Factors affecteacy of washing procedures used in the production of prepared salads. **Journal of Food Microbial.** 6: 69-77.

Ak, N. O., D. O. Cliver and C. W. Casper. 1994. Cutting board of plastic and wood contamination experimentally with bacteria. **Journal of Food Protection** 57: 16-22.

American Public Health Association (APHA.) 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed. Washington, D.C.: Port City Press.

Association of Official Analytical Chemistry (AOAC.). 1998. **Official Method of Analysis.** 16th ed. Washington, D.C.: Geotage Banto.

Bacteriological Analytical Manual (BAM). 1998. **Food and Drug Administration.** 8th ed. Gaitheraburg: Association of Official Analytical Chemistry International.

Beuchat, L. R. 1995. Pathogenic microorganism associated with fresh produce. **Journal of Food Protection** 59(2): 204-216.

Beuchat, L.R. 1999. Survival of enterohemorrhagic *Esherichia coli* O157:H7 in bovine feces applied to lettuce and the effectiveness of chlorinated water as disinfectant. **Journal of Food Protection** 62(8): 845-849.

Beuchat, L.R., B. V. Nail., B. B. Adler and M. R. S. Clavero. 1998. Efficacy of spary application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. **Journal of Food Protection** 61(10): 1305-1311.

Bloomfield, S. F. and G. A. Miles. 1979. The antimicrobial properties of sodium dichlorocyanurate and sodium hypochlorite formulations. **Journal of Applied Bacteriology** 46: 65-73.

Bolliger, W. and M. F Slavik. 1994. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. **Journal of Food Protection** 61: 276-279.

- Boyette, A. B., M. H. Iturriaga, E. F. Escartin, C. A. Pettigrew, and L. R. Beuchat. 1993. Influence of variations in methodology on population of *Listeria monocytogenes* recovered from lettuce treated with sanitizers. **Journal of Food Protection** 67: 742-750.
- Brackett, R. E. 1987. Antimicrobial effect of chlorine on *Listeria monocytogenes*. **Journal of Food Protection** 50: 999-1003.
- Burnett M. E., L. Velazquez and Guzman, M. S. de. 2004. Effectiveness of various disinfectants in the elimination of *Yersinia Enterocolitica* on fresh lettuce. **Journal of Food Protection** 62: 665-669.
- Castillo A. , L. M. Lucia, G. K. Kemp and G. R. Acuff. 1999. Reduction of *Escherichia coli* 0157: H7 and *Salmonella Typhimurium* on beef carcass surface using acidified sodium chlorite. **Journal of Food Protection** 62(6): 580-584.
- Chen, Y., K. M. Jackson., F. P. Chea, and D.W. Schaffner. 2001. Quantification and variability analysis of bacterial cross contamination rates in common food service tasks. **Journal of Food Protection** 64: 72-80.
- Condie, L. W. 1986. Toxicological problems associated with chlorine dioxide. **Journal of American Water Works Association** 78(6): 73-78.
- Davidson P. M. and A. L. Branen (eds.). 1997. **Antimicrobials in Foods**. New York: Marcel Dekker, Inc. 798 p.
- Doyle, M. P. 1990. Fruit and vegetable safety-microbiological considerations. **Journal of Horticultural Science** 25(12): 1478-1484.
- Dziejak, J. D. 1986. Preservative systems in foods, antioxidants and antimicrobial agents. **Food Technology** 40(9): 94-136.
- El-Kest, S. E. and E. H. Marth. 1988. Inactivation of *Listeria monocytogenes* by chlorine. **Journal of Food Protection** 51(7): 520-524.
- Feng, P., Weagent, S. D. and Grant, M. A. 2002. **Enumeration of *Escherichia coli* and the Coliform bacteria [Chapter 4]**. [Online]. Available <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-toc.html> (1 September 2005).
- Foegeding, P. M. 1983. Bacterial spore resistance to chlorine compounds. **Food Technology** 37(11): 100-104.

- Gardner, J. F. and M. M. Peel. 1991. **Introduction to Sterilization, Disinfection and Infection Control**. 2nd ed. New York: Churchill Livingstone. 264 p.
- Gelinas, P., J. Goulet, G. M. Tastayre and G. A. Picard. 1984. Effect of temperature and contact time on the activity of eight disinfectants-a classification. **Journal of Food Protection** 47(12): 841-847.
- Golden, D. A., E. K. Heaton and L. R. Beuchat. 1987. Effect of chemical treatments on microbiological, sensory and physical qualities of individually shrink wrapped produce. **Journal of Food Protection** 50: 673-680.
- Guthrie, R. K. 1983. **Food Sanitation**. 2nd ed., Connecticut: AVI Publishing. 326 p.
- Guzel-Seydim, Z., P. I Bever. and A. K Greene. 2004. Efficacy ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. **Food Microbiology** 21: 475-479.
- Hagenmaier, R. D. and R. A. Baker. 1998. A survey of the microbial population and ethanol content of bagged salad. **Journal of Food Protection** 61: 357-359.
- Hegenbart, S. 2002. **Ozone-Another Layer of Food Safety**. [Online]. Available. <http://www.foodproductdesign.com>. (15 May 2005).
- Hicks, J. R. and R. H. Segall. 1990. **Water Chlorination for Vegetable Packinghouses**. Florida: Institute of Food and Agriculture Science University of Florida. 431p.
- Hurst, W. A. and G. A. Schuler. 1992. Fresh produce processing: an industry perspective. **Journal of Food Protection** 55(1): 824-827.
- Inatsu, Y., M. L Bari, S Kawasaki., K Isshiki and S Kawamoto. 2005. Efficacy of acidified sodium chlorite treatment in reducing *Escherichia coli* 0157: H7 on Chinese cabbage. **Journal of Food Protection** 68: 251-255.
- Institute of Food Technology (IFT). 1995. Foodborne illness : role of home food handling practices. **Food Technology** 49(7): 119-131.
- Ito, K. A. and M. L. Seeger. 1980. Effect of germicides on microorganisms in can cooling water. **Journal of Food Protection** 43(6): 484-487.
- Jay, J. M. 1992. **Modern Food Microbiology**. 4th ed., New York: Chapman&Hall. 701 p.
- Jolley R. L., H. Gerchev and D.H. Hamilton, Jr. (eds.). 1996. **Water Chlorination Environmental Impact and Health Effects**. Michigan: Ann Arbor Science Publishers. 112 p.

- Klaiber, R.G., S Baur., G Wolf., W.P Hammes. and R Carle,. 2005. Quality of minimally processed carrots as affected by warm water washing and chlorination. **Innovative Food Science and Emerging Technology** 6: 351-362.
- Laenzina, J., F. Riquelme, J. A. Ruiz and G. Guzman. 1973. Post-harvest treatments in tomato marketing. **Revista de Agroquímica Tecnología de Alimentos** 13(4): 609-616.
- Lawrence C. A. and S. S. Block (eds.). 1990. **Disinfection, Sterilization and Preservation**. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Lopes, J. A. 1986. Evaluation of dairy and food plant sanitizers against *Salmonella Typhimurium* and *Listeria monocytogenes*. **Journal of Dairy Science** 69(2): 2791-2796.
- Lykins C. and Y.H. Griese. 1986. Transfer of *Salmonella Montevideo* onto the interior surfaces of tomatoes by cutting. **Journal of Food Protection** 60(7): 858-863.
- Macrae, R., R. K. Robinson and M. J. Sadler. 1993. pH-Soya Milk pp. 1316-1319. **In Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition Vol. 6** . San Diego: Academic Press, Inc.
- Marriott, N. G. 1999. **Principles of Food Sanitation**. 4th ed. Maryland: Aspen Publishers, Inc. 364 p.
- Morrison, G. H. 1985. Reduction of *Salmonella* on chicken carcasses by immersion treatments. **Journal of Food Protection** 48(11): 939-943.
- Nguyen-the, C. and F. Carlin. 1994. The Microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. [Crit. Rev]. **Food Science and Nutrition** 34: 371-401.
- Odumeru, J. A., S. J. Mitchell, D. M. Alves, J. A. Lynch, A. J. Yee, S. L. Wang, S. Styliadis and J. M. Farber. 1997. Assessment of the microbiological quality of ready to use vegetable for health-care food service. **Journal of Food Protection** (8): 954-960.
- Pao, S., C. L. Davis, L. M. Friedrich and M. E. Parish. 1999. Utilization of florogenic for rapid detection of *Escherichia coli* in acidic fruit juice. **Journal of Food Protection** 65: 1943-1948.
- Purseglove, J. W., E. G. Brown, C. L. Green and S. R. Robbins. 1981. Chillies: *Capsicum* spp. p. 331-434. **In Tropical Agriculture Series Spices Vol. I**. India: Longman Gr. Ltd.

- Restoino, L., E. W. Frampton, J. B. Hemphill, and P. Palnikar. 1995. Efficacy of ozonated water against various food-related microorganisms. **Applied and Environmental Microbiology** 61: 3471-3475.
- Rice, R.G. 1999. Ozone in the United State of America: state-of-the-art. **Ozone-Science & Engineering** 21: 99-118.
- Russell A. D., W.B. Hugo and G.A.J. Ayliffe (eds.). 1997. **Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization**. Great Britian: Alden Press. 473 p.
- Sengun, I.Y. and M Karapinar. 2005. Elimination of *Yersinia enterocolitica* on carrots (*Daucus carota* L.) by using household sanitizers. **Food control** 16: 845-850.
- Singh, N., R. K Singh, A. K Bhunia. and R. L Stroshine. 2002. Effect of chlorine dioxide, ozone, and thyme essential oil or a sequential washing in killing *Escherichia coli* O157: H7 on lettuce and baby carrots. **Lebensm Wiss u Technology** 35: 720-729.
- Smith, S., Dunbar, M., Tucker, D. and Schaffner, D. W. 2003. Efficacy of a commercial produce wash on bacterial contamination of lettuce in food service setting. **Journal of Food Protection** 66: 2359-2361.
- Trevor, S. 1997. Chlorination in the production and postharvest handling of fresh fruits and vegetables. In University of California-Davis. **Vegetable Research and Information Center Food Safety**. [Online]. Available. <http://www.vric.ucdavis.edu>. (21 September 2005).
- Troller, J. A. 1993. **Sanitation in Food Processing**. 2nd ed. California: Academic Press. 478 p.
- Trueman, J. R. 1971. The Halogens. pp. 137-183. In W. B. Hugo (ed.). **Inhibition and Destruction of the Microbial Cell**. London: Academic Press.
- Tsai, L. S., J. E. Schade and B. T. Molyneux. 1992. Chlorination of poultry chiller water: chlorine demand and disinfectant efficiency. **Journal of Poultry Science** 71: 188-196.
- US. Food and Drug Administration. 2001. **Food Safety and Applied Nutrition**. Washington. D.C.: Center for Analysis and Evaluation of Prevention Control Measures for the Control and Production/Elimination of Microbial Hazards of Fresh-Cut Produce.

- Welker, C., N. Faiola, S. Davis, I. Maffatore and C. A. Batt. 1997. Bacterial retention and cleanability of plastic and wood cutting boards with commercial food service maintenance practices. **Journal of Food Protection** 60: 407-413.
- Wei, C. I., D. L. Cook and J. R. Krik. 1985. Use of chlorine compounds in the food industry. **Food Technology** 39(1): 107-115.
- Wei, C. I., T. S. Hauang., J. M. Kim, W. F. Lin, M. L. Tamplin and J. A. Bartz. 1995. Growth and survival of *Salmonella* Montevideo on tomatoes and disinfection with chlorinated water. **Journal of Food Protection** 58: 829-836.
- Wei, H., Brandt, M. J., Wolf, G. and Hammes, W. P. 2005. Optomization of acidified warm water treatment to improve the microbiological status and sensory quality of iceberg lettuce. **European Journal of Food Research and Technology** 220: 168-175.
- White, R. C. 1992. **The Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants**. 3rd ed., New York: Van Nostrand Reinhold. 1308 p.
- Wiley, R.C. 1994. **Minimally Processed Refrigerated Fruits & Vegetables**. London: Chapman & Hall. 368 p.
- Zhang, S. and J. M. Farber. 1995. The effects of various disinfectants against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut vegetable. **Food Microbiology** 13: 311-321.
- Zhao, P., T. Zhao, M. P. Doyle, J. R. Rubino and J. Meng. 1998. Development of a model for evaluation of microbial cross-contamination in the kitchen. **Journal of Food Protection** 61: 960-963.
- Zhuang, R. Y., L. R. Beuchat and F. J. Angeulo. 1996. Fate of *Salmonella* Montevideo on and in raw tomatoes as effected by temperature and treatment with chlorine. **Applied of Environment of Microbiology** 61: 2127-2131.
- Zinedine, A., C. Brera, S. Elakhdari, C. Catano, F. Debegnach, S. Angelini, B. De Santis, M. Faid, M. Benlemlih, V. Minardi. and M. Miraglia. 2005. **Natural occurrence of mycotoxins in cereals and spices commercialized in Morocco**. [Online]. Available. <http://www.Doi:10.1016/j.foodcont.2005.06.001> (12 Sept 2005).



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Nutrient agar (NA)

Peptone	5.0	กรัม
Meat extract	3.0	กรัม
Sodium chloride	5.0	กรัม
Agar	15.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000.0	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมด บรรจุใส่ภาชนะ แล้วนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 15 นาที
กรณีเตรียม Nutrient Broth (NB) ไม่ต้องเติม agar

2. Ringer solution

Sodium chloride	2.25	กรัม
Potassium chloride	0.105	กรัม
Calcium chloride	0.12	กรัม
Sodium hydrogen carbonate	0.05	กรัม
น้ำกลั่น	1000.00	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่น 1 ลิตร และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา

15 นาที

3. Diluent (Peptone water solution)

Peptone	1.0	กรัม
น้ำกลั่น	1000.0	มิลลิลิตร

ละลายส่วนผสมในน้ำกลั่นให้เข้ากันเทใส่หลอดทดลอง หลอดละ 9 มิลลิลิตร และขวดรูปชมพู่ปริมาตร 225 มิลลิลิตร แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 15 นาที

4. Phosphate-Buffered Dilution Blanks

การเตรียม stock solution

ละลาย KH_2PO_4 34 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเป็น 7.2 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

การเตรียม dilution blank

นำ stock solution 1.25 มิลลิลิตร มาปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที



ภาคผนวก ข

วิธีการคำนวณปริมาณการใช้คลอรีน

วิธีการคำนวณปริมาณการใช้คลอรีน

การเตรียมน้ำผสมคลอรีน

จาก $M_1 V_1 = M_2 V_2$

กำหนดให้ M_1 คือ ความเข้มข้นของน้ำคลอรีน

V_1 คือ ปริมาตรของน้ำคลอรีน

M_2 คือ ความเข้มข้นของน้ำคลอรีนที่ต้องการ

V_2 คือ ปริมาตรของน้ำคลอรีนที่ต้องการ

สมมติ ต้องการเตรียมความเข้มข้นที่ 150 ppm ในน้ำ 600 มิลลิลิตร

แทนค่า $48,000 \times V_1 = 150 \times 600$

$$V_1 = 1.875$$

ดังนั้น ถ้าต้องการใช้สารละลายคลอรีนความเข้มข้น 150 ppm ในน้ำปริมาตร 600 มิลลิลิตร จะต้องใช้คลอรีนน้ำเข้มข้นร้อยละ 10 เท่ากับ 1.875 มิลลิลิตร



ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาปริมาณ available chlorine

การวิเคราะห์ปริมาณ available chlorine (Iodometric method) (American Public Health Association: APHA, 1992)

นำตัวอย่างสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์หาปริมาณคลอรีน 150 มิลลิลิตร ถ่ายลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม glacial acetic acid เพื่อให้สารละลายมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 3-4 แล้วเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ประมาณ 1 กรัม เขย่าให้เข้ากัน ถ้าสารละลายมีสีเหลืองให้ไตเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.01 นอร์มัล (N) ในที่ที่ไม่มีแสงจ้าจนสารละลายเป็นสีเหลืองจาง เติมน้ำเปล่าลงไป 1 มิลลิลิตร สารละลายจะมีสีน้ำเงิน ให้ไตเตรตต่อไปจนกระทั่งสีน้ำเงินจางหายไป จดบันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรตสำหรับ blank ให้ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่างและทำการคำนวณดังนี้

$$\text{available chlorine} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 35450}{\text{ปริมาตรของตัวอย่าง}} \quad \text{ppm}$$

V_1 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ในการไตเตรต blank

N = ความเข้มข้นเป็นนอร์มัลของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณ available chlorine

1. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate; $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่ง $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ปริมาณ 6.25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มให้เดือด แล้วปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร เก็บไว้ 2 อาทิตย์ แล้วนำมา standardize กับสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เก็บสารละลายที่ได้โดยการเติมคลอโรฟอร์มลงไปประมาณ 2-3 มิลลิลิตร

การ standardize สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต

เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร ซึ่งอยู่ในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิเปิดสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล 10 มิลลิลิตร แล้วจึงเติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ ประมาณ 1 กรัม ปิดจุกขวดเขย่า แล้วเก็บในที่มืด

6 นาที่ นำมาไทเตรตกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ เข้มข้น 0.1 นอร์มัลโดยใช้น้ำแข็งเป็นอินดิเคเตอร์
คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ความเข้มข้นของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{10 \times \text{นอร์มัลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต (นอร์มัล)}}{\text{มิลลิลิตรของ } \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ ที่ใช้ในการ ไทเตรต}}$$

2. สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมไดโครเมตปริมาณ 0.4904 กรัม
ละลายในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลายแข็ง

ชั่งแข็ง 1 กรัม ผสมกับน้ำเล็กน้อย แล้วเทลงในน้ำเดือดประมาณ 200 มิลลิลิตร คนแล้ว
ทิ้งไว้ค้างคืน รินเอาเฉพาะส่วนใส



ภาคผนวก ง

Swab Test

Swab Test (Association of Official Analytical Chemistry: AOAC, 1998)

1. เตรียมไม้พันสำลีสำหรับ swab โดยใช้ไม้ปลายยาวประมาณ 12-15 เซนติเมตร พันปลายสำลีให้เป็นกระเปาะ
2. นำไม้พันสำลีที่เตรียมไว้ใส่ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด หลอดละ 2 อัน นำไปฆ่าเชื้อโดย autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C เป็นเวลา 20 นาที
3. นำไม้ swab อันหนึ่งออกมาโดยใช้มือจับส่วนที่ปลายของไม้ จุ่มใน Ringer solution ที่ฆ่าเชื้อ แล้วป้ายลงบนเชิงพลาสติกที่ผ่านการจุ่มเซลล์ซัสเพนชัน
4. นำไม้พันสำลีที่ทำการ swab แล้วดังข้อ 3 มาใส่ในหลอดทดลองเดิมที่มี Ringer solution 10 มิลลิลิตร โดยหักปลายด้านที่ถูกมือจับออกและปล่อยไม้พันสำลีลงในหลอดทดลอง
5. นำไม้ swab อีกอันหนึ่งที่เหลืออยู่มา swab พื้นผิวส่วนเดิมในข้อ 3 โดยที่ไม้ swab อันนี้ไม่ต้องนำไปจุ่มใน Ringer solution ก่อน
6. นำไม้ swab อันที่สองนี้มาใส่ลงในหลอดทดลองที่มี Ringer solution ในข้อ 5 โดยหักปลายด้านที่ถูกมือจับออก
7. นำหลอดที่มีไม้พันสำลี 2 อันใน Ringer solution ในข้อ 6 มาเขย่าด้วยเครื่องเขย่าผสมสารเพื่อให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ติดอยู่ในสำลีหลุดออกมาในสารละลาย หลังเขย่าผสมแล้ว ตั้งทิ้งไว้ 20-30 นาที นำไปตรวจหาปริมาณแบคทีเรียได้



ภาคผนวก จ

ตาราง Most Propable Number (MPN)

ตาราง Most Probable Number (MPN)

ค่า MPN ต่อกรัมของตัวอย่าง ในระดับความเจือจาง 0.1 0.01 และ 0.001 ระดับความเจือจางละ 3 หลอด

Positive Tubes				Positive Tubes				Positive Tubes				Positive Tubes			
0.1	0.01	0.001	MPN	0.1	0.01	0.001	MPN	0.1	0.01	0.001	MPN	0.1	0.01	0.001	MPN
0	0	0	<3	1	0	0	3.6	2	0	0	9.1	3	0	0	23
0	0	1	<3	1	0	1	7.2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7.3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6.1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9.2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6.2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9.3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	3	0	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	3	1	290
0	3	0	9.4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	2	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	3	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

ที่มา: Association of Official Analytical Chemistry: AOAC (1990)



ภาคผนวก จ

แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส

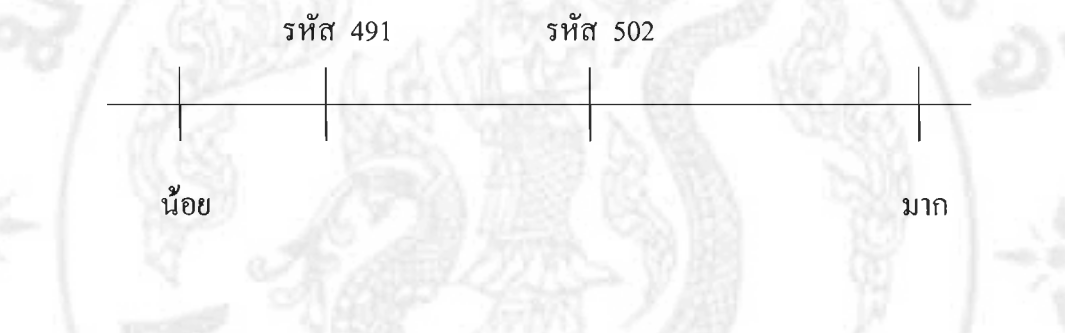
แบบทดสอบทางประสาทสัมผัสประเภทการพรรณนาเชิงปริมาณ

ชื่อผู้ทดสอบ.....เพศ.....วันที่.....

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างพริกหนุ่ม แล้วให้ระดับความเข้มของคุณลักษณะด้านกลิ่น โดยทำเครื่องหมาย (I) ลงบนสเกล

I คือ ระดับความเข้มของคุณลักษณะด้านกลิ่นที่ท่านสามารถรับรู้สีกได้

ตัวอย่าง: ความหวาน



1. กลิ่นผิดปกติ



ข้อเสนอแนะ

.....

ขอขอบคุณผู้ทำแบบทดสอบทุกคน

วรินทร์รัชญ์ เจริญวงศ์



ภาคผนวก ข
ประวัติผู้วิจัย

