รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ใน แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

Transfer and Decontamination of *Escherichia coli* on Fresh-cut Cantaloupe

นาย ไกรยศ แซ่ลิ้ม — **หัวหน้าโครงการวิจัย**

นางสาว กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ — **ผู้ร่วมโครงการวิจัย**

โครงการวิจัยประเภททุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ของคณะเทคโนโลยีการเกษตร เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

มหาวิทยาลัยบูรพา

สัญญาเลขที่ ก1/2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ใน แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

Transfer and Decontamination of *Escherichia coli* on Fresh-cut Cantaloupe

หัวหน้าโครงการวิจัย

นาย ไกรยศ แซ่ลิ้ม คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

นางสาว กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา

มีนาคม 2563

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา ก1/2562

คณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ดร. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ ผู้ร่วมโครงการวิจัยสำหรับการวางแผนการทดลอง การควบคุมการทดลอง วิจารณ์ผลการทดลอง เสนอและแก้ไขบทความและเล่มฉบับสมบูรณ์ เป็นผู้ดำเนินการหลักในการเผยแพร่ผลงาน และคำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้

รวมทั้งขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย
มีนาคม 2563

บทคัดย่อ

แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่นิยมนำมาบริโภคในรูปผลสดโดยไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆ แต่ถ้าไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม ก็อาจกลายเป็นแหล่งปนเปื้อนของเชื้อโรคอาหารเป็นพิษและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเมื่อรับประทานอาหารดิบ งานวิจัยฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อพิสูจน์ความเชื่อเกี่ยวกับกฎ 5 วินาที และกำหนดการถ่ายโอนเชื้อ *Escherichia coli* จากเขียงไม้และเขียงพลาสติกสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคปล่อยลงบนวัสดุทดลองจากความสูง 12.5 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 5, 30 และ 300 วินาที และนำไปหาปริมาณเชื้อ *E. coli* ต่อการถ่ายโอนแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสู่วัสดุทดลอง โดยชนิดของวัสดุทดลอง และระยะเวลาสัมผัสมีผลอย่างมากต่อการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* ไปสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าเขียงพลาสติกให้เปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อสูงกว่าเขียงไม้ สำหรับเขียงพลาสติกจะมีอัตราการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสที่ 300 วินาที นอกจากนี้เมื่อนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคปล่อยลงบนพื้นห้องครัวจากความสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลา 5 วินาที พบแบคทีเรียทั้งหมด (ประมาณ 9.35 x 10^2 CFU/cm^2) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนจากเชื้อโรค

ในการทดลองครั้งนี้ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจุ่มในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยความเข้มข้นของเชื้อ *E. coli* ประมาณ 10^4 CFU/ml เป็นเวลานาน 2 นาที และตากให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ นำแคนตาลูปตัดแต่งแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2, 5 และ 10 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา จากผลการทดลองพบว่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาแตกต่างกันสามารถบ่งบอกคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เหมาะสม คือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งมีผลให้ความแน่นเนื้อ ค่าความเข้ม ค่าสีเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง และค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลมีค่าลดลง ผลทางจุลชีววิทยาพบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคเช่นเดียวกับการทดลองโดยใช้กรดแอสคอร์บิก นำไปแช่ในสารละลายที่มีปริมาณก๊าซโอโซนความเข้มข้นประมาณ 0.4 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20 และ 30 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทาง

เคมี และจุลชีววิทยา จากผลการทดลองพบว่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับโอโซนในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 10 นาที โดยมีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ลดลง แต่มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลเพิ่มขึ้น ผลทางจุลชีววิทยาพบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาการได้รับโอโซน

คำสำคัญ: แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ระยะเวลาสัมผัส การถ่ายโอนเชื้อ เชียง

Abstract

Cantaloupe are a popular fruit which can be consumed in its raw form without undergoing processing. But if they are not handled properly, it can also become a source of food-borne pathogens and hazardous to health particularly when eaten raw. The objective of this research is to prove belief about five second rule and to determine the transfer of *Escherichia coli* from wood and plastic cutting boards to fresh-cut cantaloupe. Fresh-cut cantaloupe were dropped on to the surface from 12.5 cm and placed onto each surface for 5, 30 and 300 seconds. They were then measured the amount of *E. coli* transferred to fresh-cut cantaloupe. Surface type and contact time had highly effects on transfer of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe. Plastic had the higher percent transfer of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe than wood. Transfer rate of *E. coli* increased with increased the contact time on surface. Transfers of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe was highest at 300 sec for plastic surface. Moreover, when fresh-cut cantaloupe were dropped onto the kitchen floor from a height of about 60 cm, the results showed that Total viable count (approximately 9.35×10^2 CFU/cm^2) can be transferred to fresh-cut cantaloupe at 5 sec. This research demonstrated that the risk of illness resulting from deciding to consume food dropped on the floor or materials contaminated with pathogens.

The objectives of this study were to investigate the effect of ascorbic acid on *E. coli* inhibition in fresh-cut cantaloupe. The fresh–cut cantaloupe samples were dipped in 0.1% peptone solution containing approximately 10^4 CFU/ml of *E. coli* for 2 min and to dried in an aseptic cabinet. The fresh–cut cantaloupe samples were soaked at 0, 0.5, 1.0 and 2.0% of ascorbic acid at 4°c for 2, 5 and 10 min. The samples were analyzed to physicochemical qualities and microbial quality. The results showed that the physical and chemical qualities of fresh-cut cantaloupe pulp were obtained of ascorbic acid in various concentrations and different period times, which was indicated the quality of fresh-cut cantaloupe. The optimum concentration of ascorbic acid was 1 and 2% for 2 minutes, which were resulted to increase in firmness, chroma value (C* value), hue value (H° value), total soluble solids and tritratable acidity. L* value and the pH of the solution in the pulp were decreased. The number of *E. coli* on fresh-cut cantaloupe decreases with increasing the concentration of ascorbic acid.

Study of the effect of ozone on *E. coli* inhibition in fresh-cut cantaloupe was investigated. The fresh–cut cantaloupe samples were prepared as well as ascorbic acid

experiment. The fresh–cut cantaloupe samples were immersed at 0.4 ppm of ozone for 0, 10, 20 and 30 min. The samples were analyzed to physicochemical qualities and microbial quality. The results showed that the physicochemical qualities of fresh-cut cantaloupe pulp for optimum time of ozone were 10 min. It was found that the firmness was non-significant with control and non-influent on pulp color change. Total soluble solids and tritratable acidity were decreased but pH of pulp solution was increased. The number of *E. coli* on fresh-cut cantaloupe decreases with increasing the contact time for ozonation treatment.

Keywords: Fresh-cut cantaloupe, Contact time, Transfer, Cutting board

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	35
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	60
เอกสารอ้างอิง	61
ภาคผนวก	65
ประวัตินักวิจัย	71

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แคนตาลูปสายพันธุ์ต่างๆ ที่นิยมปลูก พันธุ์สกายรอคเก็ท (A), พันธุ์รอคเมลอน (B), พันธุ์ซันเลดี้ (C) พันธุ์ฮันนี่ เวิลด์ (D) พันธุ์เจด ดิว (E) และพันธุ์รักบี้สตาร์ (F)	5
3.1	แคนตาลูปซันเลดี้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้	22
3.2	การเตรียมแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสำหรับการทดลอง (ก) และ การตากให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ (ข)	30
3.3	L*, C* and H^{o} color space	32
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527 เปรียบกับ McFarland Standard	35
4.2	โคโลนีของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA)	37
4.3	การถ่ายโอน (transfer) ของเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค	39
4.4	ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	42
4.5	ความแน่นเนื้อ (Firmness; N) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	42
4.6	ค่าความสว่าง (L* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	44
4.7	ค่าความเข้มสี (Chroma; C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	44
4.8	ค่าสี (Hue value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	45

ภาพที่		หน้า
4.9	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids (TSS); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	46
4.10	ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity (TA); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	47
4.11	ค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที	48
4.12	จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที	49
4.13	โคโลนีของเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA) จากแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที	49
4.14	ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	52
4.15	ความแน่นเนื้อ (Firmness; N) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	53
4.16	ค่าความสว่าง (L* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	53
4.17	ค่าความเข้มสี (Chroma; C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	54
4.18	ค่าสี (Hue value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	54
4.19	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids (TSS); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	55
4.20	ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที	56

ภาพที่ **หน้า**

4.21 ค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที 56

4.22 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่ง พร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที 57

4.23 โคโลนีของเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA) จากแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที 58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527 ที่นับได้จากแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค	36
4.2	การถ่ายโอน (transfer) ของเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค	39
4.3	ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคในสภาวะจำลองจริง	40

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

แคนตาลูปเป็นพืชล้มลุก มีลักษณะเป็นเถ้าเลื่อย มีอายุสั้น ชอบอากาศอบอุ่นไปจนถึงอากาศร้อน เนื้อของแคนตาลูปเมื่อสุกจะมีรสชาติที่หอมหวาน และเนื้อกรอบ (คำนึง,2543) นอกจากนี้ยังอุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และวิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี และวิตามินอี เป็นต้น นอกจากนี้ยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ ได้แก่ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม เบต้าแคโรทีน ลูทีน ซีแซนทีน และสังกะสี เป็นต้น มีสรรพคุณและประโยชน์ เช่น ช่วยลดความร้อน ช่วยดับกระหาย ช่วยขับเหงื่อ ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยรักษาปัสสาวะอักเสบ แก้ไอ ช่วยรักษาดีซ่าน แก้เลือดกำเดาไหล ช่วยทำให้อาเจียน ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยบำรุงหัวใจ ช่วยบำรุงสมอง ช่วยบำรุงประสาท ช่วยบำรุงสายตา ช่วยบำรุงร่างกาย เป็นยาธาตุบำรุง ช่วยขับน้ำนม ช่วยรักษาผิวอักเสบ ช่วยรักษาเลือดออกตามไรฟัน ช่วยย่อยอาหาร ช่วยระบายท้อง แก้ท้องผูก แก้ท้องอืด แก้ท้องเฟ้อ ช่วยบำรุงกระดูก ช่วยบำรุงฟัน เป็นต้น (นิรนาม, 2559) จึงทำให้แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่นิยมนำมาบริโภคกันโดยทั่วไป จังหวัดสระแก้วเป็นหนึ่งที่นิยมปลูกและขายแคนตาลูปอย่างกว้างขวาง จนมีประเพณีวันแคนตาลูปและของดีเมืองอรัญ ซึ่งจัดขึ้นเป็นประจำในทุกๆ ปี

แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่นิยมนำมาบริโภคในรูปผลสดโดยเฉพาะอย่างยิ่งนำมาตัดแต่งพร้อมบริโภค (fresh-cut products) เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคโดยมีจำหน่ายในหลายสถานที่ ไม่ว่าจะเป็นในซุปเปอร์มาร์เก็ต ตลาดสด และร้านหาบเร่แผงลอย อย่างไรก็ตามแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลไม้ที่นิยมรับประทานสด ไม่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน จึงสามารถทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยได้ เนื่องจากได้รับเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมาจากผลของแคนตาลูปในระหว่างการปลูก การแปรรูป การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการขนส่ง นอกจากนี้แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคยังสามารถพบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์จากกระบวนการแปรรูปโดยการตัดแต่งได้อีกด้วย จากการศึกษาของไกรยศ และกัญญารัตน์ (2561) พบว่า 19 ตัวอย่างจากทั้งหมด 30 ตัวอย่างของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ขายในจังหวัดสระแก้ว คิดเป็น 63.33 เปอร์เซ็นต์ มีคุณภาพไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด โดยตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค คือ เชื้อ *Escherichia coli* (*E. coli*) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์เป็นแบคทีเรียที่พบได้ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น ไม่ว่าจะเป็นคนหรือสัตว์ จึงเป็นดัชนีบ่งชี้ (indicator) การปนเปื้อนของอุจจาระ และแสดงให้เห็นถึงสุขลักษณะในการผลิตที่ไม่ดี

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการบริโภคแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงสนใจศึกษาผลของระยะเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *E. coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค และศึกษาหาแนวทางในการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคด้วยวิธีการใช้กรดแอสคอร์บิกและก๊าซโอโซน เพื่อใช้

เป็นแนวทางในการหาวิธีการป้องกันการปนเปื้อนและลดปริมาณของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคต่อไป

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *E. coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาระยะเวลาสัมผัสต่อการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จากนั้นจึงศึกษาผลของการใช้กรดแอสคอร์บิกและก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

กรอบแนวความคิดของการวิจัย

แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมนำมารับประทานสดโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรรูปใดๆ จึงสามารถทำให้ผู้บริโภคเจ็บป่วยได้ และจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า โดยส่วนใหญ่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่วางจำหน่ายในจังหวัดสระแก้วจะผ่านกรรมวิธีที่ไม่ถูกหลักการสุขาภิบาลอาหารที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) และไม่ผ่านมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ.) จึงตรวจพบเชื้อ *E. coli* ซึ่งอาจมีความเสี่ยงที่ก่ออันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้นจึงควรศึกษาหาสาเหตุและแนวทางในการควบคุม และลดการปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ในส่วนของภาครัฐ เช่น กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นต้น ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการจัดการแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดนโยบายและการกำกับดูแลมาตรฐานของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค
2. ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม หรือบุคคลทั่วไป เช่น ผู้ประกอบการ ผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น ได้ข้อมูลได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนจัดการผลิตแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3. ในส่วนของนักวิชาการ ได้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจากผลงานวิจัยที่ได้เสนอผลงานในระดับชาติหรือนานาชาติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยต่อยอดต่อไป

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

1. แคนตาลูป

1.1. ประวัติแคนตาลูป

แคนตาลูปเป็นพืชตระกูลแตง เป็นผลไม้โบราณชนิดหนึ่ง มีชื่อสามัญว่า Cantaloupe ถิ่นกำเนิดของแคนตาลูป มีการกล่าวถึงหลายพื้นที่ เช่น ทวีปแอฟริกา ประเทศอินเดีย แถบกึ่งอบอุ่นและเขตร้อนทางทิศตะวันตกของทวีปแอฟริกา เริ่มพบหลักฐานบันทึกการปลูกแคนตาลูป ในประเทศอียิปต์ เมื่อ 2400 ปี ก่อนคริสตกาล และมีการบันทึกการนำเข้ามาปลูกในกรุงโรม เมื่อศตวรรษที่ 1 ค.ศ. 1494 และในปี ค.ศ. 1582 พบการปลูกแคนตาลูป ในมลรัฐมิสซิสซิปปี้ อลาบามา และเวอร์จิเนีย สหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1609 (ประสิทธิ์ศิลป์, 2547)

การปลูกแคนตาลูป ในประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้าพันธุ์จากต่างประเทศมาปลูกครั้งแรกที่สถานีกสิกรรมแม่โจ้ (ปัจจุบันคือมหาวิทยาลัยแม่โจ้) เมื่อปี พ.ศ. 2478 แต่ไม่ประสบผลสำเร็จ ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2493 ได้นำพันธุ์มาทดลองปลูกที่เกษตรกลางบางเขน แต่การปลูกก็ไม่สำเร็จเช่นกัน และเริ่มทดลองปลูกอีกครั้งในปี พ.ศ. 2497 ที่เกษตรกลางบางเขนจนประสบผลสำเร็จ ต่อมีการปลูกที่วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยี อำเภออรัญประเทศ จังหวัดสระแก้ว ซึ่งได้ผลดี และเริ่มขยายการปลูกอย่างต่อเนื่องตั้งแต่นั้นเป็นต้นมา

1.2. ลักษณะทั่วไป

แคนตาลูปมีลักษณะคล้ายกับแตงไทย คนไทยจึงเรียกว่า แตงเทศ หรือแตงฝรั่ง หรือแตงไทยฝรั่ง มีผลกลม ผิวของผลสีเขียว หรือสีน้ำตาลคล้ำ หรือสีเหลือง หรือสีขาว ทั้งนี้แล้วแต่พันธุ์ ผิวของผลหยาบ มีเปลือกแข็ง มีร่องลึกรอบๆ ผล เปลือกมีลายคล้ายร่างแหหรือตาข่ายสีขาว หรือสีฟางแห้งคลุมตลอดทั้งผล แต่บางพันธุ์ก็ไม่มี บางพันธุ์มีผิวเรียบๆ เมื่อสุกเนื้อในมีสีส้ม หรือสีจำปา มีกลิ่นหอม รสหวาน (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2561)

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*

จัดอยู่ในวงศ์: Cucurbitaceae

สกุล: *Cucermis*

ชนิด: *C. melo*

แคนตาลูปมีชื่อสามัญหลายชื่อ ได้แก่ แตงเทศ หรือแตงฝรั่ง มีลักษณะทั่วไปคล้ายแตงไทย มีลักษณะผลกลม สีผิวของผลมีหลายสี ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีขาว หรือสีน้ำตาล ผิวของเปลือกผลมีหลายลักษณะทั้งผิวเรียบ หรือมีลายคล้ายร่างแห หรือตาข่ายสีขาว หรือสีฟางแห้งคลุมตลอดทั้งผล เมื่อผลมีการเจริญเต็มที่มีสีส้ม หรือสีจำปา มีกลิ่นหอม รสชาติหวาน

ภาพที่ 2.1 แคนตาลูปสายพันธุ์ต่างๆ ที่นิยมปลูก พันธุ์สกายรอคเก็ท (A), พันธุ์รอคเมลอน (B), พันธุ์ซันเลดี้ (C) พันธุ์ฮันนี่ เวิลด์ (D) พันธุ์เจด ดิว (E) และพันธุ์รักบี้สตาร์ (F)

1.3. พันธุ์ที่นิยมปลูก (พนัทพล, 2556)

พันธุ์ซันเลดี้ มีผลกลมรีรูปไข่ เปลือกมีผิวเกลี้ยง สีขาวครีม เนื้อหนาสีส้ม นุ่ม มีน้ำมาก รสหวานจัด และมีกลิ่นหอม ปลูกง่าย ติดผลมาก แต่มีอายุสั้น

พันธุ์ฮันนี่ เวิลด์ ผลมีรูปทรงเหมือนลูกโลก ผิวเกลี้ยงสีขาวครีม เนื้อในสีเขียวอ่อน เนื้อนุ่ม และมีรสหวาน มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1.7 กิโลกรัมต่อผล

พันธุ์สกายรอคเก็ท ลักษณะของผลทรงกลม สีเขียว มีลายร่างแห เนื้อในสีเขียว รสหวาน มีน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัมต่อผล

พันธุ์เจด ดิว ผลเกือบกลม ขนาดค่อนข้างใหญ่ ผิวของผลเรียบ มีลายเส้นเล็กน้อย ผิวของผลสีเขียวอมเหลือง เนื้อหนาสีเขียว มีรสหวานมาก มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1.3 กิโลกรัมต่อผล

พันธุ์สโมร์ชาร์ม มีผลกลมคล้ายลูกโลก ผิวของผลมีสีเหลืองครีม ผิวผลเกลี้ยง เนื้อสีส้มอ่อนหรือสีชมพู เนื้อหนากรอบ และอ่อนนุ่ม มีน้ำหนักประมาณ 1.5 กิโลกรัมต่อผล เจริญเติบโตได้ดีแม้ในที่ที่มีอากาศค่อนข้างเย็น

พันธุ์ซันไรท์ ผลมีสีเหลืองอ่อน มีลายเป็นตาข่ายทั้งผล เนื้อในมีสีส้มอ่อนๆ เนื้อนุ่ม มีน้ำมาก มีกลิ่นหอม ปลูกง่าย เป็นแตงพันธุ์เบา ติดผลมาก แต่มีอายุสั้น

พันธุ์ซูก้าบอลล์ ผลมีผิวเรียบ สีครีมหรือเกือบขาว เนื้อหนา สีหยกเขียว หวานจัด รสชาติดี ขนาดของผลปานกลาง มีน้ำหนักประมาณ 800 กรัมต่อผล ทนทานต่อความร้อนได้ดี ลักษณะของต้นกะทัดรัด ปลูกระยะถี่ได้

พันธุ์มิลกี้เวย์ ผลมีสีเขียวโปร่งแสง ผลโตขึ้นเปลี่ยนเป็นสีขาวครีม เนื้อหนา กลิ่นหอมแรง มีปริมาณน้ำตาลสูง ผลใหญ่ น้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1 - 2 กิโลกรัมต่อผล มีลำต้นแข็งแรง ปลูกง่าย ผลดก

พันธุ์ซิลเวอร์ไลท์ มีผลทรงแป้น ผิวของผลสีขาวอมเขียว เนื้อสีเขียวอ่อน รสหวาน ผลมีน้ำหนักประมาณ 400 กรัมต่อผล เป็นแตงพันธุ์เบาที่มีลำต้นแข็งแรง ปรับเข้ากับสภาพอากาศที่ร้อนชื้นได้ดี

พันธุ์โกลเด้นบิวตี้ ลักษณะเนื้อในมีสีขาวขุ่น เนื้อนุ่ม กรอบ รสหวาน น้ำหนักประมาณ 400 กรัมต่อผล มีลำต้นแข็งแรง ผลดก

พันธุ์บิลเซพทูรี ผลมีลักษณะกลมยาว ผิวของผลสีเหลืองอมเขียวอ่อนๆ เมื่อสุกจะมีลายเป็นร่างแหลางๆ เนื้อหนา สีส้มอ่อนๆ เนื้อนุ่ม กรอบ รสชาติดี

พันธุ์สวอน ลักษณะของผลเกือบกลม ผิวของผลจะเรียบ มีสีขาว มีร่องตื้นๆ เนื้อสีขาว รสหวานอร่อย ให้ผลประมาณ 6 - 8 ผลต่อต้น

พันธุ์เมอริสนัมเบอร์ทู ผลสีเหลืองสดใส ผิวเรียบ เนื้อหนาปานกลางสีขาว และกรอบ

พันธุ์เรดควีน ลักษณะของผลเกือบกลม ผิวเรียบ เมื่อสุกมีสีเหลืองครีม เนื้อมีน้ำมาก รสหวานกลมกล่อม มีปริมาณน้ำตาลสูง มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 1 กิโลกรัมต่อผล

พันธุ์ซิลเวอร์สตาร์ ผลกลมและใหญ่ เปลือกค่อนข้างเรียบ มีลายน้อยหรืออาจไม่มีลายเลย ผิวของผลสีครีมหรือสีเกือบขาว เนื้อในมีสีเขียวอมขาว รสหวานจัด มีรสชาติดี มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 2 กิโลกรัมต่อผล

พันธุ์ซัน บิวตี้ ผลกลมสีขาวอมเหลือง ผิวมีร่องตื้นๆ สีเขียวอ่อน เนื้อหนาสีขาว มีน้ำมาก รสชาติดีมาก

พันธุ์เจด ผลมีทรงกลม ผิวของผลมีลักษณะเรียบ มีสีขาวอมเขียว เนื้อในหนาปานกลางสีเขียวอ่อน กรอบ รสหวาน มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 500 กรัมต่อผล

พันธุ์โกลเด้นไลท์ ลักษณะผลยาวป้อมสีเหลืองทอง เนื้อในสีขาว กรอบ มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณ 400 กรัมต่อผล

พันธุ์เดลิเกทส์ ผลลายเป็นร่างแห เนื้อหนา สีเขียว เนื้อนุ่ม รสหวานและมีกลิ่นหอม ปลูกได้ทั้งในเรือนกระจกและกลางแจ้ง

2. แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

แคนตาลูป (*Cucumis melo* L. var. *cantalupensis*) เป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมชื่นชอบของผู้บริโภค จึงมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ทำให้มีการปลูกกันอย่างแพร่หลาย แคนตาลูปมีรสชาติที่

หอมหวาน และเนื้อกรอบ จึงชวนให้รับประทานมากยิ่งขึ้น (วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 2559) อีกทั้งยังเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดสระแก้ว มีเนื้อหนาสีส้ม กรอบ มีกลิ่นหอม เปลือกนอกแข็ง ทนต่อโรคและแมลง สามารถขนส่งได้ระยะทางไกลโดยไม่เสียหาย (สำนักงานเกษตรจังหวัดสระแก้ว, 2557) นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณและประโยชน์ เช่น ช่วยลดความร้อน ช่วยดับกระหาย ช่วยขับเหงื่อ ช่วยขับปัสสาวะ ช่วยรักษาปัสสาวะอักเสบ แก้ไอ ช่วยรักษาดีซ่าน แก้เลือดกำเดาไหล ช่วยทำให้อาเจียน ช่วยบำรุงผิวพรรณ ช่วยบำรุงหัวใจ ช่วยบำรุงสมอง ช่วยบำรุงประสาท ช่วยบำรุงสายตา ช่วยบำรุงร่างกาย เป็นยาธาตุบำรุง ช่วยขับน้ำนม ช่วยรักษาผิวอักเสบ ช่วยรักษาเลือดออกตามไรฟัน ช่วยย่อยอาหาร ช่วยระบายท้อง แก้ท้องผูก แก้ท้องอืด แก้ท้องเฟ้อ ช่วยบำรุงกระดูก ช่วยบำรุงฟัน เป็นต้น (เว็บไทยฟู้ด, 2559) ด้วยคุณประโยชน์ที่กล่าวมานี้ ทำให้แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่ได้รับความนิยมในการบริโภค มักจะนำมาทำเป็นผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค (Fresh-cut Product) เพื่อบริการในร้านอาหาร โรงแรมต่างๆ รวมไปถึงรถเข็นผลไม้ แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องมีความปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากกระบวนการเตรียมด้วย ซึ่งในปัจจุบันผู้บริโภคต่างให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยของอาหาร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีการกำหนดมาตรฐานความปลอดภัยทางด้านอาหารมากขึ้น เช่น ผลผลิตที่จะนำมา Fresh-cut นั้น แปลงผลิตจะต้องได้รับมาตรฐาน GAP โรงงานผลิตจะต้องมีมาตรฐาน GMP, HACCP, ISO (วรภัทร และปิยะพงษ์, 2553)

3. การปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค (Good manufacturing practices for ready-to-eat fresh pre-cut fruits and vagetables) (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2556)

ข้อกำหนดของการปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค ให้เป็นไปตามต่อไปนี้

รายการ	ข้อกำหนด
1. สถานประกอบการ	
(1) ที่ตั้ง	1.1 ต้องอยู่ในบริเวณที่ไม่เสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากอันตรายที่ส่งผลกระทบกับความปลอดภัยของผู้บริโภค และห่างจากแหล่งที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อน เช่น บริเวณที่มีมลพิษจากแหล่งอุตสาหกรรม บริเวณที่น้ำท่วมถึงได้ บริเวณที่อาศัยของสัตว์พาหะนำโรค และบริเวณที่มีของเสียสะสมจนไม่สามารถขจัดออกได้
	1.2 หากตั้งอยู่ในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อน ต้องมีมาตรการป้องกันอันตรายที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสม
	1.3 กรณีที่เคยเกิดเหตุวิกฤตที่มีผลต่อที่ตั้งสถานประกอบการ เช่น อุ ทกภัย ต้องมีหลักฐานการทวนสอบระบบเพื่อยืนยันการแก้ไขระบบการผลิตให้เข้าสู่สภาวะปกติ
(2) อาคารผลิต	1.4 แยกบริเวณผลิตออกเป็นสัดส่วนไม่ปะปนกับที่อยู่อาศัย
	1.5 โครงสร้างภายในอาคาร และส่วนประกอบต้อง แข็งแรง ทนทาน ง่ายต่อการบำรุงรักษาและการทำความสะอาดหรือการฆ่าเชื้อ

รายการ	ข้อกำหนด
	1.6 พื้นของอาคารผลิตทำด้วยวัสดุทนทาน ทำความสะอาดได้ ง่ายต่อการบำรุงรักษา ไม่ลื่น ไม่ดูดซับน้ำ ไม่แตกร้าว อยู่ในสภาพดี และมีความลาดเอียงไปทางท่อระบายน้ำ เพื่อให้สามารถระบายน้ำได้ดี
	1.7 เพดานอยู่ในสภาพดี ไม่มีการสะสมของสิ่งสกปรกหรือหยดน้ำเกาะ
	1.8 ผนัง ประตู และหน้าต่างอาคารผลิตทำด้วยวัสดุที่ทำความสะอาดง่าย มีสีอ่อน ผิวเรียบ ไม่ดูดซับน้ำ อยู่ในสภาพดี
	1.9 มีระบบระบายน้ำและระบบกำจัดของเสียในบริเวณอาคารและส่วนผลิตที่มีประสิทธิภาพ และไม่เกิดการปนเปื้อนต่อผักและผลไม้สดที่ผ่านการตัดแต่งแล้วหรือระบบน้ำบริโภค
	1.10 แยกระบบน้ำบริโภคจากระบบน้ำใช้ประเภทอื่น และมีป้ายหรือเครื่องหมายแสดงให้ชัดเจน
	1.11 ไม่มีสิ่งของที่ไม่ใช้แล้วหรือไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตอยู่ในบริเวณผลิต
	1.12 มีพื้นที่เพียงพอสำหรับการติดตั้งเครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงาน
	1.13 ออกแบบและวางผังสายการผลิตให้เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงานอย่างถูกสุขลักษณะ สะดวกต่อการบำรุงรักษา การทำความสะอาด ป้องกันสัตว์เลี้ยง สัตว์พาหะนำเชื้อ และการปนเปื้อนข้าม
	1.14 แยกบริเวณผลิตผักและผลไม้สดที่ผ่าการล้างทำความสะอาดแล้วจากบริเวณรับวัตถุดิบที่ยังไม่ผ่านการล้างทำความสะอาด
(3) เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์การผลิต	1.15 เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมีจำนวนเพียงพอต่อการปฏิบัติงาน อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน ไม่ชำรุด และผลิตจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับผักและผลไม้สด รวมถึงไม่ก่อให้เกิดการปนเปื้อน
	1.16 เครื่องมือและอุปกรณ์ต้องมีผิวเรียบ ทนต่อการกัดกร่อน ทำความสะอาดและบำรุงรักษาได้ง่าย
	1.17 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการผลิต เช่น เครื่องจับเวลา เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องชั่งน้ำหนัก ต้องทำงานได้ถูกต้องและแม่นยำ และตรวจสอบให้ทำงานได้ถูกต้องอยู่เสมอ
	1.18 พื้นผิวของโต๊ะปฏิบัติงานที่สัมผัสกับผักและผลไม้สดที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว ผลิตจากวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับผักและผลไม้ สด สารทำความสะอาดและสารฆ่าเชื้อ มีผิวเรียบ ไม่ดูดซับน้ำ และทนทานต่อการกัดกร่อน
(4) สิ่งอำนวยความ	1.19 มีน้ำสะอาดและ/หรือน้ำบริโภคในปริมาณเพียงพอต่อการผลิตสะดวก
	1.20 มีทางระบายน้ำในบริเวณผลิตเพียงพอ และมีการจัดการระบายน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

รายการ	ข้อกำหนด
	1.21 มีอุปกรณ์ในการทำความสะอาดอย่างเพียงพอ และมีที่เก็บแยกเป็นสัดส่วนถูกสุขลักษณะ
	1.22 มีอ่างล้างมือ อุปกรณ์ในการล้างมือ สบู่หรือน้ำยาฆ่าเชื้อ และอุปกรณ์ทำให้มือแห้งอย่างถูกสุขลักษณะ
	1.23 ห้องสุขาอยู่ในสภาพใช้งานได้ สะอาด และมีจำนวนเพียงพอสำหรับผู้ปฏิบัติงาน
	1.24 ที่ตั้งห้องสุขาแยกจากบริเวณผลิต และไม่เปิดสู่บริเวณผลิตโดยตรง
	1.25 มีบริเวณที่เหมาะสมและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการเปลี่ยนเสื้อผ้าอย่างเพียงพอ
	1.26 มีสิ่งอำนวยความสะดวกในการควบคุมอุณหภูมิอย่างเพียงพอ
	1.27 มีการระบายอากาศภายในอาคารผลิตอย่างเหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน
	1.28 มีแสงสว่างภายในอาคารผลิตเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน
	1.29 มีฝาครอบหลอดไฟในบริเวณผลิต และเก็บรักษาผลิตภัณฑ์และภาชนะบรรจุ รวมถึงบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากเศษแก้ว เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอันตรายทางกายภาพ
	1.30 มีบริเวณที่เหมาะสมเป็นสัดส่วนพร้อมสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรักษาเครื่องมืออุปกรณ์ วัตถุดิบ วัตถุเจือปนอาหาร วัสดุ และสารเคมีอื่นๆ และแยกเก็บเป็นหมวดหมู่ เพื่อป้องกันการปนเปื้อน
2. การควบคุมการปฏิบัติงาน	
(1) การรับวัตถุดิบ	2.1 วัตถุดิบต้องมาจากแปลงที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชอาหาร หรือมาตรฐานการผลิตพืชอื่นที่เทียบเท่า หรือมีมาตรการในการรับวัตถุดิบที่มีคุณภาพและปลอดภัยตามข้อกำหนดของคู่ค้าหรือกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
	2.2 มีมาตรการควบคุมวัตถุดิบระหว่างการขนส่งเพื่อป้องกันการปนเปื้อนข้ามและการปนเปื้อนจากวัตถุอันตรายทางการเกษตรและตรวจสอบความสะอาดของพาหนะที่ใช้ขนส่งวัตถุดิบ
	2.3 ตรวจสอบวัตถุดิบ โดยคัดเลือกวัตถุดิบที่มีคุณภาพและความปลอดภัยตามเกณฑ์กำหนดที่เหมาะสมกับการผลิ ต พร้อมบันทึกผลการตรวจสอบและจัดหาวัตถุดิบ
	2.4 ควบคุมการปฏิบัติงานระหว่างการขนย้ายวัตถุดิบไม่ให้เกิดการปนเปื้อนและการเสื่อมสภาพ และเก็บรักษาอย่างถูกสุขลักษณะ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและเสื่อมสภาพ
(2) ภาชนะบรรจุ	2.5 ผลิตจากวัสดุที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

รายการ	ข้อกำหนด
	2.6 มีมาตรการควบคุมการรับ ตรวจสอบ และคัดแยกภาชนะบรรจุที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด เพื่อป้องกันการปนเปื้อนและอันตรายต่อผู้บริโภค รวมทั้งความเสียหายที่อาจเกิดกับผลิตผล
	2.7 เก็บรักษาภาชนะบรรจุในหีบห่อที่แห้งและสะอาด ป้องกันการปนเปื้อนจากฝุ่นละออง และสัตว์พาหะนำเชื้อได้
	2.8 มีบริเวณเก็บภาชนะบรรจุ โดยแยกเป็นสัดส่วน และถูกสุขลักษณะ
	2.9 มีมาตรการทำความสะอาด และตรวจความสะอาดของภาชนะบรรจุก่อนนำไปใช้
(3) น้ำ	2.10 ควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของน้ำล้างวัตถุดิบ น้ำล้างผักและผลไม้สดที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว ตามความถี่และเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมบันทึกผล
	2.11 ควบคุมและตรวจสอบคุณภาพและอุณหภูมิน้ำในระบบให้ความเย็นตามความถี่และเกณฑ์ที่กำหนด พร้อมบันทึกผล
	2.12 น้ำที่ใช้สัมผัสกับผักและผลไม้สดโดยตรงในกระบวนการผลิตต้องเป็นน้ำบริโภค
(4) การควบคุมกระบวนการผลิตในขั้นตอนที่สำคัญ - การเตรียมวัตถุดิบ	2.13 มีมาตรการคัดแยกสิ่งที่ไม่เหมาะสม และ/หรือกำจัดสิ่งแปลกปลอม และตัดแต่งวัตถุดิบส่วนที่เสียหายและเน่าเสียออกก่อนนำไปผลิต
- การล้างเบื้องต้นและการลดปริมาณจุลินทรีย์	2.14 มีมาตรการล้างทำความสะอาดวัตถุดิบเบื้องต้นด้วยน้ำสะอาด เพื่อลดสิ่งสกปรก เช่น เศษดิน เศษทราย
	2.15 หากจำเป็นต้องใช้สารฆ่าเชื้อ และ/หรือสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อลดการปนเปื้อนข้ามในระหว่างการล้าง ต้องใช้อย่างถูกสุขลักษณะ รวมทั้งมีการควบคุมและตรวจสอบชนิด ปริมาณการใช้ และความเข้มข้นของสารที่ใช้ เพื่อให้มั่นใจในประสิทธิภาพ และล้างซ้ำ เพื่อลดปริมาณสารตกค้างที่อาจเหลืออยู่ ตามความจำเป็นและความเหมาะสม พร้อมบันทึกผล ทั้งนี้ปริมาณสารตกค้างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
	2.16 กรณีที่จำเป็น อาจต้องควบคุมและตรวจสอบอุณหภูมิน้ำล้างวัตถุดิบ
	2.17 หากมีการใช้น้ำแข็งสัมผัสกับผักและผลไม้สดในกระบวนการผลิต น้ำแข็งต้องมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด มีการผลิต และเก็บรักษาที่ถูกสุขลักษณะ สามารถป้องกันการปนเปื้อนได้
-การลดอุณหภูมิ	2.18 กรณีลดอุณหภูมิของผักและผลไม้สดโดยทำให้เย็นแบบสุญญากาศ (vacuum cooling) หรือลมเย็น (room cooling) ต้องควบคุมอุณหภูมิ

รายการ	ข้อกำหนด
	และสภาวะที่เกี่ยวข้องเพื่อไม่ให้เกิดการควบแน่นของหยดน้ำตกลงบนผักและผลไม้สดและมีการรักษาความสะอาดภายในห้องลดอุณหภูมิ อย่างสม่ำเสมอ พร้อมบันทึกผล
	2.19 กรณีลดอุณหภูมิของผัก และผลไม้สดโดยใช้น้ำเย็น(hydro cooling) หรือน้ำแข็ง (ice cooling) ต้องใช้น้ำบริโภคเพื่อการทำความเย็น และมีมาตรการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอ พร้อมบันทึกผล
	2.20 กรณีลดอุณหภูมิของผักและผลไม้สดโดยการบังคับ ลมเย็ น (forced-air cooling) ให้ไหลผ่านผักและผลไม้สด ต้องออกแบบและดูแลรักษาระบบลมเย็น (air cooling systems) เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน พร้อมบันทึกผล
- การเก็บรักษาในห้องเย็น เพื่อรอการตัดแต่ง	2.21 ถ้ามีการเก็บผักและผลไม้สดที่ลดอุณหภูมิแล้ว ให้เก็บในห้องเย็นที่สะอาดถูกสุขลักษณะและมีการควบคุมสภาวะการจัดเก็บให้เหมาะสมกับชนิดของผักและผลไม้ และตรวจสอบอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ
	2.22 มีมาตรการควบคุมไม่ให้มีหยดน้ำจากการควบแน่นตกสู่ผักและผลไม้สดที่ลดอุณหภูมิแล้วที่เก็บภายในห้องเย็น
- การตัดแต่ง	2.23 มีมาตรการควบคุมกระบวนการตัดแต่งอย่างถูกสุขลักษณะ
	2.24 มีเอกสารขั้นตอนการปฏิบัติงานสำหรับกระบวนการตัดแต่ง เช่น การหั่นเป็นชิ้น หั่นเป็นแว่น ซอย เพื่อลดการปนเปื้อนจากอันตราย
-การล้างหลังตัดแต่ง	2.25 มีการควบคุมคุณภาพ ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำ และความถี่ของการเปลี่ยนน้ำล้างในแต่ละขั้นตอน ตามข้อกำหนด เพื่อลดการสะสมของสิ่งสกปรกและการปนเปื้อนข้าม
	2.26 ถ้าใช้สารฆ่าเชื้อและ/หรือสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เพื่อลดการปนเปื้อนข้ามในระหว่างการล้าง ต้องใช้อย่างถูกสุขลักษณะ และมีการควบคุมและตรวจสอบชนิด ปริมาณการใช้ ความเข้มข้นของสารต้านจุลินทรีย์ที่ใช้เพื่อให้มั่นใจในประสิ ทธิภาพและล้างซ้ำเพื่อลดปริมาณสารตกค้างที่อาจเหลืออยู่ ตามความจำเป็นและความเหมาะสม พร้อมบันทึกผล ทั้งนี้ปริมาณสารตกค้างต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
	2.27 ถ้ามีการใช้สารยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลหรือการอ่อนตัวของผักและผลไม้สดตัดแต่ง หรือใช้วัตถุเจือปนอาหารอื่นๆ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายที่เกี่ยวข้อง พร้อมบันทึกผล
	2.28 ทำให้ผักและผลไม้สดตัดแต่งสะเด็ดน้ำหลังการล้าง เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

รายการ	ข้อกำหนด
-การบรรจุ	2.29 มีมาตรการควบคุมการบรรจุผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างถูกสุขลักษณะ
	2.30 มีเอกสารวิธีปฏิบัติงานสำหรับการบรรจุ เพื่อลดการปนเปื้อนจากอันตราย
- การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ	2.31 เก็บผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคก่อนการขนส่งที่อุณหภูมิต่ำเพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
	2.32 มีมาตรการควบคุมอุณหภูมิและสภาวะการจัดเก็บให้เหมาะสมกับชนิดของผักและผลไม้
	2.33 ต้องควบคุมระบบเครื่องทำความเย็นไม่ให้เกิดการควบแน่นของหยดน้ำตกลงบนผักและผลไม้สดที่ผ่านการตัดแต่งแล้ว
	2.34 สุ่มตรวจสอบคุณภาพผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคตามเกณฑ์กำหนดและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง
(5) การจัดการและการกำกับดูแล	2.35 ผู้ควบคุมการปฏิบัติงานต้องมีความสามารถเพียงพอในการปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง
	2.36 มีเอกสารขั้นตอนการดำเนินงานที่ถูกต้องสำหรับการปฏิบัติงานและการตรวจเฝ้าระวัง
(6) การเรียกคืนผลิตภัณฑ์	2.37 มีการบ่งหรือระบบรุ่นการผลิต เมื่อผลิตภัณฑ์มีปัญหาไม่ปลอดภัย สามารถเรียกคืนผลิตภัณฑ์และตามสอบได้
3. การบำรุงรักษาและการขาภิบาล	
(1) แผนการบำรุงรักษาและการสุขาภิบาล	3.1 มีแผนการบำรุงรักษา การสุขาภิบาล และการตรวจสอบประสิทธิภาพที่ระบุบริเวณ รายการของเครื่องจักร เครื่องมือ/อุปกรณ์ วิธีการ ความถี่ และผู้รับผิดชอบ ดังนี้ (1) การบำรุงรักษาและการซ่อมบำรุง อาคารผลิต เครื่องมือ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการผลิต (2) การทำความสะอาดอาคารผลิต เครื่องจักร เครื่องมือ และอุปกรณ์ และการฆ่าเชื้อ (3) การป้องกันและกำจัดสัตว์พาหะนำเชื้อ (4) การจัดการของเสีย
(2) การบำรุงรักษา	3.2 มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาสถานประกอบการ เครื่องจักร เครื่องมือ เครื่องลดอุณหภูมิ และอุปกรณ์ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน และบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานตามแผนบำรุงรักษาที่กำหนด
	3.3 มีการสอบเทียบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีผลต่อความปลอดภัยอาหารในกระบวนการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง และการ

รายการ	ข้อกำหนด
	ทวนสอบอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง และเก็บบันทึกผลการสอบเทียบไว้เป็นหลักฐาน
3) การทำความสะอาด	3.4 ทำความสะอาดอาคารผลิต และบริเวณผลิตตามแผนที่กำหนด และบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานตามแผนการทำความสะอาดที่กำหนด
	3.5 ทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ ในการผลิตที่สัมผัสกับวัตถุดิบและผักและผลไม้สดที่ผ่านการตัดแต่งแล้วตามแผนที่กำหนด ทั้งก่อนและหลังปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันการปนเปื้อน และมีการตรวจสอบประสิ ทธิภาพของการทำความสะอาด และบันทึกข้อมูลการปฏิบัติงานตามแผนการทำความสะอาดที่กำหนด
	3.6 เก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วอย่างเหมาะสมในบริเวณที่แยกเป็นสัดส่วนและถูกสุขลักษณะ
	3.7 หากใช้สารล้างทำความสะอาด และสารฆ่าเชื้อ ต้องใช้ชนิดและปริมาณอย่างถูกต้องตามคำแนะนำบนฉลาก กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และมีมาตรการควบคุมการใช้ให้เป็นไปตามข้อกำหนด
	3.8 เก็บรักษาสารล้างทำความสะอาด และสารฆ่าเชื้ออย่างถูกสุขลักษณะในสถานที่เก็บที่เป็นสัดส่วน และมีป้ายชื่อระบุชนิดและสถานะอย่างชัดเจน
4) การควบคุมสัตว์พาหะนำเชื้อ	3.9 มีมาตรการป้องกันและกำจัดสัตว์พาหะนำเชื้อและสัตว์เลี้ยงในสถานประกอบการและในบริเวณผลิต
	3.10 ตรวจสอบร่องรอยการเข้าอยู่อาศัยของสัตว์พาหะนำเชื้อในสถานประกอบการและบริเวณโดยรอบ
	3.11 ตรวจสอบการปฏิบัติงานตามแผนป้องกันและกำจัดสัตว์พาหะนำเชื้อ
	3.12 ใช้สารเคมีในการกำจัดสัตว์พาหะนำเชื้อตามคำแนะนำบนฉลาก กฎระเบียบที่เกี่ยวข้อง และมีมาตรการควบคุมการใช้ให้เป็นไปตามข้อกำหนด และบันทึกข้อมูลไว้
	3.13 ไม่มีสัตว์เลี้ยงในอาคารผลิต
(5) การจัดการกับของเสีย	3.14 มีวิธีการแยกชนิดของภาชนะใส่ ของเสียจากการผลิตและภาชนะใส่ผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค
	3.15 มีวิธีการจัดกำจัด ขนย้ายขยะและของเสียที่เหลือจากกระบวนการผลิตอย่างเหมาะสม
4. สุขลักษณะส่วนบุคคล	
	4.1 มีข้อกำหนดเกี่ยวกับสุขลักษณะส่วนบุคคลสำหรับผู้ปฏิบัติงานและบุคคลภายนอกที่เข้าไปในบริเวณผลิต และมีแผนการตรวจสอบสุขลักษณะส่วนบุคคล รวมทั้งบันทึกผลการปฏิบัติงานตามแผน

รายการ	ข้อกำหนด
	4.2 ผู้ปฏิบัติงานต้องปฏิบัติงานอย่างถูกสุขลักษณะ เช่น ล้างมือให้สะอาดก่อนเริ่มปฏิบัติงาน หลังจากการใช้ห้องสุขา หรือหลังจากจับต้องวัตถุดิบ/สารเคมี/วัสดุที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน รวมถึงดูแลมือและเล็บให้สะอาดอยู่เสมอ
	4.3 ผู้ปฏิบัติงานที่สัมผัสกับผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคต้องมีสุขภาพดี ไม่เป็นโรคทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร หรือเป็นพาหะของโรคติดต่อ โรคผิวหนัง และไม่มีบาดแผล ที่อาจก่อให้เกิดการปนเปื้อน
	4.4 ผู้ปฏิบัติงานสวมเสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย ถุงมือ ผ้าปิดปากหรือหมวกคลุมผมที่สะอาดและเหมาะสมกับการปฏิบัติงาน ตามความจำเป็น
	4.5 ผู้ปฏิบัติงานในบริเวณผลิตไม่สวมเครื่องประดับขณะปฏิบัติงาน
	4.6 มีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนอันตรายจากแก้ว พลาสติกแข็ง และการปนเปื้อนจากรองเท้าก่อนเข้าสู่บริเวณผลิต โดยเฉพาะบริเวณผลิตที่ต้องการความสะอาดสูง (high care area) เช่น การบรรจุผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย
	4.7 ตรวจสอบการปฏิบัติงานตามแผนการตรวจสอบสุขลักษณะส่วนบุคคลที่กำหนดสำหรับผู้ปฏิบัติงานในบริเวณผลิตที่สัมผัสกับผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค และบุคคลภายนอกที่เข้าไปในบริเวณผลิต
	4.8 ไม่บริโภคอาหารหรือสูบบุหรี่ในขณะปฏิบัติงาน หรือมีพฤติกรรมขณะปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสมอื่นๆ ที่อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนสู่ผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค
5. การขนส่ง	
	5.1 มีมาตรการป้องกันการปนเปื้อนและการเสื่อมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ระหว่างการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ
	5.2 พาหนะขนส่งต้องใช้สำหรับการขนส่งอาหารเท่านั้น กรณีจำเป็นต้องขนส่งผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภคร่วมกับอาหารชนิดอื่นหรือสินค้าที่มิใช่อาหาร ต้องมีวิธีแยกประเภทสินค้าให้ชัดเจน และมีการบันทึกข้อมูลไว้
	5.3 หากใช้พาหนะหรือตู้ขนส่งสินค้าเดียวกันสำหรับการขนส่งอาหารต่างชนิดหรือขนส่งสินค้าที่มิใช่อาหาร ต้องทำความสะอาดหลังการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพ กรณีจำเป็นอาจมีการฆ่าเชื้อด้วย และมีการบันทึกการใช้พาหนะขนส่งและการฆ่าเชื้อไว้ด้วย
	5.4 ต้องควบคุมอุณหภูมิผักและผลไม้สดตัดแต่ง หรือสภาวะที่จำเป็นในระหว่างการขนส่งอย่างเหมาะสม และมีการบันทึกข้อมูลไว้

รายการ	ข้อกำหนด
	5.5 พาหนะขนส่งต้องสะอาด สามารถฆ่าเชื้อได้ ในกรณีที่จำเป็นอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน มีประสิทธิภาพในการป้องกันการปนเปื้อน และรักษาคุณภาพสินค้า ตั้งแต่ต้นทางจนถึงปลายทางได้
6. ฉลากผลิตภัณฑ์	
	6.1 ระบุข้อมูลบนฉลากอย่างถูกต้องตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องและข้อกำหนดของคู่ค้า
7. การฝึกอบรม	
(1) ผู้ปฏิบัติงาน	7.1 ผู้ปฏิบัติงานต้องได้รับการอบรมอย่างน้อยดังต่อไปนี้ (1) ด้านการปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค (2) ด้านสุขลักษณะอาหารที่จำเป็นสำหรับการปฏิบัติงาน (3) หัวข้อเฉพาะเกี่ยวกับระบบการบรรจุสำหรับผักและผลไม้สดตัดแต่ง ความสำคัญของการควบคุมอุณหภูมิระหว่างการผลิตและเก็บรักษา รวมทั้งความเสี่ยงในการเกิดการปนเปื้อนหรือการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ระหว่างการบรรจุ
(2) การทบทวน	7.2 มีการทบทวนหรือฝึกอบรมเพื่อฟื้นฟู และเพิ่มเติมความรู้ด้านการผลิตและสุขลักษณะอาหาร และปรับให้ทันสมัยอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
8. ระบบเอกสารและบันทึกข้อมูล	
	8.1 ผู้ผลิตต้องบันทึกข้อมูลสำคัญของกระบวนการผลิต เช่น ชนิดและปริมาณการผลิต รูปแบบและเกณฑ์กำหนดของผลิตภัณฑ์ การควบคุมกระบวนการผลิต การจำหน่าย เพื่อให้ตรวจประเมินและตามสอบได้ และใช้เป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงระบบการผลิต ได้แก่ (1) บันทึกผู้จัดหาวัตถุดิบ (ข้อกำหนด 2.1.3) (2) บันทึกการควบคุมกระบวนการผลิต (ข้อกำหนด 2.4.2 ถึง 2.4.8, 2.5.2 และ 2.6) (3) บันทึกคุณภาพน้ำที่ใช้และผลการวิเคราะห์น้ำบริโภค (ข้อกำหนด 2.3.1 และ 2.3.2) (4) บันทึกการตรวจสอบ และบำรุงรักษา (ข้อกำหนด 3.2.1) (5) บันทึกการสอบเทียบเครื่องมือ (ข้อกำหนด 3.2.2) (6) บันทึกการสุขาภิบาล (7) บันทึกการควบคุมสัตว์พาหะนำเชื้อ (ข้อกำหนด 3.4.4) (8) บันทึกการควบคุมสุขลักษณะส่วนบุคคล (ข้อกำหนด 4.1) (9) บันทึกประวัติการฝึกอบรม (ข้อกำหนด 7.2) (10) บันทึกการกระจายสินค้า (ข้อกำหนด 5.2, 5.3 และ 5.4)

รายการ	ข้อกำหนด
	8.2 เก็บรักษาบันทึกไว้อย่างน้อย 2 ปี หรือตามที่คู่ค้าหรือหน่วยรับรองกำหนด

4. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแคนตาลูป

สำหรับเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคในประเทศไทยยังไม่มีการระบุที่ชัดเจน แต่มีเกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของของผักและผลไม้ตัดแต่งที่กำหนดโดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข จากประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ เรื่อง เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะสัมผัสอาหาร ฉบับที่ 3 ลงวันมี่ 11 มกราคม พ.ศ. 2560 ข้อที่ 2.1.1 ผักและผลไม้ตัดแต่ง สลัดผัก เช่น ผักและผลไม้ตัดแต่งที่บรรจุในถาดหรือถุงพลาสติก เป็นต้น

จำนวนจุลินทรีย์ CFU/กรัม	น้อยกว่า 1×10^6
จำนวนยีสต์ CFU/กรัม	น้อยกว่า 1,000
จำนวนรา CFU/กรัม	น้อยกว่า 500
Escherichia coli MPN/กรัม	น้อยกว่า 100
Staphylococcus aureus CFU/กรัม	น้อยกว่า 100
Salmonella sp. /25 กรัม	ไม่พบ
Listeria monocytogenes /25 กรัม	ไม่พบ

5. เชื้อ *Escherichia coli*

Escherichia coli หรือ *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) จัดอยู่ในวงศ์ Enterobacteriaceae มีรูปร่างเป็นแท่ง (rod shape) ขนาด 1.1-1.5 × 2.0-6.0 ไมโครเมตร การจัดเรียงตัวอาจอยู่แบบเซลล์เดี่ยวหรืออยู่เป็นคู่ สามารถสร้างแคปซูลและสารพิษ เคลื่อนที่โดยใช้แฟลเจลลา เจริญได้ทั้งที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียส แต่ไม่เจริญที่ 45 องศาเซลเซียส โคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อ L-EMB มีลักษณะสีน้ำตาลอมแดงและวาวต่อแสง (metallic sheen) ส่วนใหญ่ไม่ก่อโรคในคน มีเพียงยางสายพันธุ์เท่านั้นที่ก่อโรค จึงถือว่า *E. coli* เป็นแบคทีเรียประจำถิ่นในลำไส้คนและสัตว์เลือดอุ่น โดยปกติแล้ว *E. coli* มักเอื้อประโยชน์ต่อร่างกายเพราะสามารถสร้างวิตามินเค และป้องกันไม่ให้แบคทีเรียก่อโรคชนิดอื่นเจริญอยู่ภายในลำไส้ นอกจากอาศัยอยู่ในลำไส้ของคนและสัตว์เลือดอุ่นแล้ว *E. coli* ยังมีชีวิตอยู่ภายนอกร่างกายได้นาน

E. coli สามารถจำแนกออกตามความรุนแรงของการก่อโรค ลักษณะนิสัยในการเจริญ และลักษณะทางพันธุกรรม ออกเป็น 5 กลุ่ม (กสิกร, 2554) ดังนี้

1) กลุ่มที่ทำลายเซลล์ในระบบทางเดินอาหาร ((Enteroinvasive *E. coli*: EIEC)

สายพันธุ์นี้ไม้สร้างเอนเทอโรทอกซิน แต่ทำลายเซลล์ของโฮสต์ แบคทีเรียเจาะเข้าไปทางเซลล์ชั้นนอกของโฮสต์ (Epithelial cell) แล้วกระจายไปยังเซลล์ใกล้เคียงคล้ายกับพฤติกรรมของเชื้อบิด แบคทีเรียในกลุ่มนี้ชอบอยู่ในลำไส้ทำให้เกิดโรคท้องร่วงทั้งแบบที่ถ่ายมีเลือดปนและไม่มีเลือดปน เกิดกับเด็กอ่อนและคนชรา แบคทีเรียใช้ระยะเวลาฟักตัวนาน 2-48 ชั่วโมง (เฉลี่ย 18 ชั่วโมง)

2) กลุ่มที่สร้างสารพิษขึ้นในทางเดินอาหาร (Enterotoxigenic *E. coli*: ETEC) สายพันธุ์นี้สร้างเอนเทอโรทอกซิน 2 แบบ คือ

2.1 แบบที่ทนความร้อน (Heat stable toxins : ST) จำแนกออกเป็น 2 ชนิด มีชื่อย่อว่า ST_A หรือ ST-I และ ST_B หรือ ST-II มีคุณสมบัติคล้ายสารพิษของเชื้อชิเจลลา

2.2 แบบที่ไม่ทนความร้อน (Heat-labile toxins : LT) จำแนกออกเป็น 2 ชนิด คือ LT_A และ LT_B มีคุณสมบัติคล้ายสารพิษของเชื้อหิวาต์ โรคอาหารเป็นพิษจาก ETEC เริ่มจากการบริโภคอาหารที่มีแบคทีเรียมีชีวิตประมาณ 10^6 - 10^{10} CFU/g เข้าไป แบคทีเรียสามารถเพิ่มจำนวนในลำไส้เล็ก พร้อมกับขับสารพิษออกมาทำให้ผู้บริโภคเกิดอาการท้องร่วง ถ่ายอุจจาระเหลวเป็นน้ำคล้ายกับได้รับเชื้อหิวาต์ แต่อาการรุนแรงน้อยกว่า

3) กลุ่มที่ให้เกิดโรคในทางเดินอาหาร (Enteropathogenic *E. coli*: EPEC)

สายพันธ์นี้แม้ว่าจะทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ แต่ไม่ได้เป็นผลมาจากเอนเทอโรทอกซิน จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรียทำให้เกิดโรคโดยกลไลการเกาะติดเฉพาะที่เซลล์ของเนื้อเยื่อ เป็นผลให้เกิดการรวมตัวกับเยื่อเมือกในลำไส้โดยอัตโนมัติ จากนั้นแบคทีเรียจะเข้าไปเจริญและเพิ่มจำนวนในเยื่อเมือกของลำไส้ และขับโปรตีนออกมายับยั้งการทำงานของเม็ดเลือดขาว โดยทั่วไป EPEC ทำให้ทารกที่มีอายุต่ำกว่า 1 ขวบ เกิดอาการท้องร่วง

4) กลุ่มที่ให้เกิดเลือดออกในทางเดินอาหาร (Enterohaemorrhagic *E. coli*: EHEC)

สายพันธุ์นี้สร้างสารพิษที่มีคุณสมบัติคล้ายกับสรพิษของชิเจลลา (Shiga like toxins) เป็นสารพิษประเภทเวอโรทอกซิน หรือเวอโรไซโตทอกซิน (Verotoxin, Verocytotoxin) คือสารพิษที่ฆ่าเซลล์เวอโร (Vero cells) ในห้องทดลองได้เซลล์เวิโรจากไตของลิงเขียวแอฟริกันชนิดหนึ่ง จากการศึกษาสารพิษของ EHEC มี 2 แบบ คือ STL-I หรือ VT-I และ SLT-II หรือ VT-II สารพิษทั้งสองชนิดนี้ต่างกันที่องค์ประกอบทางเคมี ทำให้ปฏิกิริยาตอบสนองต่อลักษณะทางพันธุกรรมต่างกัน

5) กลุ่มที่ทำให้เกิดการรวมตัวของเยื่อบุเซลล์ลำไส้ (Enteroaggregative *E. coli*: EAggEC)

สำหรับ EAggEC เป็นสายพันธุ์ที่เพิ่งค้นพบใหม่ยังไม่ปรากฏความรุนแรง

6. ทฤษฎีกฎ 5 วินาที (The five-second rule)

ความเชื่อของกฎ 5 วินาที ระบุไว้ว่าอาหารที่หล่นลงพื้นในเวลาไม่ถึง 5 วินาที มีความปลอดภัย เพราะแบคทีเรียต้องใช้เวลาในการเคลื่อนที่มาสัมผัสกับผิวอาหารที่หล่นลงพื้น ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรค (CDC) ได้ประมาณการณ์ว่าในแต่ละปีมีมากกว่า 9 ล้านครั้ง มีผู้ป่วยที่มีสาเหตุเกิดจากอาหารเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมากกว่า 55,000 ราย และเสียชีวิตอย่างน้อย 1,351 ราย

ซึ่งเป็นผลมาจากอาหารที่บริโภค นอกจากนี้ศูนย์ควบคุมและป้องกันโรคยังเผยรายงานสรุปข้อมูลเกี่ยวกับการเฝ้าระวังการระบาดของโรคในประเทศสหรัฐอเมริกาว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบาดของโรคในอาหารมากกว่า 30 ปัจจัย แต่สามารถแบ่งปัจจัยดังกล่าวออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การปนเปื้อน การแพร่กระจาย และการอยู่รอดของเชื้อโรคที่ติดเชื้อจากอาหาร และยังแสดงถึงความเชื่อโยงของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของเชื้อมาจากพื้นผิว พบว่าในปี 2541-2559 พบจำนวนผู้ป่วยที่เป็นโรคเกิดจากอาหารโดยมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนจากพื้นผิวสู่อาหารคิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์ (Robyn C. Miranda และ Donald W. Schafiner, 2559)

นอกจากนี้จากข้อมูลงานวิจัยหลายชิ้นพบว่าการตกของอาหารลงพื้นเพียงไม่กี่วินาที แม้จะเป็นความเสี่ยงที่ต่ำ ที่อาจจะมีเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายปนเปื้อนลงในอาหารนั้นได้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อโรคจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายจากพื้นสู่อาหารได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพผิวของพื้น ประเภทของอาหาร ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ระยะเวลาที่อาหารอยู่บนพื้น และจำนวนซ้ำ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการเก็บอาหารที่ตกลงพื้นนั้น ย่อมมีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคได้ (Dawson et al. 2007; Miranda and Schaffner 2016)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อย่างไรก็ตามภายหลังกระบวนการตัดแต่ง แคนตาลูปก็ยังคงมีการหายใจและการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีเกิดขึ้นภายในเซลล์ตลอดเวลา กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ (2558) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่บรรจุในถาดโฟมและปิดผนึกด้วยฟิล์ม PVC (Polyvinylchloride) ระหว่างการเก็บรักษาในที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นที่ 84 ± 2 % พบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ไม่ว่าเป็นความแน่นเนื้อ (Firmness) การสูญเสียน้ำหนัก (%) การรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte leakage) และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count)

กระบวนการปอกเปลือก ผ่าซีก และหั่นเป็นชิ้นของผลไม้ตัดแต่ง จะทำให้เกิดรอยตัดที่มีเซลล์บางส่วนถูกทำลาย เซลล์พืชจะตอบสนองโดยเร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของสารชีวโมเลกุลต่างๆ สารประกอบบางชนิดอาจทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนในอากาศ น้ำตาลและกรดอะมิโนจะเป็นอาหารให้จุลินทรีย์ต่างๆ เจริญได้รวดเร็วขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติผิดปกติได้ นอกจากนี้แล้วกระบวนการปอกเปลือก ผ่าซีก และหั่นเป็นชิ้นของผลไม้ตัดแต่ง หากเตรียมโดยไม่ถูกสุขลักษณะก็จะเป็นสาเหตุการปนเปื้อนจุลินทรีย์ได้อีกด้วย โดยจุลินทรีย์ที่พบการปนเปื้อนในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ได้แก่ *Salmonella*, *Shigella*, *E. coli*, *L. monocytogenes* และ *S. aureus* เป็นต้น (Ukuku et al., 2016)

นพมาศ สะพู และคณะ (2556) ศึกษาคุณภาพจุลชีววิทยาของผลไม้สดหั่นชิ้นจากร้านหาบเร่แผงลอยที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร พบว่าจากการเก็บตัวอย่างแคนตาลูปจากรถเข็นและร้านค้าแผงลอย 5 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนของจำนวนยีสต์ทั้งหมดเท่ากับ $3.6x10^3$-$1.1x10^5$ เซลล์ต่อกรัม

แคนตาลูป จำนวนราทั้งหมดเท่ากับ 1.0x10-5.8x10^2 เซลล์ต่อกรัมแคนตาลูป จำนวนเชื้อ *E. coli* เท่ากับ น้อยกว่า 3 – 3.6 MPNต่อกรัมแคนตาลูป และพบ *S. aureus* ใน 1 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 5 ตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบความปลอดภัยด้านจุลินทรีย์กับเกณฑ์ตามประกาศกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่าแคนตาลูปจากรถเข็นและร้านค้าแผงลอยผ่านเกณฑ์ 2 ตัวอย่าง คิดเป็น 40 เปอร์เซ็นต์

Salmonella เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ มีแฟลกเจลลา (flagella) รอบๆ ตัวเซลล์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน (facultative anaerobe) สามารถเจริญได้ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 8 - 45 องศาเซลเซียส พีเอชตั้งแต่ 4 - 9 และวอเตอร์แอคติวิตี้ (a_w) มากกว่า 0.94 (Silva and Gibbs, 2012) เชื้อ *Salmonella* จัดอยู่ในกลุ่ม Enterobacteriaceae เชื้อกลุ่มนี้สามารถสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้เป็นจำนวนมากในอาหารเลี้ยงเชื้อ Triple Sugar Iron (TSI) ยกเว้นสายพันธุ์ *Sal.* Paratyphi A และ *Sal.* Choleraesuis ที่ไม่มีสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ ปัจจุบันสามารถจัดจำแนกได้ 2 สปีชีส์ คือ *Sal.* Enterica ประกอบด้วย 6 ซับสปีชีส์ ได้แก่ *Sal. enterica* subsp. *enterica, Sal. enterica* subsp. *salamae, Sal. enterica* subsp. *arizonae, Sal. enterica* subsp. *diarizonae, Sal. enterica* subsp. *houtenae* และ *Sal. enterica* subsp. *indica* และสุดท้ายคือ *Sal. bongori* (Popoff *et al.*, 2000) โดยพบว่าสามารถแยกย่อยได้ประมาณ 2,463 ซีโรวาร์ (serovars) (Brenner *et al.*, 2000) โดยอาศัยสมบัติของแอนติเจนทั้ง O และ H แอนติเจนของ *Salmonella* ตามวิธีการของ Kuffmann and White (Popoff *et al.*, 2000) *Salmonella* มักพบในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น เนื้อสัตว์ ไข่ไก่ เนย ไอศกรีม ผัก และผลไม้บางชนิด สาเหตุของการปนเปื้อนจะเกิดจากสัตว์มาสู่คน หรืออาจเกิดจากการใช้น้ำสกปรกการเกษตรหรือใช้ล้างอาหารสด อาการของอาหารเป็นพิษจาก *Salmonella* เช่น ถ่ายเป็นน้ำ อาเจียน ปวดท้องและมีไข้ ทำให้เกิดไข้ไทฟอยด์ เป็นต้น

Staphylococcus aureus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก จัดอยู่ในวงศ์ Staphylococcaceae มีลักษณะกลม เรียงตัวเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น อาจพบเป็นเดี่ยว คู่ หรือเป็นสายสั้นๆ ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ สร้างเอนไซม์คะตะเลส ลักษณะโคโลนีกลม ขอบเรียบ มีสีครีม สีเหลือง สีทอง หรือส้ม สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน และในสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิ 6-46 องศาเซลเซียส พีเอชตั้งแต่ 4-10 และค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ในช่วง 0.85-0.99 สามารถทนเกลือในช่วง 18-20 เปอร์เซ็นต์ *S. aureus* สามารถพบได้ทั่วไปในคนและสัตว์ ไม่ว่าจะเป็นระบบทางเดินหายใจ ระบบทางเดินอาหาร และผิวหนัง (Hanson *et al.*, 2011) ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นดัชนีตัวหนึ่งในการบ่งชี้คุณภาพอาหารทางด้านสุขาภิบาล เชื้อ *S. aureus* บางสายพันธุ์สามารถผลิตสารพิษ (staphylococcal enterotoxins; SEs) ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ A, B, C1, C2, C3, D, E และ H แต่ส่วนใหญ่มักพบการปนเปื้อนชนิด A และ D บ่อยที่สุด สารพิษนี้มีความสามารถทนต่อความร้อน ซึ่งพบว่าสามารถทนต่อการต้มเดือดนานครึ่งชั่วโมง และทนต่อความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส นาน

15 นาที หากปนเปื้อนในอาหารน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน เป็นตะคริวในช่องท้อง และอ่อนเพลีย บางรายอาจมีอาการปวดศีรษะ เป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อ รวมทั้งทำให้ชีพจรเต้นผิดปกติ ซึ่งโดยทั่วไปอาการจะดีขึ้นภายใน 2-3 วัน แต่หากได้รับประทานอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* เข้าไป ประมาณ 1-6 ชั่วโมง ผู้ป่วยจะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง และ ท้องเดิน ส่วนมากไม่มีไข้ ในรายรุนแรงอาจช็อคได้ แต่ส่วนใหญ่อาการจะดีขึ้นใน 8-24 ชั่วโมง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพร่างกายของแต่ละบุคคล และปริมาณสารพิษที่ได้รับ ดังนั้นอาหารที่มีการปนเปื้อนเชื้อ *S. aureus* จึงไม่ปลอดภัย

Robyn C. Miranda และ Donald W. Schafiner (2559) ศึกษาการปนเปื้อนของแบคทีเรียจากพื้นผิวสู่อาหาร ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเกิดโรคจากอาหาร ในอัตราการปนเปื้อนของเชื้อ *Enterobacter aerogenes* ได้วิเคราะห์บนพื้นผิว โดยขึ้นอยู่กับประเภทพื้นผิว, ชนิดของอาหาร, ระยะเวลาการยึดติด (1, 5, 30 และ 300 วินาที) และแหล่งกำเนิดเชื้อ (tryptic soy broth or peptone buffer) พื้นผิวที่ใช้ได้แก่ สเตนเลส กระเบื้อง ไม้ และ พรม ส่วนประเภทของอาหารได้แก่ แตงโม ขนมปัง ขนมปังเนย และ ลูกอมเยลลี่ โดยการ spot เชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ความเข้มข้นประมาณ 10^{7} CFU / พื้นผิว ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงบนพื้นผิวที่มีขนาด 25 ตารางเซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้งเป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำตัวอย่างอาหาร (มีพื้นที่ยึดติด 16 ตารางเซนติเมตร) ปล่อยลงบนพื้นผิวที่ความสูง 12.5 เซนติเมตร และทิ้งไว้ตามระยะเวลาที่กำหนด จากนั้นนำตัวอย่างอาหารใส่ลงในถุงที่ปราศจากเชื้อ และทำการเจือจางด้วย soy agar ทำการตีให้เป็นเนื้อเดียวกัน อัตราการเคลื่อนย้ายถูกวัดเป็นปริมาณ log % ของการเคลื่อนย้ายต่อพื้นผิว ทำให้เวลาการยึดติด อาหาร และพื้นผิวทุกชนิดมีผลกระทบในการเคลื่อนย้ายเชื้อแบคทีเรียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.000001$) เชื้อ (the inoculum matrix) (TSB หรือ peptone buffer) ยังมีผลต่อการเคลื่อนย้าย ($P = 0.013$) และส่วนใหญ่มีนัยสำคัญ แบคทีเรียอื่นๆ ที่เคลื่อนที่ไปยังแตงโม (ประมาณ 0.2-97%) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารประเภทอื่นๆ ในขณะที่แบคทีเรียเคลื่อนย้ายไปยังลูกอมเยลลี่ (ประมาณ 0.1-62%), ขนมปัง (ประมาณ 0.02-94%) และขนมปังเนย (ประมาณ 0.02-82%) ซึ่งมีแบคทีเรียที่น้อยลงเหมือนกัน และอัตราการเคลื่อนย้ายภายใต้สภาวะที่กำหนดจะเปลี่ยนแปลงได้มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแตงโมและลูกอมเยลลี่

ชุติรัตน์ (2546) ศึกษาการตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli* จากตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภค ผักสดและผลไม้ ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยวิธี MPN Technique และ ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส อาหารเหล่านี้ได้แก่ ผักและผลไม้สดพร้อมรับประทาน และผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ที่ผ่านการปรุงด้วยความร้อนมาแล้ว เนื่องจากความสะดวกในการจัดเตรียมรับประทาน อาหารดังกล่าวมีทั้งที่เป็นอาหารดิบและอาหารที่ปรุงด้วยความร้อนระดับต่ำ จึงไม่สามารถทำให้อาหารนั้นปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนออยู่ได้โดยสมบูรณ์ ดังนั้นหากมีการปนเปื้อนของเชื้อในอาหารก็อาจทำอันตรายต่อผู้บริโภคได้ การทดลองนี้ทำการ คัดแยกเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* จากอาหารพร้อมบริโภคที่จำหน่าย ณ ร้านค้าภายใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และอาหารอื่นๆจากห้างสรรพสินค้า ในอำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ผล

การศึกษาด้วยวิธี MPN technique ตัวอย่างส่วนใหญ่พบเชื้อฟีคอลโคลิฟอร์ม มีค่าในหน่วย MPN/100 กรัมหรือมิลลิลิตร ในระดับที่สูง คัดเลือกแบคทีเรียทั้งที่มีและไม่มีสีเขียวเหลือบแสง คล้ายรอยตัดของชิ้นโลหะบนอาหารแข็ง EMB จำนวน 108 ไอโซเลท นำไปทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีด้วยปฏิกิริยา IMViC พบว่า ปฏิกิริยา IMViC .ใช้ตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli* ได้ถูกต้องมากกว่าการตรวจสอบ โดยใช้ลักษณะโคโลนีบนอาหาร EMB วิเคราะห์ดีเอ็นเอที่สกัดจากเชื้อที่เป็นและไม่เป็น *Escherichia coli* ที่วิเคราะห์ได้จากปฏิกิริยา IMViC อย่างละ 4 ไอโซเลท ด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส (พีซีอาร์) และวิธีเจลอิเลคโตรโพลิซิส พบว่าดีเอ็นเอที่ได้จากเชื้อ *Escherichia coli* 4 ไอโซเลท ที่วิเคราะห์ได้จากปฏิกิริยา IMViC เกิดแถบดีเอ็นเอขนาด 167 กิโลเบส ของนีย *uiDA* ส่วนอีก 4 ไอโซเลทที่ไม่ใช้เชื้อ *Escherichia coli* ไม่เกิดแถบดีเอ็นเอ และการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเรียลไทม์พีซีอาร์ให้ผลเช่นเดียวกัน จึงคาดหวังว่าจะใช้ยีน *uidA* เป็นอีกเครื่องหมายในการตรวจสอบเฉพาะเชื้อ *Escherichia coli* ต่อไป

แม้ว่าจะมีผู้ผลิตแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคอยู่จำนวนมาก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันมีรายงานหรืองานวิจัยที่ศึกษาเรื่องคุณภาพและมาตรฐานของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคอยู่น้อยมาก อีกทั้งยังประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคอย่างชัดเจน จึงทำให้ผู้บริโภคมีความเสี่ยงต่อการรับประทานแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วัสดุ

1. ตัวอย่างแคนตาลูป

ตัวอย่างแคนตาลูปที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นสายพันธุ์ซันเลดี้ที่ซื้อจากห้างสรรพสินค้าในจังหวัดสระแก้ว

ภาพที่ 3.1 แคนตาลูปซันเลดี้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

2. จุลินทรีย์

Escherichia coli TISTR527 เป็นเชื้อแบคทีเรียที่สั่งซื้อจากศูนย์จุลินทรีย์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทศ (วว.) โดยเก็บเชื้อไว้ในอาหาร Brain Heart Infusion (BHI) broth ที่ประกอบด้วยกลีเซอรอล 25 เปอร์เซ็นต์ และเก็บรักษาไว้ในตู้แช่เย็นที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

3. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

1) Plate Count Agar (PCA) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
2) Brain Heart Infusion Broth (BHI) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
3) Lauryl Tryptose Broth (LST) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
4) EC Broth บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
5) Brilliant Green Bile Broth (BGLB) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
6) Rappaport Vassiliadis Medium (RV) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
7) Tetrathionate Broth Base บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
8) Lactose Broth (LB) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
9) Potato Dextrose Broth (PDB) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India

10) Baird Parker Agar (BP) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
11) Hektoen Enteric Agar (HE) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
12) Xylose – Lysine Deoxycholate Agar (XLD Agar) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India
13) Bismuth Sulphite Agar (BS) บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India

4. สารเคมี

1) เดทตอล ผลิตภัณฑ์ฆ่าเชื้ออเนกประสงค์ (Dettol) บริษัท เรกคิทท์ เบนคีเซอร์ อินโดนีเซีย จำกัด ประเทศอินโดนีเซีย
2) โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride; NaCl)
3) โพแตสเซียมเทลลูไรต์ (Potassium tellurite; K_2TeO_3)

5. อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่องชั่งแบบดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Ohaus รุ่น ARB120 ประเทศอเมริกา
2) เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3) ตู้ปลอดเชื้อ (laminar air flow) (Biological Safety Cabinet) (Class II Type A2 ยี่ห้อ JSR รุ่น JSCB-1200SB ประเทศเกาหลีใต้
4) เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (METTLER TOLEDO, รุ่น S220, Switzerland)
5) ตู้บ่มเชื้อ ยี่ห้อ BINDER GmbH รุ่น RL11-21896 ประเทศเยอรมนี
6) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) ยี่ห้อ Memmert รุ่น WB-29 ประเทศเกาหลีใต้
7) หม้อนึ่งฆ่าเชื้อด้วยความดันไอน้ำ (autoclave) ยี่ห้อ TOMMY รุ่น Green-INSX700 ประเทศญี่ปุ่น
8) อ่างน้ำร้อน (WB 29, Memmert, Korea)
9) เครื่องแก้วสำหรับวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา

วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาของผลของระยะเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *Escherichia coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

การทดลองที่ 2 ศึกษาการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

วิธีการดำเนินการทดลอง

การทดลองที่ 1 ศึกษาของผลของระยะเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *Escherichia coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.1 การเตรียมหัวเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527

ถ่ายเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่เก็บในกลีเซอรอลที่ -20 องศาเซลเซียส ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ในอาหาร BHI broth ปริมาตร 4 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อได้ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร หรือ 1 % v/v ลงในอาหาร BHI broth ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18-24 ชั่วโมง ทำซ้ำประมาณ 1-2 ครั้ง แล้วนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

1.2 การหาปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น

นำเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่เลี้ยงได้จากข้อที่ 1 มาปรับความขุ่นของเชื้อที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, และ 4.0 McFarland Standard (บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India) โดยการเจือจางเชื้อ *E. coli* TISTR527 ด้วยสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ (0.75% NaCl) แล้วนำไปเปรียบเทียบความขุ่นมาตรฐานกับหลอด McFarland Turbidity Standard ที่ระดับนั้นๆ โดยใช้ตาเปล่า จากนั้นนำตัวอย่างเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ มาเจือจางเชื้อแบบ ten-fold serial dilution ให้มีปริมาณเชื้อที่เหมาะสม นำตัวอย่างที่เจือจางแล้วปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มาเกลี่ยเชื้อ (spread) บนอาหาร PCA โดยทำ 3 ซ้ำต่อความเจือจาง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีของเชื้อ *E. coli* เจริญบนอาหาร (ลักษณะโคโลนีของ *E. coli* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 มิลลิเมตร มีสีครีมหรือสีขาวขุ่น ขอบเรียบ ตรงกลางมีลักษณะนูน) และนำไปคำนวณหาปริมาณของเชื้อ รายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อมิลลิลิตร (CFU/ml)

1.3 การศึกษาถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

1.3.1 การเตรียมแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำแคนตาลูปทั้งลูกมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาล้างจาน และล้างออกด้วยน้ำสะอาด จากนั้นเช็ดทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ เพื่อฆ่าเชื้อครั้งสุดท้าย ใช้มีดสะอาดที่ปราศจากเชื้อหั่นแคนตาลูปให้มีขนาด 1 × 1 × 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (น้ำหนักเฉลี่ยโดยประมาณเท่ากับ 1.68 กรัม)

1.3.2 การเตรียมวัสดุทดลอง

เขียงที่ใช้เป็นวัสดุทดลองที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ประกอบด้วย 2 ชนิด ได้แก่ เขียงไม้และเขียงพลาสติก ก่อนนำไปใช้ในการทดลองจะนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยางล้างจาน และล้างออกด้วยน้ำสะอาด แล้วจึงนำไปแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ (Dettol) ประมาณ 5-10 นาที จากนั้นล้างด้วย

น้ำสะอาด และเช็ดทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ สุดท้ายนำไปฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิวด้วยรังสียูวี (ultraviolet; UV) ภายในตู้ปลอดเชื้อ เป็นระยะเวลา 30 นาที

นำเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่เตรียมได้จากข้อที่ 2 ที่ระดับความเข้มข้น 1 McFarland ปริมาตร 10 มิลลิลิตร มาเกลี่ยลงบนวัสดุทดลอง ได้แก่ เขียงไม้ และเขียงพลาสติก ในพื้นที่ขนาด 15 × 15 ตารางเซนติเมตร รอให้แห้งก่อนนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

การตรวจนับเชื้อ *E. coli* TISTR527 บนวัสดุทดลอง จะใช้วิธี swab test โดยใช้ไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อจุ่มลงในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (0.1% peptone) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้พอหมาด หลังจากนั้นนำไม้พันสำลีถูบริเวณหน้าเขียงโดยกำหนดพื้นที่ของการถู 1 ตารางนิ้ว แล้วจึงนำไม้พันสำลีใส่กลับในหลอดเดิม เขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร เป็นระยะเวลา 2-3 นาที จากนั้นนำไปทำการเจือจางแบบ ten-fold serial dilution 6 ระดับ ได้แก่ 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} นำไปตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคเทเพลท (pour plate) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างอาหารที่ระดับเจือจางต่างๆ ตัวอย่างละ ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นเทอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) โดยที่อุณหภูมิของอาหารเลี้ยงเชื้อประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส ผสมเชื้อกับอาหารเลี้ยงเชื้อให้เข้ากัน โดยหมุนแกว่งจานอาหารไป-มาอย่างเบาๆ ทำ 3 ซ้ำต่อความเจือจาง บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับโคโลนีของเชื้อ *E. coli* เจริญบนอาหาร (ลักษณะโคโลนีของ *E. coli* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) จะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-5 มิลลิเมตร มีสีครีมหรือสีขาวขุ่น ขอบเรียบ ตรงกลางมีลักษณะนูน) และนำไปคำนวณหาปริมาณของเชื้อ รายงานผลเป็น Colony Forming Unit ต่อตารางเซนติเมตร (CFU/cm^2)

1.3.3 การทดสอบการถ่ายโอนเชื้อ *Escherichia coli* บนวัสดุทดลองชนิดต่างๆ

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมจากข้อ 1.3.1 มาปล่อยลงวัสดุทดลองที่เตรียมได้จากข้อ 1.3.2 ปล่อยตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระดับความสูง 12.5 เซนติเมตร (Miranda and Schaffner, 2016) ทิ้งให้แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสัมผัสกับวัสดุทดลองที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เก็บตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 0, 5, 30 และ 300 วินาที นำไปหาปริมาณเชื้อ *E. coli* โดยการนำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคในแต่ละระยะมาทำการเจือจางด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และทำการตีให้กระจายและเข้ากัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำมาเจือจางแบบ ten-fold serial dilution มี 6 ระดับ ได้แก่ 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} นำไปตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์ด้วยเทคนิคเทเพลท (pour plate) โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count Agar (PCA) ตรวจนับโคโลนีของเชื้อ *E. coli* ที่เจริญบนอาหาร และนำไปคำนวณหาปริมาณของเชื้อ รายงานผลเป็น Colony Forming Unit ตารางเซนติเมตร (CFU/cm^2)

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของการถ่ายโอน (transfer) ได้จากสมการ

$$\% \square\square\square\square\square\square\square\square = \frac{\mathbf{CFU_1}}{\mathbf{CFU_2}} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ CFU1 เป็นปริมาณของเชื้อ *E. coli* ที่นับได้จากแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค หน่วยเป็น CFU/cm^2 และ CFU2 เป็นปริมาณของเชื้อ *E. coli* ที่นับได้เริ่มต้นบนเขียง หน่วยเป็น CFU/cm^2

1.4 การทดสอบการถ่ายโอนเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะจำลองจริง

1.4.1 การตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นห้อง

การตรวจหาจุลินทรีย์ในพื้นห้องจะใช้วิธี swab test โดยใช้ไม้พันสำลีที่ปราศจากเชื้อจุ่มลงในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ให้พอหมาด หลังจากนั้นนำไม้พันสำลีถูบริเวณพื้นห้อง โดยกำหนดพื้นที่ของการถู 1 ตารางนิ้ว จากนั้นนำไม้พันสำลีใส่กลับในหลอดเดิม และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าหลอดทดลอง แล้วจึงนำไปเจือจางแบบ ten-fold serial dilution 6 ระดับ ได้แก่ 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} นำไปตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (BAM, 2001) จำนวนยีสต์และรา (BAM, 2001) จำนวนเชื้อ *S. aureus* (BAM, 2016) จำนวนเชื้อ *Salmonella* (BAM, 2013) และจำนวนเชื้อ *E. coli* (BAM, 2017)

1.4.2 การทดสอบการถ่ายโอนเชื้อ *Escherichia coli* ในสภาวะจำลองจริง

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมจากข้อ 1.3.1 มาปล่อยลงพื้นห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ปล่อยตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระดับความสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ทิ้งให้แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสัมผัสกับวัสดุทดลองที่อุณหภูมิห้อง (29 ± 2 องศาเซลเซียส) เก็บตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลาต่างๆ ได้แก่ 0, 5, 30 และ 300 วินาที นำไปหาปริมาณเชื้อ *E. coli* โดยการนำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคในแต่ละระยะมาทำการเจือจางด้วยสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และทำการตีให้กระจายและเข้ากัน โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นนำมาเจือจางแบบ ten-fold serial dilution มี 6 ระดับ ได้แก่ 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} และ 10^{-6} นำไปตรวจนับเชื้อจุลินทรีย์จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด (BAM, 2001) จำนวนยีสต์และรา (BAM, 2001) จำนวนเชื้อ *S. aureus* (BAM, 2016) จำนวนเชื้อ *Salmonella* (BAM, 2013) และจำนวนเชื้อ *E. coli* (BAM, 2017)

1) การหาจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยวิธี Aerobic plate count (APC)

นำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ความเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-6} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนจานเพาะเชื้อ แล้วจึงเทอาหาร Pate Count Agar (PCA) ลงในจานเพาะเชื้อผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งจนกระทั่งวุ้นแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2) การตรวจเชื้อยีสต์และราทั้งหมด

นำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-3} ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร มา spread บนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) โดยทำ 3 ซ้ำต่อความเจือจาง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

3) การตรวจเชื้อ *Escherichia coli*

นำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-3} ไปทดสอบในขั้นตอนต่อไปนี้

การทำ “Completed” Test เพื่อตรวจหา *E. coli* ขั้นแรกเริ่มทำ presumptive test for coliform ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Laury Tryptose Broth (LST) โดยปิเปตสารละลายตัวอย่างแคนตาลูปที่ระดับเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-3} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Laury Tryptose Broth (LST) ซึ่งจะมีหลอดดักแก๊ส (Durham tube) อยู่ภายในหลอดทดลอง ระดับความเจือจางละ 3 หลอด บ่มที่ 35±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง บันทึกผลหลอดทดสอบที่เกิดแก๊สในแต่ละระดับความเจือจาง เพื่อเปิดตาราง MPN ซึ่งนำมารายงานผลเป็น presumptive MPN of coliform bacteria ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร จากนั้นทำ Confirmed test for coliforms โดยเขย่าหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ Laury Tryptose Broth (LST) ที่มีการสร้างแก๊สเบาๆ แล้วใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ Laury Tryptose Broth (LST) ที่เกิดแก๊สลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Bile Broth (BGLB) ซึ่งจะมีหลอดดักแก๊ส (Durham tube) อยู่ภายในหลอดทดลอง บ่มที่ 35 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง บันทึกผลหลอดที่มีการสร้างแก๊สในแต่ละระดับความเจือจาง เพื่อเปิดตาราง MPN ซึ่งนำมารายงานผลเป็น confirmed MPN of coliform bacteria ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร แล้วใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ Brilliant Green Bile Broth (BGLB) ที่เกิดแก๊สลงในอาหาร EC Broth ซึ่งจะมีหลอดดักแก๊ส (Durham tube) อยู่ภายในหลอดทดลอง บ่มที่ 44.5±0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24±2 ชั่วโมง จากนั้นบันทึกผลหลอดที่มีการสร้างแก๊สในแต่ละระดับความเจือจาง เพื่อเปิดตาราง MPN ซึ่งนำมารายงานผลเป็น Fecal coliform MPN ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรของตัวอย่างอาหาร เสร็จแล้วใช้ลูปถ่ายเชื้อจากหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ EC Broth ที่มีการสร้างแก๊สมาเพาะเลี้ยงด้วยวิธี streak plate ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ L-EMB agar plate เพื่อให้ได้โคโลนีเดี่ยว บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง จากนั้นตรวจสอบหาโคโลนีต้องสงสัยว่าเป็น *E. coli* โดยสังเกตโคโลนีที่มีลักษณะแบน (flat) มีจุดดำกลางโคโลนี และอาจสร้างหรือไม่สร้าง metallic sheen จากนั้นใช้ลูปเขี่ยเชื้อจากโคโลนีที่ต้องสงสัยว่าเป็น *E. coli* (เขี่ยเชื้อเฉพาะกลางโคโลนีเท่านั้น) จาก L-EMB agar plate ละ 2 โคโลนี ลงใน PCA slant บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง

จากนั้นทำ Confirmation of *E. coli* โดยใช้ลูปถ่ายเชื้อที่เจริญบน PCA slant ลงในอาหารต่อไปนี้เพื่อจำแนกเชื้อจุลินทรีย์โดยการทดสอบในขั้นตอนต่อไป

1. **Luaryl Sulfate Tryptose (LST Broth)** บ่มเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ± 2 ชั่วโมง แล้วสังเกตการสร้างแก๊ส

2. ย้อมสีแกรม โดยใช้เชื้อที่เจริญบน PCA slant ในช่วงเวลา 18-24 ชั่วโมง

3. การทดสอบทางชีวเคมี (IMViC Test)

3.1 Tryptone Broth แล้วบ่มเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24±2 ชั่วโมง แล้วทดสอบการสร้าง Indole โดยเติม Kovac's reagent 0.2-0.3 มิลลิลิตร ลงไป ถ้าเกิดสีแดงบริเวณชั้นบนของอาหารเลี้ยงเชื้อแสดงว่ามีการสร้าง Indole

3.2. MR-VP medium แล้วบ่มเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48±2 ชั่วโมง แล้วทำการทดสอบต่อไปนี้ นำอาหาร MR-VP medium ที่บ่มครบ 48 ชั่วโมง มา 1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดทดสอบขนาด 13x100 มิลลิเมตร แล้วเติมสารละลาย Voges-Proskauer 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตามด้วยการเติม KOH ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร เขย่าแล้วพักไว้ 10-15 นาที จึงอ่านผลถ้าเกิดสีชมพูจะให้ผลเป็นบวกซึ่งแสดงว่าเชื้อมีการสร้าง acetyl methyl carbinol เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากกระบวนการหมักกลูโคส

MR-VP culture ที่เหลือ ให้นำมาบ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง แล้วทดสอบโดยการหยด methyl red indicator ลงไป 5 หยด เพื่อทดสอบว่าเชื้อมีการสร้างกรดเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายจากกระบวนการหมักกลูโคสหรือไม่ ถ้าเกิดสีแดงจะให้ผลบวกและถ้าเกิดสีเหลืองจะให้ผลเป็นลบ

3.3. Koser'scitrate broth (หรือจะใช้ Simmon's slant ก็ได้) บ่มเชื้อที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ถ้าสังเกตพบความขุ่นในอาหารเลี้ยงเชื้อแสดงว่ามีการใช้ citrate ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ผลการทดสอบเป็นบวก

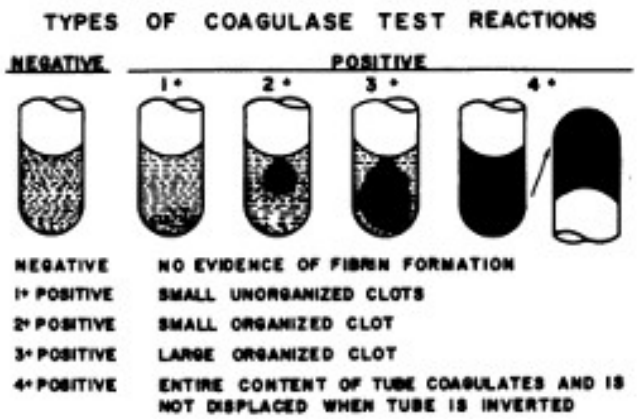
การคำนวณ MPN *E. coli* ต่อกรัมหรือมิลลิลิตรอาหาร โดยนับหลอดอาหาร EC Broth ที่สร้างแก๊สที่มีโคโลนีบนอาหาร L-EMB agar ซึ่งพบว่าเป็นแกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ สร้างแก๊สในอาหารที่มีน้ำตาลแลคโตสและให้ผลการทดสอบ IMViC เป็น *E. coli* คือ + + - - (Biotype I) หรือ - + - -(Biotype II) (ดัดแปลงจาก BAM, 2002)

4) การตรวจเชื้อ *Streptococcus aureus*

การตรวจหาเชื้อ *S. aureus* ทำได้โดยนำตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-3} มา spread บนอาหาร Baird Parker โดยทำ 3 ซ้ำต่อความเจือจาง แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-48 ชั่วโมง (ลักษณะโคโลนีของ *S. aureus* บนอาหาร Baird Parker agar จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-1.5 มิลลิเมตร ลักษณะเยิ้มนูน สีดำขอบขาว และมีโซนใสรอบโคโลนี) จากนั้นใช้ลูปเขี่ยเชื้อจากอาหาร Baird Parker ที่มีลักษณะโคโลนีดังกล่าวลงในหลอดอาหาร BHI บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วนำไปทดสอบดังนี้

1. Coagulase test ทดสอบโดยถ่ายเชื้อ 0.2-0.3 มิลลิลิตร จากหลอดอาหาร BHI ลงในหลอดทดลอง (หลอดควบคุมไม่ต้องเติมเชื้อ) จากนั้นปิเปตพลาสมาเติมลงไป 0.5 มิลลิลิตร แล้วนำไปบ่มที่ 35 องศาเซลเซียส ตรวจผลทุกชั่วโมงเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ถ้าคว่ำหลอดแล้วพลาสมาแข็งตัว

แสดงว่าได้ผล 4+ ซึ่งรับรองว่าเชื้อที่ตรวจเป็น *S. aureus* หากได้ผล 3+ หรือ 2+ ให้ย้อมแกรมและทดสอบในหัวข้ออื่นต่อไป



2. Catalase Test โดยเขี่ยเชื้อจากหลอดอาหาร TSA ลงบนสไลด์แล้วหยด H_2O_2 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ลงไป แล้วสังเกตการเกิดแก๊ส โดย *S. aureus* จะสามารถสร้างเอนไซม์คะตะเลตได้ เมื่อหยด H_2O_2 ลงไปจะเกิดฟองก๊าสและให้ผลการทดลองเป็นบวก

5) การตรวจเชื้อ *Salmonella* spp.

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค 25 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองที่มี Lactose Broth 15 มิลลิลิตร และนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าหลอดทดลอง (Vortex Mixer, รุ่น G560E)) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง เมื่อบ่มครบตามกำหนดแล้ว ปิเปตสารละลายตัวอย่างมา 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Rappaport Vassiliadis Medium (RV) 10 มิลลิลิตร เป็นจำนวน 4 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่งโมง และปิเปตสารละลายตัวอย่างมาอีก 0.1 มิลลิลิตร ถ่ายลงในหลอดทดลองที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ Tetrathionate Broth Base 10 มิลลิลิตร เป็นจำนวน 4 หลอด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่งโมง เมื่อบ่มครบตามกำหนดแล้ว ทำการเขย่าเชื้อจากหลอด Rappaport Vassiliadis Medium (RV) และ Tetrathionate Broth Baseให้เข้ากันก่อนจะเขี่ยเชื้อ ทำการ Streak Plate ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด คือ อาหาร Bismuth Sulphite Agar (BS) อาหาร Hektoen Enteric Agar (HE) อาหาร Xylose – Lysine Deoxycholate Agar (XLD Agar) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง (ลักษณะโคโลนีของ *Salmonella* spp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อ Bismuth Sulphite Agar (BS) เชื้อ Salmonella spp. ที่ผลิตก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ รวมถึง S. typhi ยกเว้น S. paratyphi A และ S. pullorum จะมีสีดำเงาวาว (metallic sheen) จากตะกอนของ ferrous sulfate ,อาหาร Hektoen Enteric Agar (HE) โคโลนีมีลักษณะกลม สีเขียวน้ำเงิน จนถึงสีน้ำเงิน อาจมีหรือไม่มีจุดดำตรงกลางอาหารเลี้ยงเชื้อยังคงมีสีเขียว แต่อาจพบโคโลนีขนาดใหญ่ที่มีจุดดำแววววาวตรงกลาง หรืออาจดำทั้งโคโลนี และอาหาร Xylose – Lysine Deoxycholate Agar (XLD Agar) โคโลนีมีลักษณะกลม สีชมพูใส อาจมีหรือไม่มีจุดดำตรง

กลาง อาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสีชมพู แต่อาจพบโคโลนีขนาดใหญ่ที่มีจุดดำแวววาวตรงกลางหรืออาจดำทั้งโคโลนี)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

2.1 การเตรียมตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปนเปื้อนเชื้อ *E. coli*

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 ข้อ 1.3.1 ขนาดโดยประมาณ 3 × 3 x 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร (น้ำหนักเฉลี่ยโดยประมาณเท่ากับ 5.04 กรัม) จุ่มในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone) ที่ประกอบด้วยความเข้มข้นของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 1.0 McFarland Standard (บริษัท HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., India) โดยการเจือจางเชื้อ *E. coli* TISTR527 ด้วยสารละลายน้ำเกลือความเข้มข้น 0.75 เปอร์เซ็นต์ (0.75% NaCl) เป็นระยะเวลานาน 2 นาที จากนั้นนำไปตากให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ

ภาพที่ 3.2 การเตรียมแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสำหรับการทดลอง (ก) และ การตากให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ (ข)

2.2 การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการยั้บยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 นำไปแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2, 5 และ 10 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา ดังต่อไปนี้

1.1 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)

1.2 ความแน่นเนื้อ (Firmness) โดยใช้ Fruit hardness tester

การวัดความแน่นเนื้อของเนื้อผลไม้ด้วยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัสจะใช้ cone probe ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (6 mm diameter probe) บันทึกค่าแรงกดที่วัดได้มีหน่วยเป็นนิวตันนำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

1.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L*, C*, H°) โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter)

การวัดสีเนื้อทำการสุ่มวัดด้านเดียวกันในแต่ละผลโดยใช้เครื่องวัดสีบันทึกค่าสีที่วัดได้ในรูปของ L*, C* และ H° โดย

ค่า L* เป็นค่าที่แสดงสีดำและสีขาวของวัตถุมีค่าตั้งแต่ 0-100 ถ้าค่า L* ที่มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงวัตถุมีสีดำหากค่า L* มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึงวัตถุมีสีขาว

ค่า a* เป็นค่าที่แสดงสีแดงและสีเขียว

ถ้าค่า a* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีแดง หากค่า a* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีเขียว

ค่า b* เป็นค่าที่แสดงสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ถ้าค่า b* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง หากค่า b* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน

เมื่อทั้ง a* และ b* มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีเทา

นำค่า a* และ b* มาคำนวณหาค่า Chroma (C*) และ Hue angle (H°) ได้จากสมการ

$$\text{Chroma } (C^*) = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

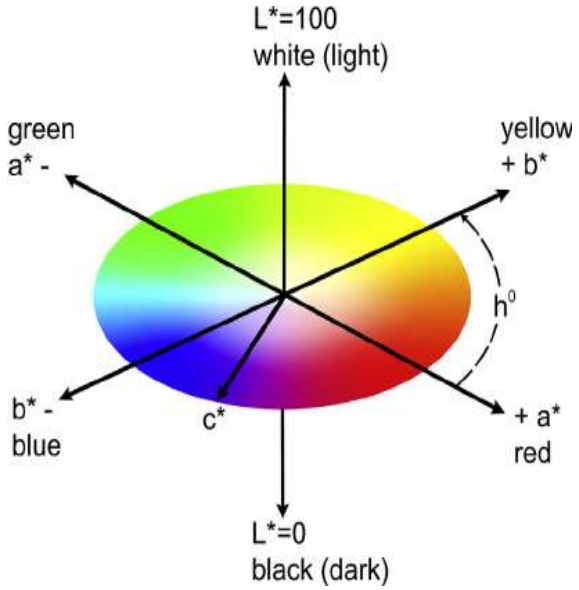
$$\text{Hue angle } (H^\circ) = \arctan(b^*/a^*)$$

ค่า chroma หรือค่า C* เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเข้มของสีที่ปรากฏ ค่า C* ที่สูงเข้าใกล้ 60 แสดงว่าความเข้มของสีนั้นจะยิ่งมากขึ้น

ค่า hue angle หรือค่า H° เป็นค่าที่บอกถึงสีที่แท้จริงของวัตถุ

ถ้าค่า hue มีค่าเข้าใกล้ 0 องศา แสดงว่าวัตถุจะอยู่ในกลุ่มสีแดง ถ้ามีค่าเข้าใกล้ 90 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเหลือง

หากมีค่าเข้าใกล้ 180 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีเขียว และหากมีค่าเข้าใกล้ 270 องศา แสดงว่าวัตถุอยู่ในกลุ่มสีน้ำเงิน



ภาพที่ 3.3 L*, C* and H° color space (Konicaminolta, 2015)

1.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer

นำเนื้อผลไม้หั่นชิ้นจากแต่ละตัวอย่าง คั้นเอาเฉพาะสารละลายวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ด้วย digital refractometer ปรับค่าเครื่องให้เป็น 0 ด้วยน้ำกลั่นก่อนใช้เครื่องอ่านค่าปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เป็นเปอร์เซ็นต์ TSS แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

1.5 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (AOAC Method 942.15, 2000)

ในการวัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของเนื้อผลไม้ จะนำชิ้นเนื้อปั่นเป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่องบดสับอาหาร จากนั้นนำเนื้อปั่นปริมาณ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มเดือดปริมาณ 40 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร นำตัวอย่างที่ปรับปริมาตรแล้วหยดฟีนอล์ฟทาลีนซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ 1-2 หยด นำตัวอย่างไปไทรเทรตกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนถึงจุดยุติ (pH ~ 8.2) (ฟีนอล์ฟทาลีนจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูในจุดที่พอดีหรือใกล้เคียงกับจุดสมมูล จุดที่อินดิเคเตอร์เปลี่ยนสี เรียกว่าจุดยุติ) บันทึกปริมาตรของสารละลายด่างมาตรฐานที่ใช้ นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดซิตริกต่อ 100 กรัมของน้ำหนักสด โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ดังนี้

1 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดซิตริก 0.007 กรัม

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้} = \frac{A \times B \times 0.07}{C} \times 100$$

โดยที่ A = ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.10 นอร์มัล
B = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)
C = ปริมาตรและ/หรือน้ำหนักของตัวอย่าง (มิลลิลิตรและ/หรือกรัม)

1.6 การวัดค่า pH ของสารละลายในแคนตาลูป

ทำการวิเคราะห์ค่า pH ในแต่ละชุดการทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ จากตัวอย่างของแคนตาลูป โดยดัดแปลงจากวิธี Underhill and Critchley (1993) นำตัวอย่างแต่ละส่วนนำมาหั่นละเอียด หนัก 4 กรัม มาบดกับน้ำกลั่นปริมาตร 40 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที แล้ววัดค่า pH ของสารละลายที่สกัดได้ด้วยเครื่อง pH - meter (Mettler Toledo, S20 seveneasy^{TM} pH, USA)

1.7 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW)

นำตัวอย่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ความเจือจาง 10^{-1} ถึง 10^{-6} ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงบนจานเพาะเชื้อ แล้วจึงเทอาหาร Pate Count Agar (PCA) ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งจนกระทั่งวุ้นแข็งตัว แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนี แล้วนำไปการคำนวณหาปริมาณของ *E. coli* ต่อกรัม

2.3 การศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 ไปแช่ในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (0.1 เปอร์เซ็นต์ peptone) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และให้ปริมาณก๊าซโอโซนความเข้มข้นประมาณ 0.4 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20 และ 30 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2 ตอนที่ 2 ดังต่อไปนี้

2.1 การสูญเสียน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)
2.2 ความแน่นเนื้อ (Firmness) โดยใช้ Fruit hardness tester
2.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L*, C*, H^{o}) โดยใช้เครื่องวัดสี (Chroma meter)
2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Hand Refractometer
2.5 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (AOAC Method 942.15, 2000)
2.6 การวัดค่า pH ของสารละลายในแคนตาลูป
2.7 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW)

การวิเคราะห์ทางสถิติในการทดลอง

สำหรับการทดลองนี้จะวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และ factorial in CRD สำหรับการตรวจสอบทางด้านกายภาพและเคมี ทำการวิเคราะห์ข้อมูล

โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS for Windows Version 23 ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของ treatment combinations โดยใช้ Duncan’s Multiple Range Test ($P<0.05$)

สถานที่ทำงานวิจัย

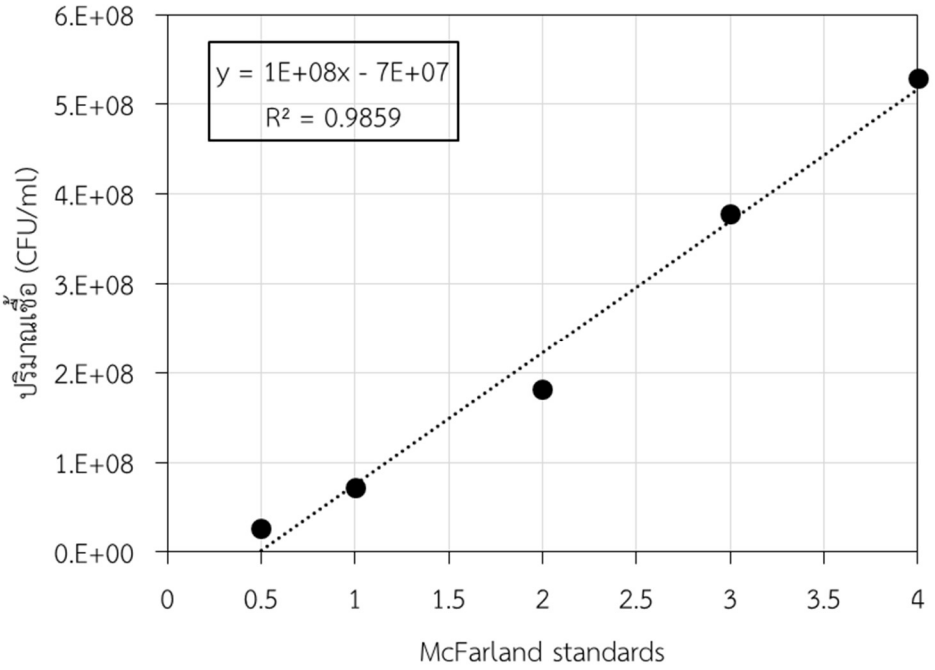
ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว อาคารวิจัยฯ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 ศึกษาของผลของระยะเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *Escherichia coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

1. การหาปริมาณหัวเชื้อเริ่มต้น

การศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 เปรียบกับ McFarland Standard ดังแสดงในภาพที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 มีความสัมพันธ์กับค่าความขุ่นของเชื้อเมื่อเทียบกับ McFarland Standard กล่าวคือ เมื่อค่าความขุ่นของเชื้อเทียบกับ McFarland Standard สูงขึ้น ปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ก็สูงขึ้น การเพิ่มค่าความขุ่นของเชื้อเทียบกับ McFarland Standard ที่ระดับ 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 และ 4.0 McFarland Standard จะให้ปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 เท่ากับ $2.61 \times 10^7 \pm 2.23 \times 10^6$, $7.23 \times 10^7 \pm 1.15 \times 10^7$, $1.81 \times 10^8 \pm 5.34 \times 10^7$, $3.78 \times 10^8 \pm 1.87 \times 10^8$ และ $5.29 \times 10^8 \pm 6.92 \times 10^7$ CFU/ml ตามลำดับ



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527 เปรียบกับ McFarland Standard

2. การศึกษาถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

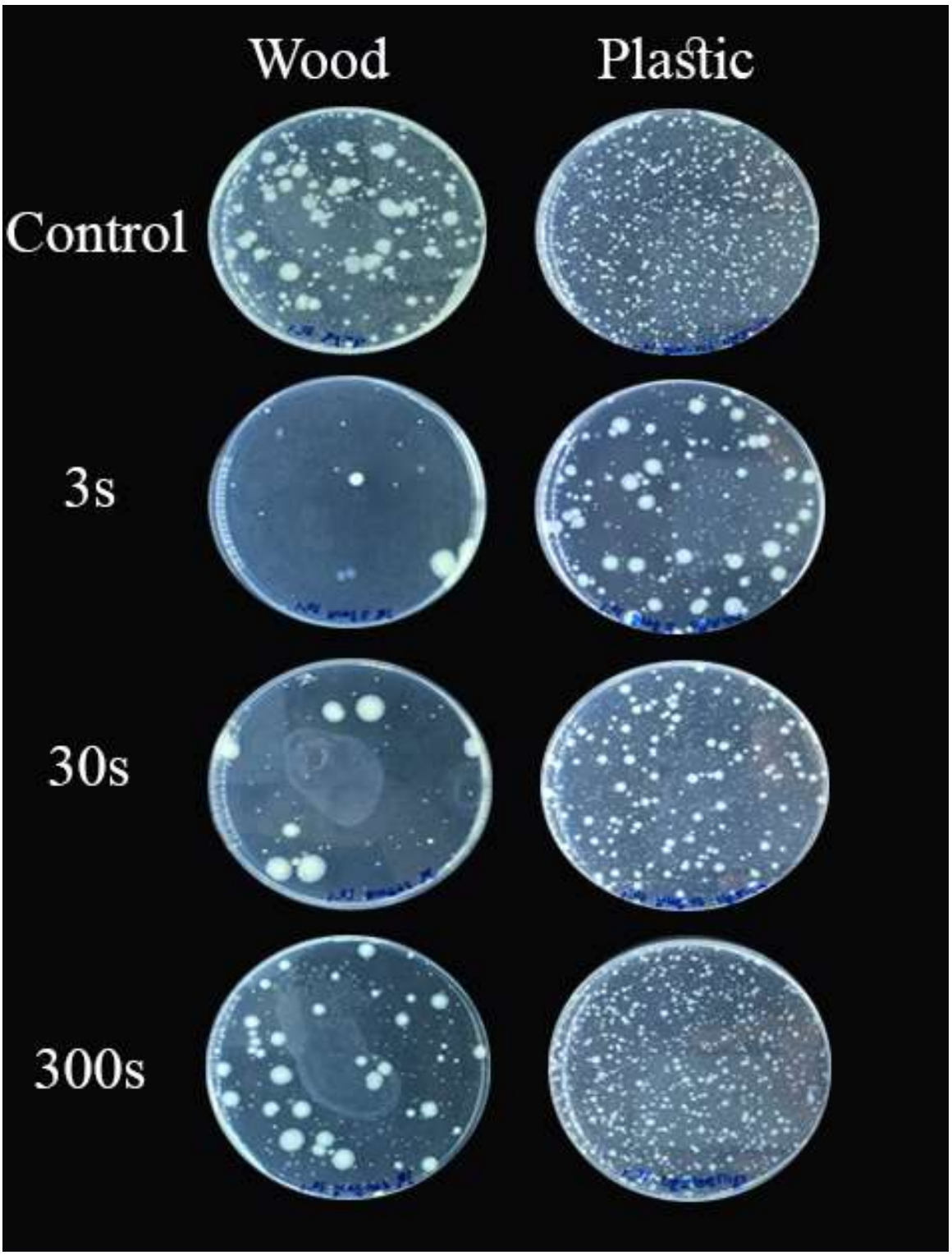
การศึกษาการถ่ายโอนของเชื้อ (transfer) ของ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองชนิดต่างๆ ได้แก่ เขียงไม้ และเขียงพลาสติก สู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 2 เห็นได้ว่าชนิดของวัสดุทดลองมีผลต่อการถ่ายโอนเชื้อของ *E. coli* TISTR527 พบว่าเขียงพลาสติกให้เปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อสูงกว่าเขียงไม้ กล่าวคือ เชื้อ *E. coli* TISTR527 สามารถถ่ายโอนจากเขียงพลาสติกสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ดีกว่าเขียงไม้ ที่ระยะเวลาสัมผัส 5 วินาที เปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อจากเขียงไม้มีค่าเท่ากับ 5.10 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จากพลาสติกมีค่าเท่ากับ 19.66 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามการนับปริมาณเชื้อเริ่มต้นหรือจากพื้นผิววัสดุทดลอง พบว่าภายในการตรวจหาปริมาณเชื้อ *E. coli* TISTR527 ด้วยวิธี swab test ปริมาณเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่พบตรวจพบพื้นผิวของเขียงไม้น้อยกว่าเขียงพลาสติก กล่าวคือปริมาณเชื้อ *E. coli* TISTR527 บนพื้นผิวของเขียงไม้มีค่าเท่ากับ 4.07×10^3 CFU/cm^2 ในขณะที่ปริมาณเชื้อ *E. coli* TISTR527 บนพื้นผิวของเขียงพลาสติกมีค่าเท่ากับ 2.68×10^4 CFU/cm^2 อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการ swab test ในการตรวจพื้นผิวของวัสดุมีข้อจำกัดสำหรับวัสดุที่มีรูพรุน (porous materials) (Aviat et al., 2016) จากการทดลองของ Ak et al. (1994) แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่จะสามารถฟื้นกลับมาได้บนเขียงพลาสติกดีกว่าเขียงไม้ จึงแนะนำให้ใช้เขียงไม้ในบ้านเรือน อย่างไรก็ตามการใช้เขียงที่ทำมาจากไม้ หรือพลาสติก ล้วนแต่มีทั้งข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันไป การใช้เขียงพลาสติกมีข้อดี คือ หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และทนทาน แต่มีข้อเสียคือ สึกกร่อนได้ง่าย หากมีการปนเปื้อนของพลาสติกสู่อาหารอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ในขณะที่การใช้เขียงไม้มีข้อดีคือ เป็นวัสดุธรรมชาติไม่เป็นอันตรายหากมีการปนเปื้อนในอาหาร แต่มีข้อเสียคือ การสึกกร่อนง่าย เนื้อไม้มีรูพรุนมาก อาจเกิดการสะสมเชื้อจุลินทรีย์ง่ายกว่าเขียงพลาสติก

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527 ที่นับได้จากแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

Contact times (seconds)	*E. coli* (CFU/cm^2)			
	wood	**	plastics	**
Control*	4.07×10^3		2.68×10^4	
0	0	c	0	d
5	2.07×10^2	c	5.26×10^3	c
30	1.82×10^3	b	1.21×10^4	b
300	3.28×10^3	a	2.42×10^4	a

* ปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 เริ่มต้นบนพื้นผิวของเขียง

** ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test (DMRT)



ภาพที่ 4.2 โคโลนีของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA)

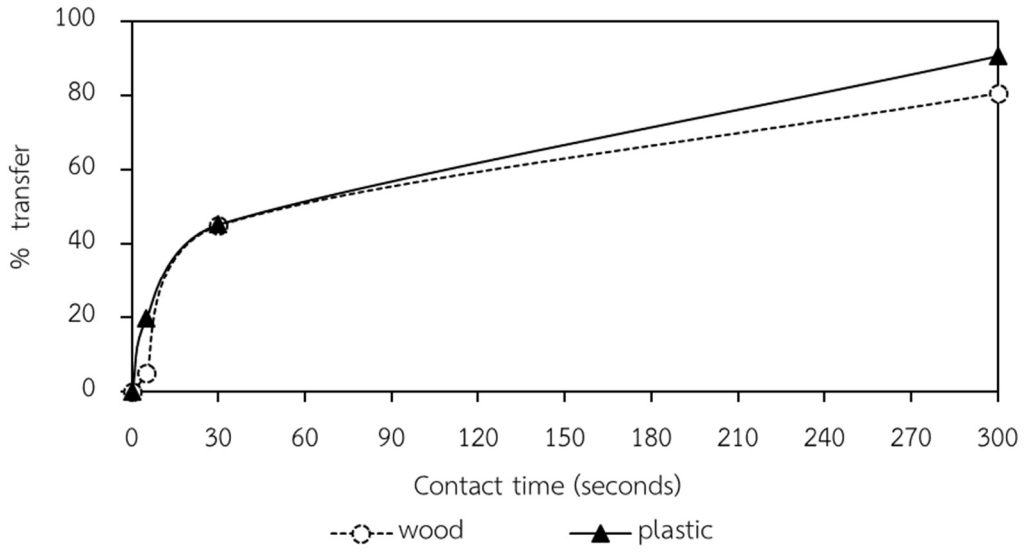
การปนเปื้อนข้าม (Cross-contamination) เป็นการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดจากการสัมผัสกันระหว่างอาหารที่ปรุงสุกแล้วหรืออาหารที่พร้อมนำไปบริโภคกับอาหารสดหรือวัตถุดิบที่ยังไม่ผ่านกระบวนการ ทำให้เกิดการปนเปื้อนข้าม เกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ เช่น บุคลากร เครื่องมือหรืออุปกรณ์ น้ำ อากาศ บรรจุภัณฑ์ สัตว์ เป็นต้น การปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์จากเขียงไปสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุหลักของการปนเปื้อนข้ามที่เกิดขึ้นได้ กระบวนการผลิตแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ประกอบด้วยการรับผลสด การล้าง การแช่ การปอกเปลือก การตัดแต่ง การหั่นเป็นชิ้น การบรรจุ การเก็บรักษา และการขนส่ง U.S. Food and Drug Administration (FDA) รายงานว่ากระบวนการผลิตที่ขาดสุขลักษณะที่ดีในการผลิตจะเพิ่มโอกาสการปนเปื้อนของเชื้อก่อโรคได้ โดยพบว่าพบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในแคนตาลูปทั้งหมด 11 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 151 ตัวอย่าง โดยพบการปนเปื้อนเชื้อ *Shigella* ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง และเชื้อ *Salmonella* ทั้งหมด 8 ตัวอย่าง (FAO/WHO, 2011) การสำรวจแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจากหาบเร่แผงลอยและซุปเปอร์มาเก็ตในจังหวัดสระแก้ว พบว่า 26 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 30 ตัวอย่าง คิดเป็น 86.67 % พบการปนเปื้อนของฟีคอลโคลิฟอร์ม (fecal coliform) และพบว่ามีเชื้อ *E. coli* ในตัวอย่าง 3 ตัวอย่าง (Saelim and Lueangprasert, 2016) เชื้อ *E. coli* นิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหาร และสุขภิบาลอาหารที่ไม่ดี การปนเปื้อนของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคเกิดได้จากหลายสาเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปนเปื้อนจากเขียงที่ใช้สำหรับการตัดแต่งแคนตาลูปตัด โดยส่วนใหญ่ผู้ผลิตหรือแปรรูปแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคนิยมใช้เขียงเดียวกันในการปอกเปลือก และนำมาใช้ตัดแต่งหรือหั่นเป็นชิ้น จึงเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนข้ามที่เกิดขึ้นในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จากการทดลองครั้งนี้พบว่าสามารถตรวจนับเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ตั้งแต่ระยะเวลาสัมผัสที่ 5 วินาที โดยพบเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่สัมผัสเขียงพลาสติกปริมาณ 5.26×10^3 CFU/cm^2 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อเท่ากับ 19.66 ± 5.66 ซึ่งสูงกว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่สัมผัสเขียง ซึ่งพบเชื้อ *E. coli* ปริมาณ 2.07×10^2 CFU/cm^2 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อเท่ากับ 5.10 ± 1.91 การทดลองในครั้งนี้ให้ผลสอดคล้องกับการทดลองของ Dawson และคณะ (2007) พบว่าปัจจัยที่สำคัญของการถ่ายโอนของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium จากวัสดุสัมผัสไปยังอาหารคือ ระยะเวลาการสัมผัส (residence time) Wachtel และคณะ (2003) พบว่าการปนเปื้อนข้ามจากเชื้อ *E. coli* O157:H17 เท่ากับ 46 % (25 ใบ) ในผักกากหอมสัมผัสกับเขียง Moore, Sheldon, และ Jaykus (2003) พบว่าการถ่ายโอนเชื้อ *Salmonella* และ *Campylobacter* จากสแตนเลส (stainless) ไปยังผักกากหอม เท่ากับ 23 – 66 % และ 15 – 38 % ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาสัมผัส (contact times) มีผลต่อการการถ่ายโอนของเชื้อจากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค กล่าวคือ เมื่อแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสัมผัสกับวัสดุทดลองนานขึ้น จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อสูงขึ้น ทั้งในเขียงไม้และเขียงพลาสติก ที่ระยะเวลาสัมผัส 5, 30 และ 300 วินาที บนเขียงไม้ พบปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจะเพิ่มขึ้นจาก 2.07×10^2 เป็น 3.28×10^3 CFU/cm^2 คิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อจาก 5.10 เป็น 80.55 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่บนเขียงพลาสติกพบปริมาณของเชื้อ *E. coli* TISTR527 ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจะเพิ่มขึ้นจาก 5.26×10^3 เป็น

2.42 x 10^4 CFU/cm^2 คิดเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อจาก 19.66 เป็น 90.58 เปอร์เซ็นต์ การศึกษาของ Dawson และคณะ (2007) แสดงให้เห็นว่า 99 เปอร์เซ็นต์ของเชื้อ *Salmonella* Typhimurium สามารถโอนถ่ายเชื้อจากแผ่นกระเบื้องสู่ไส้กรอกโบโลนญ่า (bologna) ภายหลังระยะเวลาสัมผัส 5 วินาที รองลงมาวัสดุจากไม้ และพรม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการถ่ายโอนเชื้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพผิวของพื้น ประเภทของอาหาร ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ ระยะเวลาที่อาหารอยู่บนพื้น และจำนวนซ้ำ เป็นต้น (Miranda and Schaffner 2016)

ตารางที่ 4.2 การถ่ายโอน (transfer) ของเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

Contact times (seconds)	% Transfer		t statistic	*P* value
	wood	plastic		
0	0	0	n.d	n.d.
5	5.10 ± 1.91	19.66 ± 5.66	-4.225	0.013
30	44.89 ± 15.15	45.18 ± 8.23	-0.030	0.977
300	80.55 ± 28.80	90.58 ± 9.93	-0.570	0.616



ภาพที่ 4.3 การถ่ายโอน (transfer) ของเชื้อ *E. coli* TISTR527 จากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

3. การทดสอบการถ่ายโอนเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะจำลองจริง

โดยการปล่อยแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคลงพื้นห้อง ณ ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว จากนั้นศึกษาหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่ระยะเวลาสัมผัสต่างๆ ได้แก่ 5, 30 และ 300 วินาที ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปล่อยลงพื้นห้องที่ระยะเวลาสัมผัสต่างๆ ไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *E. coli, S. aureus* และ *Salmonella* spp. และไม่พบเชื้อยีสต์และเชื้อรา แต่พบปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมด (Total viable count; TVC) เพิ่มขึ้น ปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมดเท่ากับ $9.35x10^2$, $1.68x10^3$ และ $3.36x10^3$ CFU/cm^2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคในสภาวะจำลองจริง

Samples	Microorganisms	Contact times (seconds)			
		0	**5**	**30**	**300**
Floors	TVC (CFU/cm^2)	$6.41x10^5$	-	-	-
	Yeasts & Molds (CFU/cm^2)	0	-	-	-
	E. coli (MPN/cm^2)	0	-	-	-
	S. aureus (CFU/cm^2)	0	-	-	-
	Salmonella spp. (CFU/cm^2)	0	-	-	-
Fresh-cut	TVC (CFU/cm^2)	0 c	$9.35x10^2$ b	$1.68x10^3$ b	$3.36x10^3$ a
cantaloupes	Yeasts & Molds (CFU/cm^2)	0	0	0	0
	E. coli (MPN/cm^2)	0	0	0	0
	S. aureus (CFU/cm^2)	0	0	0	0
	Salmonella spp. (CFU/cm^2)	0	0	0	0

* ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's New Multiple Range test (DMRT)

การทดลองที่ 2 ศึกษาการลดปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

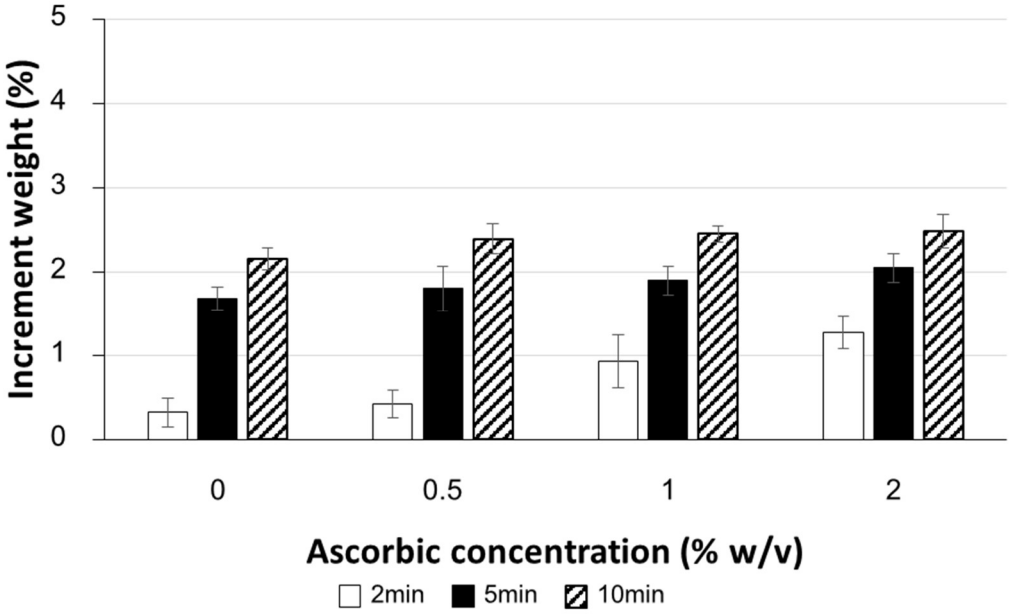
ตอนที่ 1 การศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการยั้บยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

4.1.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)

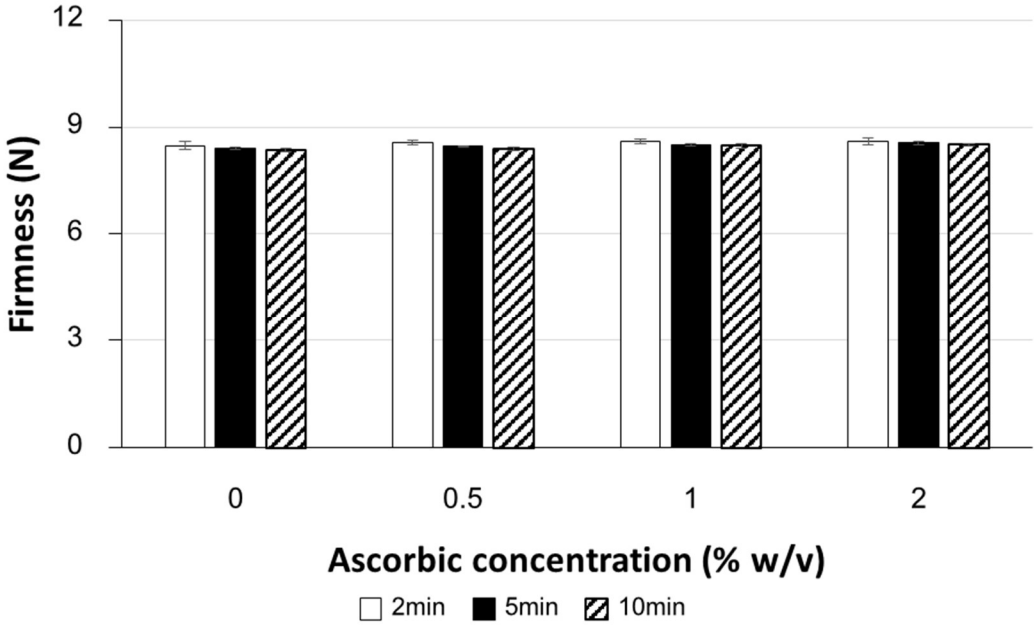
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพิ่มขึ้นด้วยและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 10 นาที มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 5 และ 2 นาที มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.86 และ 0.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.39, 2.45 และ 2.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4.4 และภาคผนวกตารางที่ 1)

4.1.2 ความแน่นเนื้อ (Firmness)

จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้นและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 8.52 และ 8.55 นิวตัน ตามลำดับ รองลงมาคือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 8.48 นิวตัน และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความแน่นเนื้อลดลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 2 นาที มีค่าเท่ากับ 8.55 นิวตัน รองลงมาคือ 5 และ 10 นาที มีค่าเท่ากับ 8.48 และ 8.43 ตามลำดับ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีค่าความแน่นเนื้อมากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที มีค่าความแน่นเนื้อเท่ากับ 8.57, 8.58 และ 8.59 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4.5 และภาคผนวกตารางที่ 2)



ภาพที่ 4.4 ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที



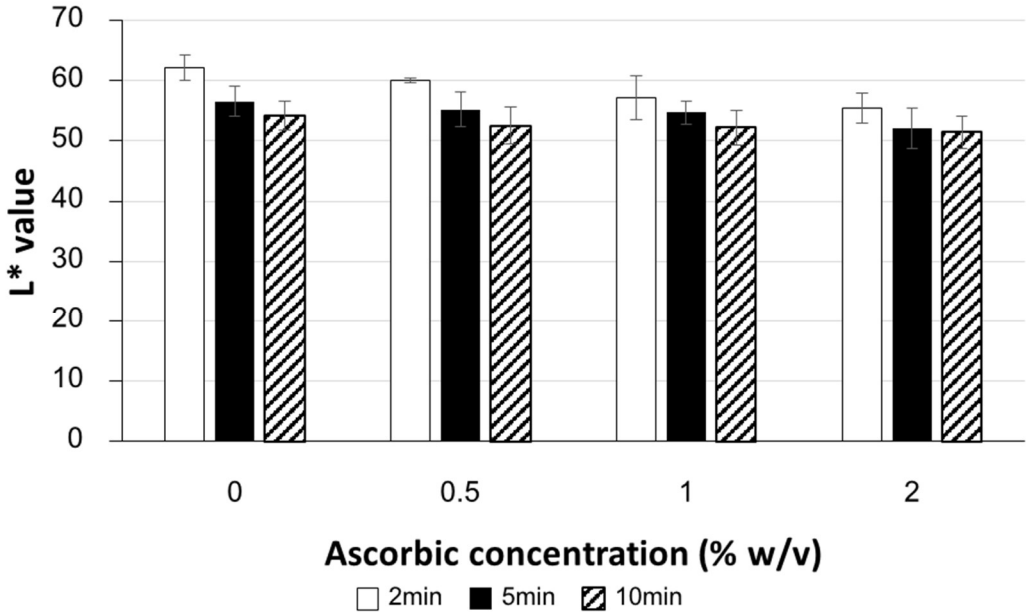
ภาพที่ 4.5 ความแน่นเนื้อ (Firmness; N) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L*, C* และ Hue value)

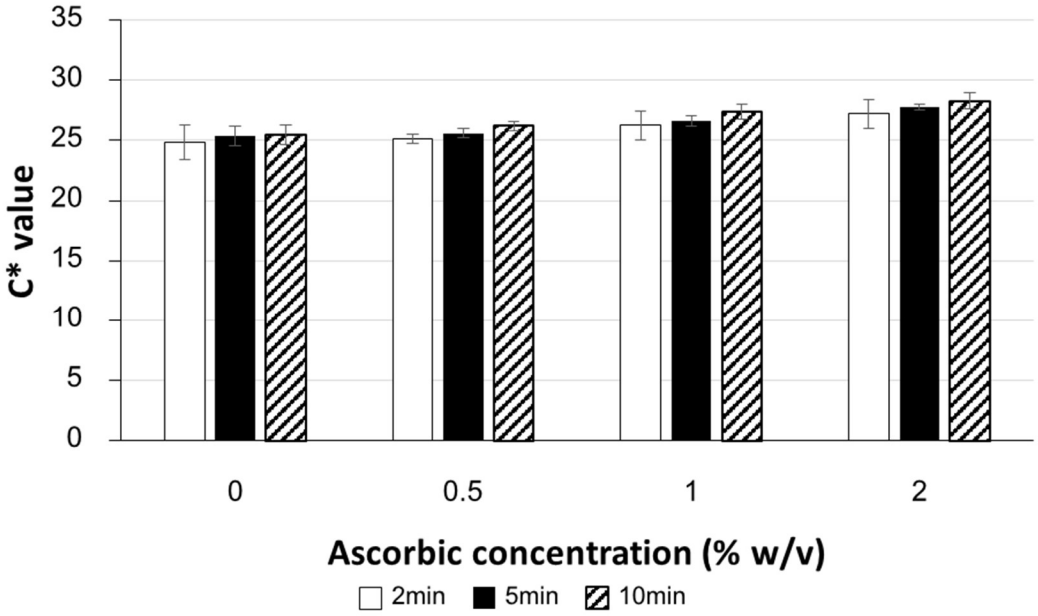
จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L* value) ลดลงและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีค่าความสว่างมากที่สุด คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 57.97 และมีค่าไม่แตกต่างจากชุดควบคุม รองลงมาคือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่ากับ 54.72 และ 52.97 ตามลำดับ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความสว่างลดลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความสว่างมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 2 นาที มีค่าเท่ากับ 58.71 รองลงมาคือ 5 และ 10 นาที มีค่าเท่ากับ 54.66 และ 52.61 ตามลำดับ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีค่าความสว่างมากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที มีค่าเท่ากับ 60.07 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4.6 และภาคผนวกตารางที่ 3)

จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความเข้มสี (C* value) เพิ่มขึ้นและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีค่าความเข้มสีมากที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 27.76 รองลงมาคือ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 26.76 และ 25.65 ตามลำดับ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความเข้มสีเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าความเข้มสีมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 5 และ 10 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.35 และ 26.84 และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีค่าความเข้มสีมากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 และ 10 นาที มีค่าเท่ากับ 26.35 และ 26.84 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4.7 และภาคผนวกตารางที่ 4)

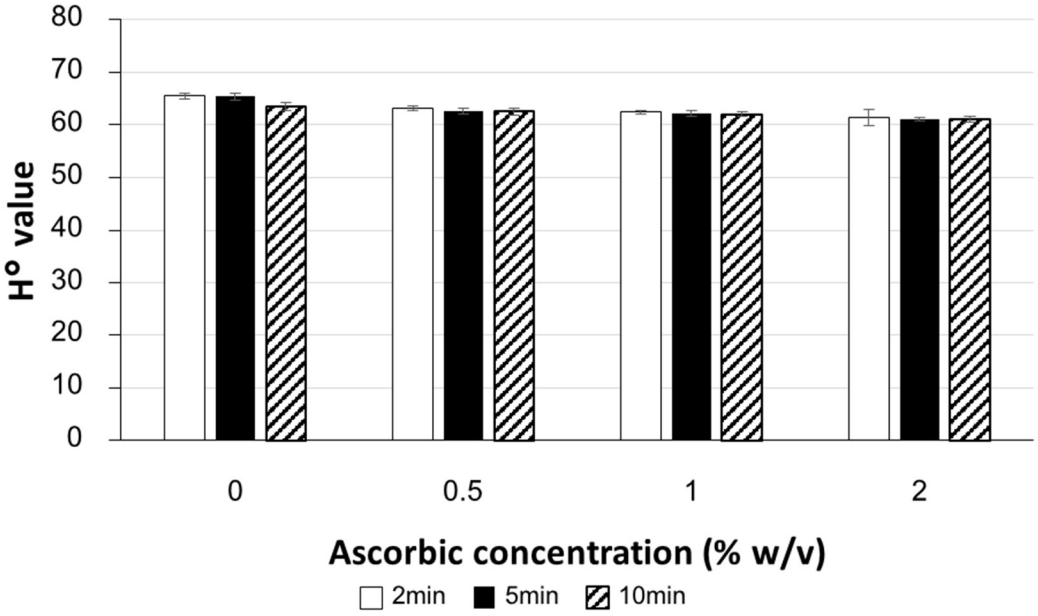
จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าสี (Hue value) ลดลงและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีค่าสีมากที่สุด คือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 62.75 รองลงมาคือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 62.21 และ 61.17 ตามลำดับ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าสีลดลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าสีมากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 2 และ 5 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 63.11 และ 62.81 ตามลำดับ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีค่าสีมากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที มีค่าเท่ากับ 63.16 และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ ซึ่งค่าสีที่พบมีค่าในช่วง 45-90 จะแสดงผลของสีเนื้อเป็นสีส้มเมื่อมีค่ามากขึ้น ความสัมพันธ์กับค่าความสว่างมากและความเข้มสีน้อยลง (ภาพที่ 4.8 และภาคผนวกตารางที่ 5)



ภาพที่ 4.6 ค่าความสว่าง (L* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที



ภาพที่ 4.7 ค่าความเข้มสี (Chroma; C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที



ภาพที่ 4.8 ค่าสี (Hue value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที

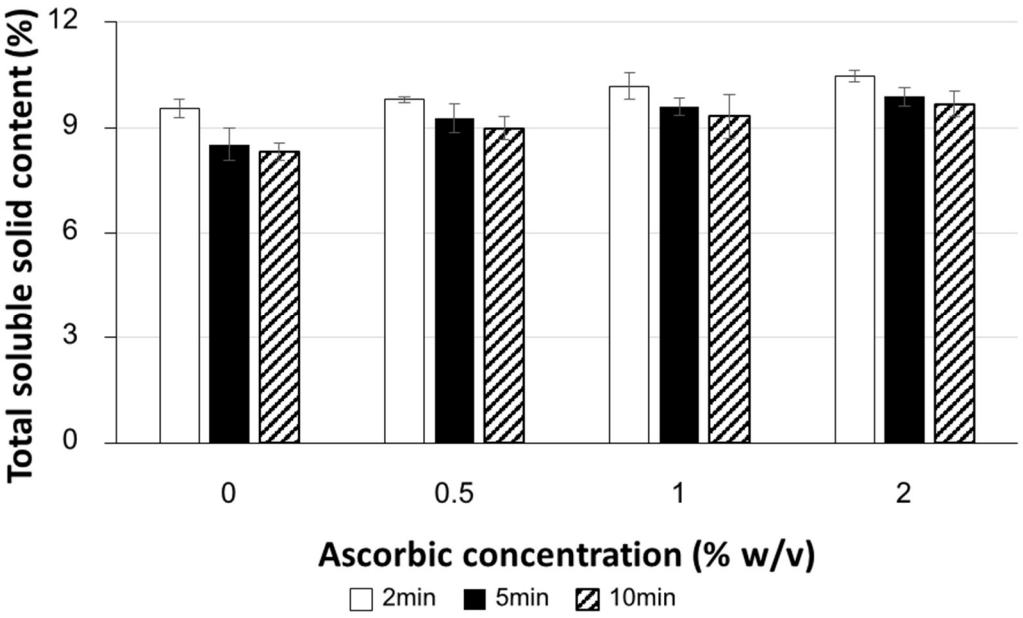
4.1.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS)

จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 9.69 และ 10.01 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงและมีค่าแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 2 นาที มีค่าเท่ากับ 9.99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.18 และ 10.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับสภาวะทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4.9 และภาคผนวกตารางที่ 6)

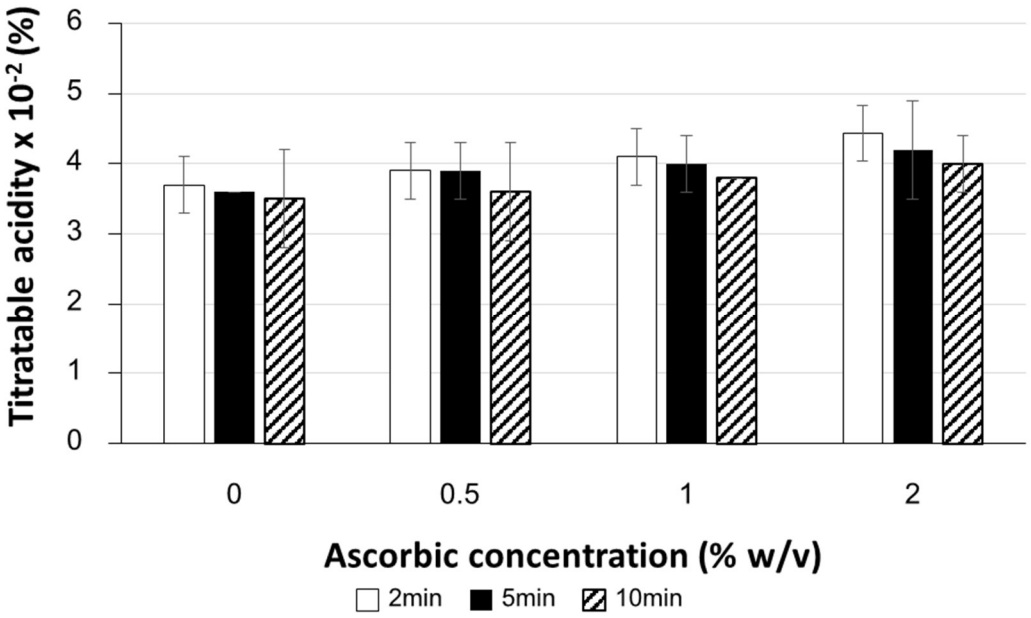
4.1.5 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; %)

จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้เพิ่มขึ้นและมีค่าความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้มากที่สุดคือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.97×10^{-2} และ 4.20×10^{-2} เปอร์เซ็นต์ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ลดลงและมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้มากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 2 นาที มีค่าเท่ากับ 4.09×10^{-2} เปอร์เซ็นต์ เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้มากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.10 และภาคผนวกตารางที่ 7)



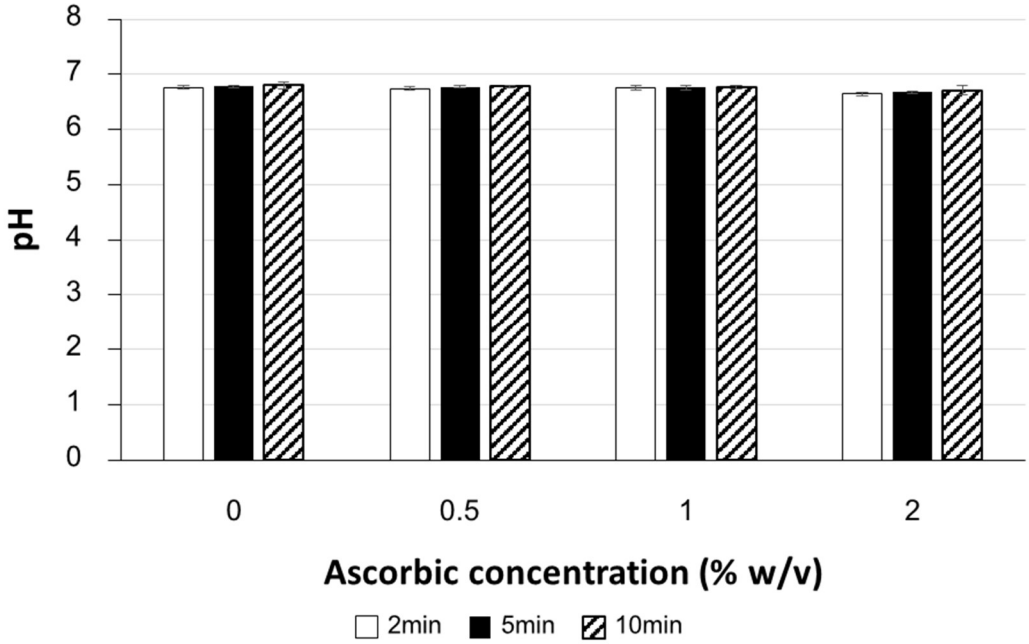
ภาพที่ 4.9 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids (TSS); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที



ภาพที่ 4.10 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity (TA); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที

4.1.6 ค่า pH

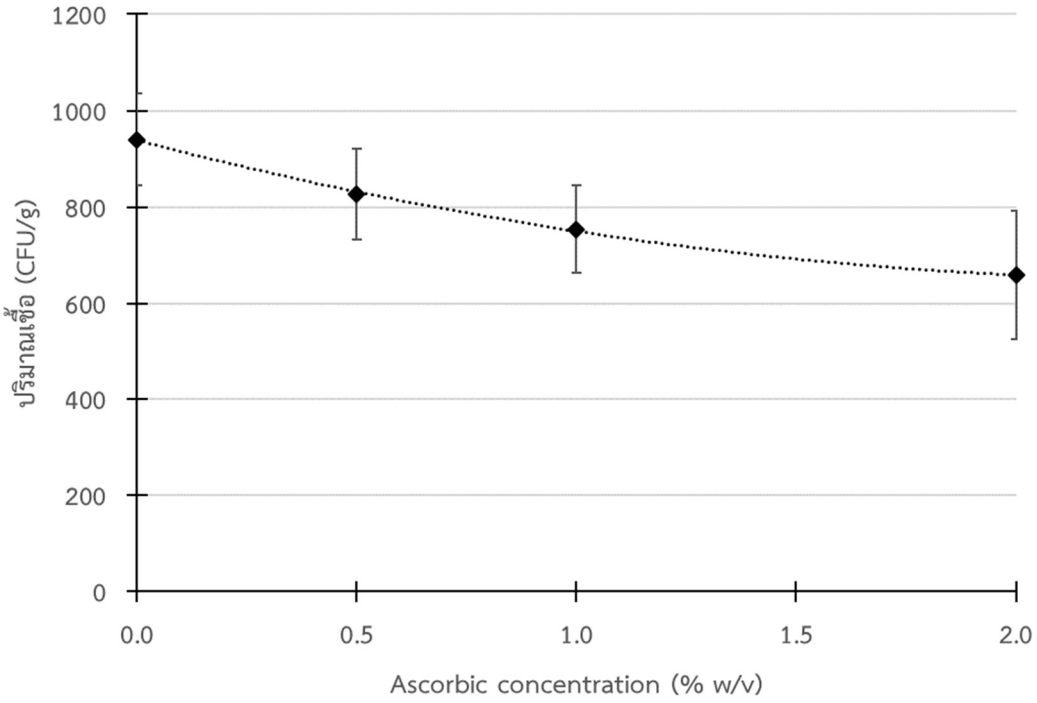
จากผลการทดลองพบว่าเนื้อผลแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่า pH ลดลงและมีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกที่ส่งผลให้มีค่า pH มากที่สุด คือ 2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 6.68 และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่า pH เพิ่มขึ้นและมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยค่า pH มากที่สุด คือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกที่เวลานาน 10 นาที มีค่าเท่ากับ 6.77 เมื่อวัดผลโดยศึกษาทั้งความเข้มข้นและเวลาที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกพบว่าสภาวะที่ทำให้มีค่า pH มากที่สุดคือ การได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติและชุดควบคุม (ภาพที่ 4.11 และภาคผนวกตารางที่ 8)



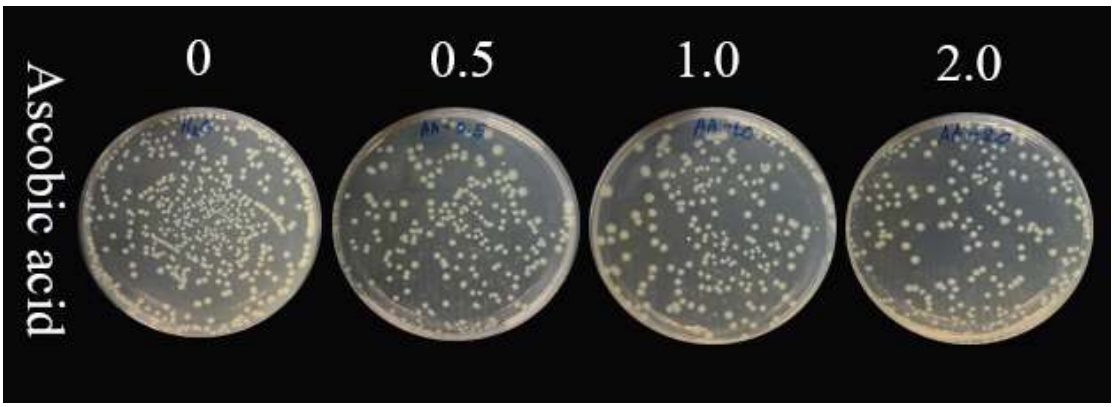
ภาพที่ 4.11 ค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที

4.1.7 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW)

ปริมาณของเชื้อ *E. coli* จากแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค มีค่าอยู่ในช่วง 658.73 – 1,568.78 CFU/g โดยพบว่าตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งในชุดควบคุม (ไม่ได้รับกรดแอสคอร์บิก) พบว่ามีปริมาณของเชื้อ *E. coli* สูงสุดเท่ากับ 1,568.78 ± 200.99 CFU/g ในขณะที่ตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณของเชื้อ *E. coli* ต่ำสุดเท่ากับ 658.73 ± 132.62 CFU/g (ภาพที่ 4.12) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับความเข้มข้นของแอสคอร์บิกมากขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณของเชื้อ *E. coli* ลดลงมากขึ้นตามไปด้วย (ภาพที่ 4.13)



ภาพที่ 4.12 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที



ภาพที่ 4.13 โคโลนีของเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA) จากแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 5 นาที

จากผลการทดลองพบว่าผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาแตกต่างกันสามารถบ่งบอกคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและ

ความแน่นเนื้อของเนื้อผลให้เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนซ์สามารถชะลอการละลายของสารโพรโทเพคติน (protopectin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ให้คงรูปอยู่ได้ไม่เปลี่ยนเป็นเพคตินที่ละลายน้ำ (soluble pectin) หรือชะลอการย่อยสลายแป้งให้เกิดช้าลง สอดคล้องกับการศึกษาในกล้วย และมะม่วง (Mattoo *et al*., 1975; Awad, 2006) และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักของเนื้อผล ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับกรดแอสคอร์บิกในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าสารละลายภายในเซลล์ (hypotonic solution) จะส่งผลให้น้ำเกิดออสโมซิสเข้าสู่เซลล์และทำให้เซลล์เต่งเพิ่มขึ้น เกิดแรงเต่งในสภาวะ turgid จึงเกิดการเพิ่มของน้ำหนักของเนื้อผลเมื่อใช้เวลานานระหว่างการแช่ผลผลิต (Wills *et al*., 1998) แต่ผลการทดลองมีค่าผกผันกับความแน่นเนื้อที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลาไม่เหมาะสมจะส่งผลกระตุ้นการเสื่อมสภาพของผลิตผล โดยเร่งการทำงานของเอนไซม์ pectin esterase โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่ดึงหมู่เมทธิวจาก galacturonic acid ในเพคติน เกิดเป็นกรดเพคตินอิสระ ส่งผลให้โครงสร้างของผนังเซลล์เสื่อมสภาพสูญเสียคุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ และเกิดการนุ่มของผล (Harker *et al*., 1989; Luna-Guzmán *et al*., 1999; Pall and Chen, 2000)

ความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อค่าความสว่าง (L* value) ของเนื้อผลที่ลดลงสัมพันธ์กับค่าความเข้ม (C* value) ของสีเนื้อมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าเนื้อผลมีสีเข้มขึ้น และสัมพันธ์กับค่าสีเนื้อผลที่มีสีส้มเข้มขึ้น โดยมีค่า Hue value น้อยกว่า 90 แสดงว่าเนื้อผลมีสีส้มมากขึ้น และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลต่อค่าความสว่างของเนื้อผลที่ลดลงสัมพันธ์กับค่าความเข้มของสีเนื้อมีค่าสูง แสดงให้เห็นว่าเนื้อผลมีสีเข้มขึ้น และสัมพันธ์กับค่าสีเนื้อผลโดยมีค่า Hue value ลดลงน้อยกว่า 90 แสดงว่าเนื้อผลมีสีส้มมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ช่วยชะลอการเสื่อมสภาพของสารสีในกลุ่มของแคโรทีนอยด์ (carotenoid) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเบต้าแคโรทีน (β-carotene) ที่ให้สารสีเหลือง-ส้มยังคงมีปริมาณสูง ซึ่งปริมาณกรดที่เพิ่มสูงจะส่งผลต่อการรักษาสารเบต้าแคโรทีนให้คงรูปในปริมาณสูงตามไปด้วย (Alvarez and Chiralt, 2000)

เมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อเพิ่มขึ้น สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (TA) มากขึ้น ทำให้มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลลดลง แสดงให้เห็นว่ากรดแอสคอร์บิกช่วยรักษาความแน่นเนื้อผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอสคอร์บิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ สามารถลดการเสื่อมสภาพของผนังเซลล์ จึงช่วยรักษาความแน่นเนื้อของเนื้อผลได้ดี และช่วยลดกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญได้แก่ กระบวนการหายใจระหว่างการเก็บรักษา โดยลดการสูญเสียปริมาณน้ำตาลซึ่งเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการให้ลดช้าลง (Silva *et al*., 2013; Taiz and Zeiger, 2002) สอดคล้องในผล winter guava พันธุ์ Allahabad Safeda ที่ได้รับแอสคอร์บิกความเข้มข้น 100 ppm สามารถรักษาปริมาณของ TSS สูง

(Gill *et al*., 2014) และในผลลิ้นจี่พบกรดแอสคอร์บิกมีประสิทธิภาพดีในการรักษาคุณภาพของ TA ซึ่งส่งผลให้พบค่าปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ของเนื้อผลมีค่าเพิ่มขึ้น (Liu *et al*., 2006) นอกจากนี้กรดแอสคอร์บิกช่วยรักษา pH ให้อยู่ในระดับต่ำ โดยยับยั้งการส่งผ่านไอออนของ H^+ ที่แตกตัวจากกรดระหว่างเมมเบรน ทำให้เกิดการสะสมของไอออนภายในเซลล์ (Martin-Diana *et al*., 2007) หรือโปรตีนบางส่วนถูกย่อยสลายให้กลายเป็นกรดอะมิโน ทำให้ pH ลดลงต่ำลง สอดคล้องกับการศึกษาในผลสตรอเบอร์รี่พันธุ์ Red Dream และ Camarosa และราสเบอร์รี่พันธุ์ Nova and Killarney ที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ ก่อนการเก็บรักษา (Turmanidze *et al*., 2017)

และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลานานขึ้นจะส่งผลต่อความแน่นเนื้อผลที่ลดลง สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (TA) ลดลง ทำให้มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลานานส่งผลให้ผนังเซลล์ของเนื้อผลถูกทำลาย จึงเร่งการเสื่อมสภาพของเนื้อผลให้เกิดอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการรั่วไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ได้เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลง และกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (TA) ลดลง (Lamikanra, 2002) และการได้รับกรดแอสคอร์บิกที่ระยะเวลานานมากเกินไปจะส่งผลให้โครงสร้างของผนังเซลล์เสื่อมสภาพสูญเสียคุณสมบัติการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ และเกิดการนุ่มของผล (Harker *et al*., 1989; Luna-Guzmán *et al*., 1999; Pall and Chen, 2000)

ตอนที่ 2 การศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)

จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักเพิ่มมากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 30 นาที มีค่าน้ำหนักเพิ่มขึ้นเท่ากับ 2.66 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 20 และ 10 นาที มีค่าเท่ากับ 1.42 และ 0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 4.14 และภาคผนวกตารางที่ 9)

4.2.2 ความแน่นเนื้อ (Firmness)

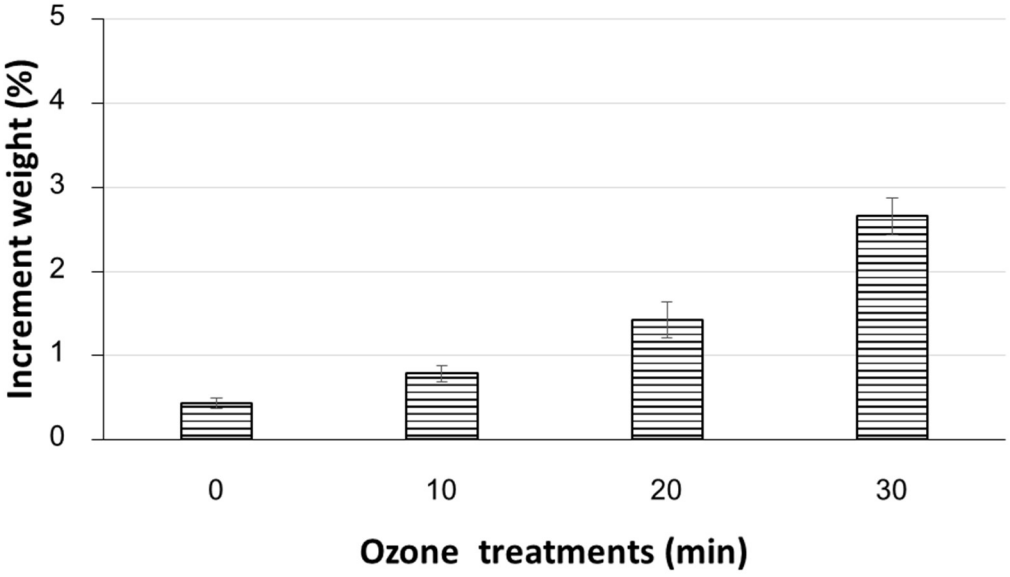
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความแน่นเนื้อลดลงและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความแน่นเนื้อมากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 10 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.34 นิวตัน และมีค่าเท่ากับ 8.34 นิวตัน และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม รองลงมาคือ 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 8.29 และ 8.19 นิวตัน ตามลำดับ (ภาพที่ 4.15 และภาคผนวกตารางที่ 9)

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงสีเนื้อ (L*, C* และ Hue value)

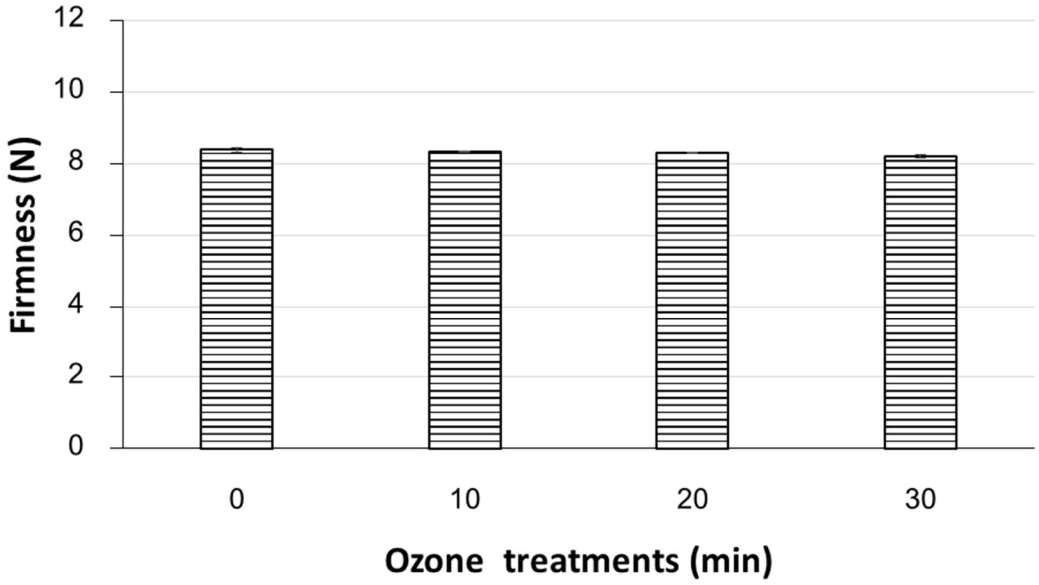
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความสว่าง (L* value) ลดลงและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความสว่างมากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 10, 20 และ 30 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 56.05, 56.00 และ 55.95 ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.16 และภาคผนวกตารางที่ 9)

จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าความเข้มสี (C* value) ลดลงและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความเข้มสีมากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 30 นาที มีค่าเท่ากับ 25.49 รองลงมาคือ 10 และ 20 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 24.61 และ 24.90 และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.17 และภาคผนวกตารางที่ 9)

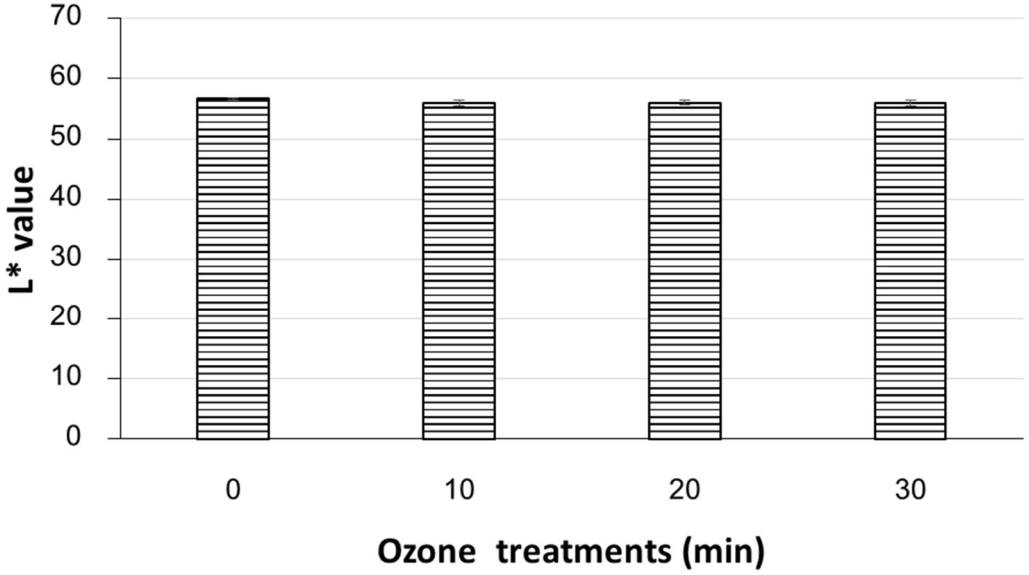
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีค่าสี (Hue value) ลดลงและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสีมากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 10 และ 20 นาที ซึ่งมีค่าเท่ากับ 63.89 และ 63.51 และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม ซึ่งค่าสีที่พบมีค่าในช่วง 45-90 จะแสดงผลของสีเนื้อเป็นสีส้มเมื่อมีค่ามากขึ้น ความสัมพันธ์กับค่าความสว่างมากและความเข้มสีน้อยลง (ภาพที่ 4.18 และภาคผนวกตารางที่ 10)



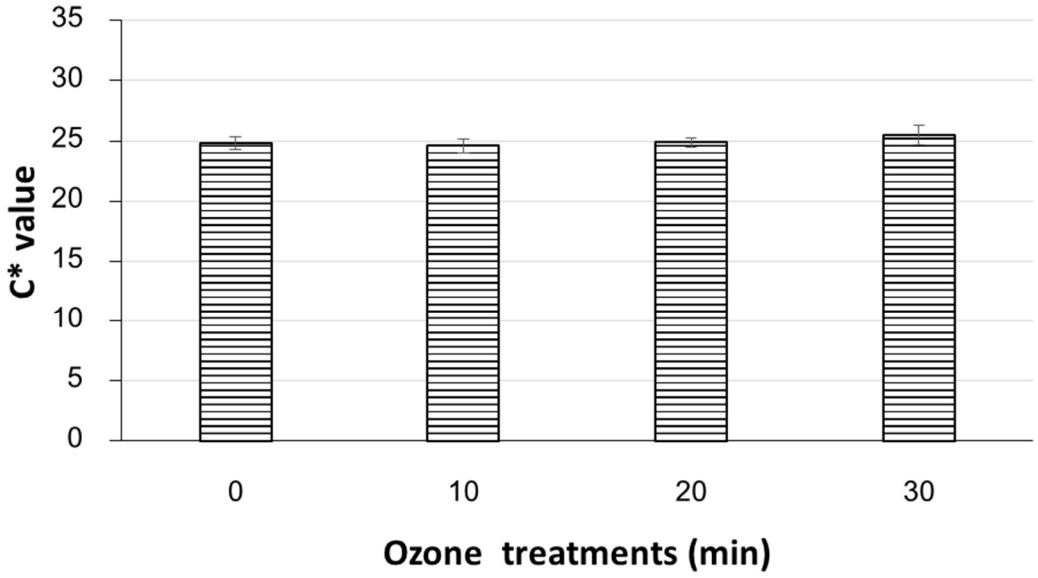
ภาพที่ 4.14 ค่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



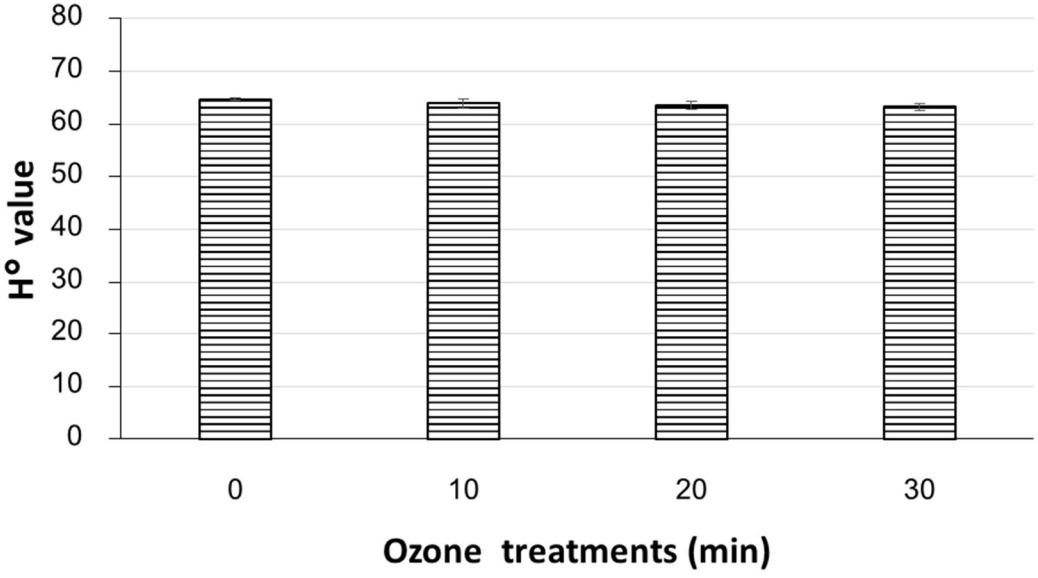
ภาพที่ 4.15 ความแน่นเนื้อ (Firmness; N) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



ภาพที่ 4.16 ค่าความสว่าง (L* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



ภาพที่ 4.17 ค่าความเข้มสี (Chroma; C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



ภาพที่ 4.18 ค่าสี (Hue value) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที

4.2.4 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS)

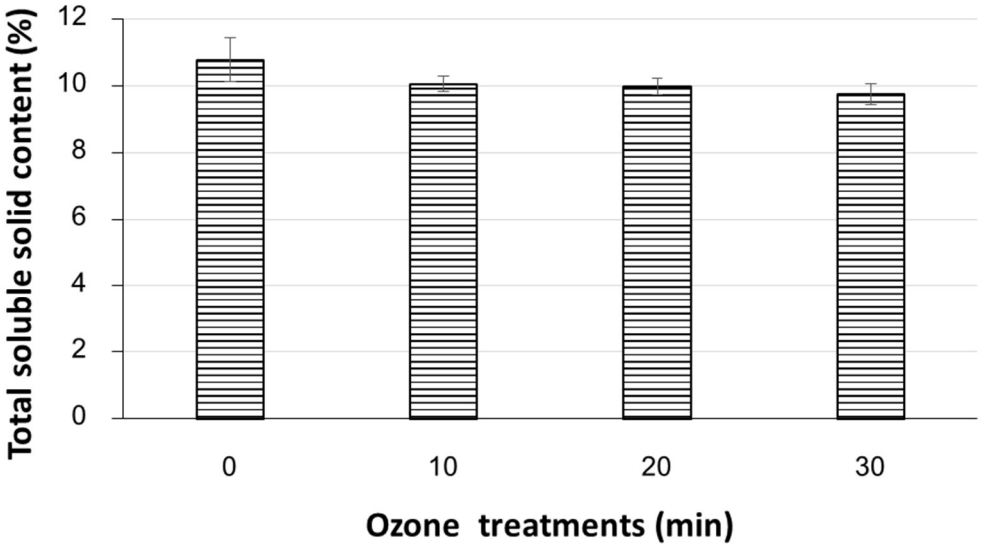
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ลดลงและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 10 นาที มีค่าเท่ากับ 10.06 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 9.98 และ 9.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.19 และภาคผนวกตารางที่ 10)

4.2.5 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; %)

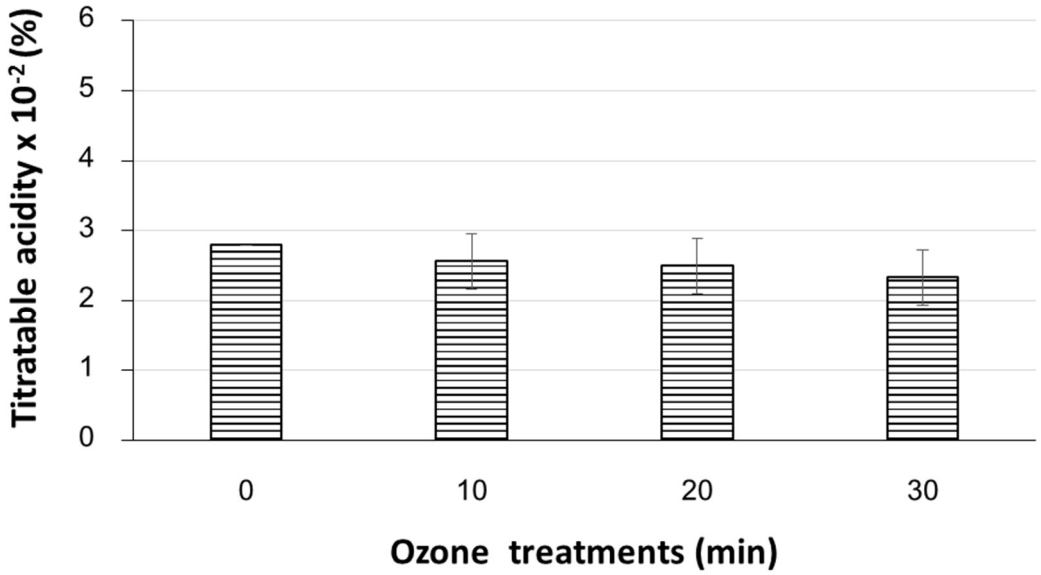
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ลดลงและมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้มากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 10 นาที มีค่าเท่ากับ 2.57×10^{-2} เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 2.50×10^{-2} และ 2.33×10^{-2} เปอร์เซ็นต์ และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.20 และภาคผนวกตารางที่ 10)

4.2.6 ค่า pH

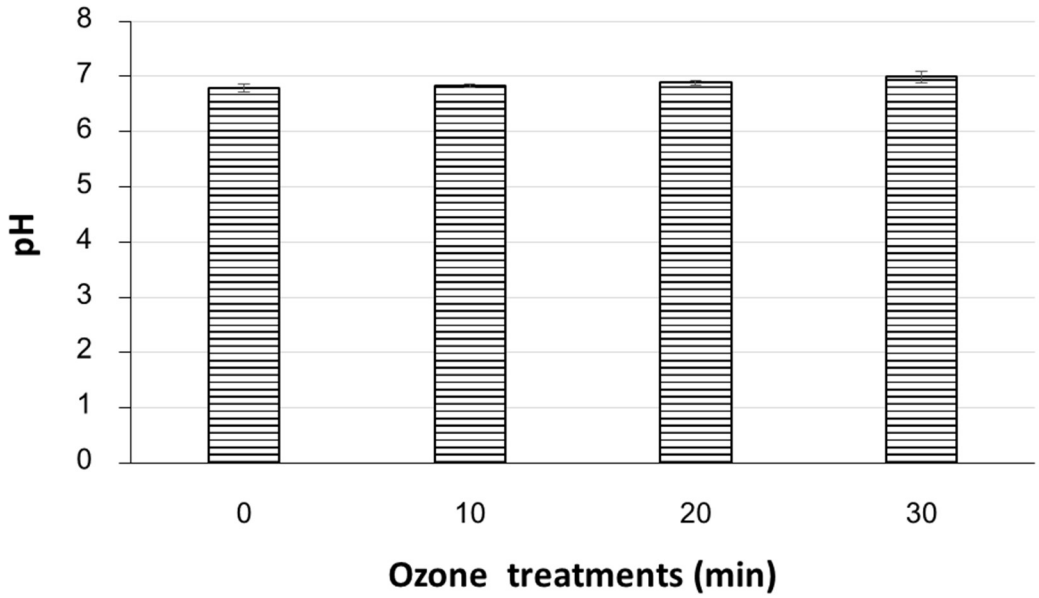
จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลานานเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่า pH เพิ่มขึ้นและมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่า pH มากที่สุด คือ การได้รับโอโซนที่เวลานาน 20 และ 30 นาที มีค่าเท่ากับ 6.89 และ 6.99 และมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับชุดควบคุม (ภาพที่ 4.21 และภาคผนวกตารางที่ 10)



ภาพที่ 4.19 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids (TSS); เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



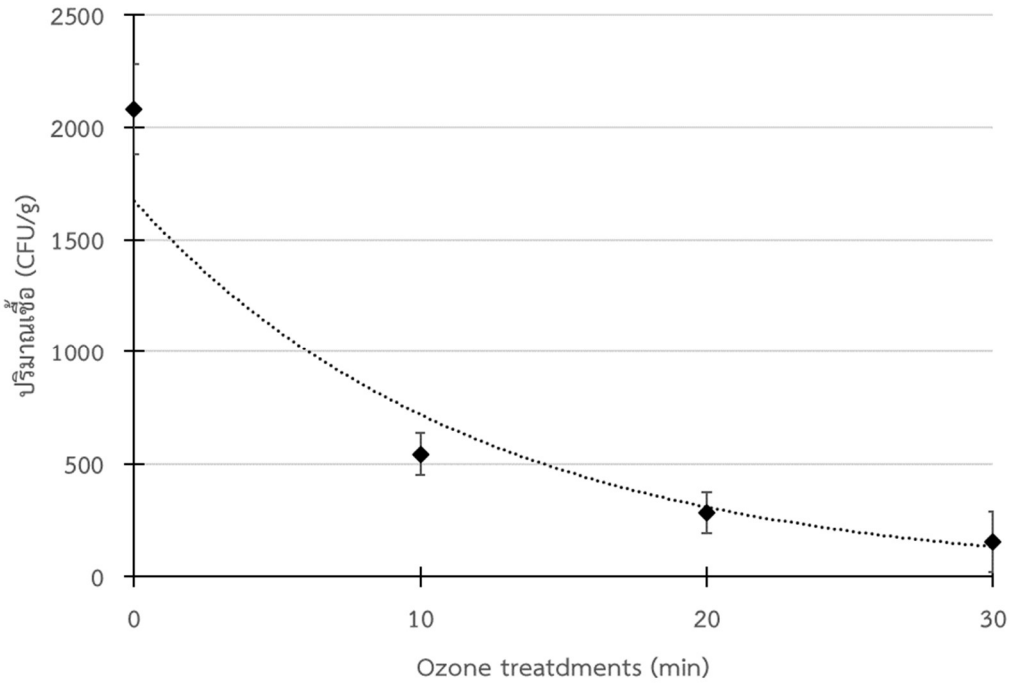
ภาพที่ 4.20 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



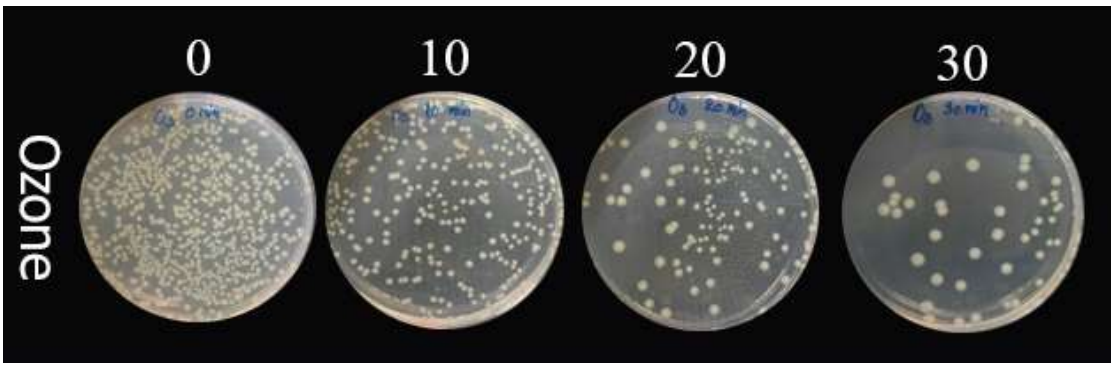
ภาพที่ 4.21 ค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที

4.2.7 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW)

จากผลการทดลองพบว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคภายหลังได้รับโอโซนที่เวลาต่างๆ ได้แก่ 0, 10, 20 `และ 30 นาที พบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* จากแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค มีค่าอยู่ในช่วง 154.76 – 2,079.36 CFU/g ตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งในชุดควบคุม (ที่เวลา 0 นาที) พบว่ามีปริมาณของเชื้อ *E. coli* สูงสุดเท่ากับ 2,079.36 ± 85.39 CFU/g ในขณะที่ตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งที่ระยะเวลา 30 นาที จะมีปริมาณของเชื้อ *E. coli* ต่ำสุดเท่ากับ 154.76 ± 29.63 CFU/g (ภาพที่ 4.22) ซึ่งจะเห็นได้ว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซนนานขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณของเชื้อ *E. coli* ลดลงมากขึ้นตามไปด้วย (ภาพที่ 4.23)



ภาพที่ 4.22 จำนวนเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ของแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที



ภาพที่ 4.23 โคโลนีของเชื้อ *E. coli* (CFU/g FW) ที่ขึ้นบนอาหาร Plate Count Agar (PCA) จากแคนตาลูปตัดแต่งของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที

จากผลการทดลองพบว่าผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับโอโซนในระยะเวลาแตกต่างกันสามารถบ่งบอกคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยระยะเวลาการให้โอโซนที่มากขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับโอโซนในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าสารละลายภายในเซลล์ (hypotonic solution) ส่งผลให้น้ำเกิดปรากฏการณ์ออสโมซิสเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ ทำให้เซลล์เต่งเพิ่มขึ้น เกิดแรงเต่งในสภาวะ turgid จึงเกิดการเพิ่มของน้ำหนักของเนื้อผลเมื่อให้กับผลิตผลเป็นเวลานาน (Wills *et al*., 1998)

นอกจากนี้การให้โอโซนเป็นเวลานานมีค่าผกผันกับความแน่นเนื้อของเนื้อผลที่ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากโอโซนที่ใช้ในระยะเวลาที่เหมาะสมมีผลช่วยลดการเกิดการนิ่มของเนื้อผลไม่แตกต่างจากชุมควบคุม โดยมีผลลดการทำงานของเอนไซม์เพคติน เมทิล เอสเทอร์เรส (pectin methyl esterase; PME) ทำให้เพคตินยังคงสภาพไม่ละลายน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาในมะเขือเทศที่ให้โอโซนความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที (Rodoni *et al*., 2010) หากใช้เวลานานเกินไปจะส่งผลต่อการทำลายผนังเซลล์ให้เสื่อมสภาพเร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาในผลส้ม 6 พันธุ์ ได้แก่ mandarin 2 พันธุ์ (forture และ ortanique) และอีก 4 พันธุ์ (navelate, lanelate, salustiana และ valencia) ที่ได้รับโอโซนในบรรยากาศ 1.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 12 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 28 วัน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการเป็นเยื่อเลือกผ่านของเมมเบรนบริเวณต่อมน้ำมัน (Francisco *et al*., 2018)

การให้โอโซนในระยะเวลาที่เหมาะสมจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผลแคนตาลูปสออดคล้องกับการศึกษาในผลมะเขือเทศ การได้รับโอโซนความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีผลเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Rodoni *et al*., 2010) แต่หากได้รับโอโซนที่ระยะเวลานานจนเกินไปจะส่งผลให้เมมเบรนเสียหาย จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตผล สอดคล้องกับแครอทที่แช่ในน้ำที่ได้รับโอโซนความเข้มข้น 1 ppm นาน 5 นาที ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส (Alegria *et al*., 2009) และในมะเขือเทศได้รับโอโซนความเข้มข้น 30 ppm (Das *et*

al., 2006) นอกจากนี้การได้รับโอโซนความเข้มข้นสูงยังเพิ่มความเข้มของสีในเนื้อผลแคนตาลูป (Selma *et al*., 2008)

เมื่อระยะเวลาของการให้โอโซนที่มากขึ้นส่งผลต่อค่าความแน่นเนื้อลดลง สัมพันธ์กับปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (TA) ลดลง ทำให้มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการได้รับโอโซนในปริมาณและเวลาที่เหมาะสม จะช่วยรักษาคุณภาพของผลิตผลทั้งความแน่นเนื้อ TSS และ TA ได้ดีไม่แตกต่างจากชุดควบคุม สอดคล้องกับการได้รับโอโซนในแตงกวาที่ความเข้มข้น 5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 15 นาที ที่อุณหภูมิ 7 องศาเซลเซียส มีผลรักษาคุณภาพทางสรีรวิทยาและเคมีของผลิตผลได้ดีเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (Yunzhi *et al*., 2017) และการได้รับโอโซนในมะเขือเทศความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตร เป็นเวลา 10 นาที จะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและปริมาณกรด (Rodoni *et al*., 2010)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่า วัสดุทดลองมีผลต่อการถ่ายโอนเชื้อ *Escherichia coli* TISTR527 โดยพบว่าเขียงพลาสติกมีเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อสูงกว่าเขียงไม้ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อการถ่ายโอนเชื้อจากวัสดุทดลองสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคอีกด้วย เนื่องจากระยะเวลาในการสัมผัสกับวัสดุทดลองยิ่งนานมากขึ้น ค่าเปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อจะสูงขึ้น ทั้งในเขียงไม้และเขียงพลาสติก

ในการศึกษาการถ่ายโอนเชื้อจุลินทรีย์ในสภาวะจำลองจริง โดยการปล่อยแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคลงบนพื้นห้อง ที่ระยะเวลาสัมผัสต่างๆ ผลปรากฏว่าไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรค ได้แก่ *Escherichia coli, S. aureus* และ *Salmonella* spp. และไม่พบเชื้อราและยีสต์ แต่พบปริมาณของแบคทีเรียทั้งหมด (Total viable count; TVC) ตั้งแต่ระยะสัมผัส 5 วินาที ดังนั้นจากทฤษฎีกฎ 5 วินาที การบริโภคแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ตกลงบนพื้นหรือสัมผัสกับวัสดุที่มีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ แม้เป็นระยะเวลาสั้นๆ ก็อาจส่งผลเสี่ยงต่อผู้บริโภคได้

จากการศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา พบความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เหมาะสม คือ 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที มีผลให้ความแน่นเนื้อ ค่าความเข้ม ค่าสีเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง และค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลมีค่าลดลง ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ลดลงเมื่อได้รับความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกมากขึ้น

จากการศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา พบว่าการได้รับโอโซนในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 10 นาที โดยมีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ลดลง แต่มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลเพิ่มขึ้น ผลการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ลดลงเมื่อได้รับโอโซนในระยะเวลานานขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2560. เกณฑ์คุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารและภาชนะ.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/Documents/1S_1286203.pdf. ค้นเมื่อ: 29 ตุลาคม 2561.

คำนึง คำอุดมสุข. 2543. แคนตาลูป และการปลูกแคนตาลูป. [ออนไลน์] แหล่งที่มา: https://puechkaset.com/แคนตาลูป/ ค้นเมื่อ: 29 ตุลาคม 2561.

ชุติรัตน์ อัศวเทพ. 2546. การตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli* จากตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภคผักสดและผลไม้ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยวิธี MPN Technique และ ปฏิกิริยาลูกโซ่โพลิเมอเรส. สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรนาม. 2559. แคนตาลูป. [ออนไลน์].แหล่งที่มา: https://www.thai-thaifood.com/. ค้นเมื่อ: 29 ตุลาคม 2561.

พนัทพล รุจรดาวงศ์. 2556. แคนตาลูป [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://com226- muasua.blogspot.com/. ค้นเมื่อ: 29 ตุลาคม 2561.

รอสมี ยะสะแต และสมชาย กล้าหาญ. 2559. ผลของระดับอุณหภูมิและชนิดบรรจุภัณฑ์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนตัดแต่ง. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 3(ฉบับพิเศษ): 47-54.

วชุติรัตน์ อัศวเทพ. 2546. การตรวจสอบเชื้อ *Escherichia coli* จากตัวอย่างอาหารพร้อมบริโภค

วรภัทร ลัคนทินวงศ์ และ ปิยะพงษ์ สอนแก้ว. 2553. คุณภาพเมล่อน (Rock melon) ตัดแต่งบริโภคในภาชนะขายปลีกเพื่อการส่งออกและอาหารบนเครื่องบิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 18(1): 61-69.

วฤษณี ปรีชานฤชิตกุล. 2554. สิ่งเล็กๆ ที่เรียกว่าอีโคไล. กสิกรเกษตรน่ารู้. 84(4): 77-82.

วิกิพีเดีย สารานุกรม. 2561. แคนตาลูป.[ออนไลน์]. แหล่งที่มา: https://th.wikipedia.org/wikiแคนตาลูป ค้นเมื่อ: 9 พฤศจิกายน 2561.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2556. การปฏิบัติที่ดีสำหรับการผลิตผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค. มกษ.9093-2556.

Ak, N.O., D.O., Cliver and C.W., Kaspar. 1994. Decontamination of plastic and wooden cutting boards for kitchen use. Journal of Food Protection. 57: 23-30.

Aviat, F., C., Gerhards, J., Rodriguez Jerez, V., Michel, I.L., Bayon, R., Ismail and M., Federighi. 2016. Microbial safety of wood in contact with food: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 15(3): 491–505.

Alvarez, L.D. and A. Chiralt. 2000. Color of minimally processed fruits and vegetables as affected by some chemical and biochemical changes, pp. 111-126. *In*. Alzamora, S.M., A.S. Tapia and A. Lopez-Malo, eds. Minimally Processed Fruits

and Vegetables: Fundamental Aspects and Applications. An Aspen Publication Inc., Gaithersburg, Maryland.

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Method 942.15 Acidity (Tritratable) of Fruit Products. Arlington.

Aviat, F., C., Gerhards, J., Rodriguez Jerez, V., Michel, I.L., Bayon, R., Ismail and M., Federighi. 2016. Microbial safety of wood in contact with food: A review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 15(3): 491–505.

Awad, R.U.A. 2006. Effects of some natural pre-harvest treatments on mineral content, yield, fruit quality and storability of mango fruits: Ph.D. Thesis, Fac. Agric., Alex. Univ. p.111.

Das, E., G.C. Gurakan and A. Bayindirli. 2006. Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of Salmonella enteritidis on cherry tomatoes. Food Microbiol., 23(5):430–438.

Dawson, P., Han, I., Cox, M., Black, C., & Simmons, L. (2007). Residence time and food contact time effects on transfer of *Salmonella* Typhimurium from tile, wood and carpet: Testing the five-second rule. *Journal of Applied Microbiology*, *102*(4), 945–953.

Ekici, G., & Dümen, E. (2019). *Escherichia coli* and food safety. The universe of *Escherichia coli*. Retrieved March 9, 2020, from https://doi.org/10.5772/intechopen.82375

FAO/WHO. (2011). Microbiological hazards and melons. Repot prepared for codex committee on food hygiene working group on the development of an annex on melons for the code of Hygienic practice for fresh fruit and vegetables (CAC/RCP 53-2003). Retrieved March 9, 2020, from http://www.fao.org/tempref/AG/agn/jemra/-Microbiological_ hazards_and_Me-lons_Nov08.pdf

Francisco, J., G. Martín, M. Olmo and J.M. García. 2018. Effect of ozone treatment on postharvest disease and quality of different citrus varieties at laboratory and industrial facility. Postharvest Biol. Technol., 137: 77-85.

Gkana, E., Chorianopoulos, N., Grounta, A., Koutsoumanis, K., & Nychas, G.-J. E. 2017. Effect of inoculum size, bacterial species, type of surfaces and contact time to the transfer of foodborne pathogens from inoculated to non-inoculated beef fillets via food processing surfaces. *Food Microbiology*, *62*, 51–57.

Gill, K.B.S., H.S. Dhaliwal and B.V.C. Mahajan. 2014. Effect of post-harvest treatment of ascorbic acid on shelf life and quality of guava (*Phidium guajava* L.) Cv. Allahabad Safeda. Int. J. Agric. Sc & Vet. Med., 2(1).

Harker, F. R., I. B. Ferguson, and F. I. Dromgoole. 1989. Ca ion transport through tissue discs of the cortical flesh of apple fruit. Physiol. Plant., 74: 688-694.

Jensen, D. A., Friedrich, L. M., Harris, L. J., Danyluk, M. D. & Schaffner, D. W. (2013). Quantifying transfer rates of *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 between fresh-cut produce and common kitchen surface. *Journal of Food Protection, 76*, 1530-1538.

Konicaminolta. 2015. L*, C* and H° color space. [Online]. Available Source: http://www.konicaminolta.com/about/research/instruments/instrument_001.html, Accessed Data: 1 April 2018.

Lamikanra, O. 2002. Fresh-Cut Fruits and Vegetables Science, Technology and Market. CRC Press LLC. The United States of America.

Lipschutz, B.M., Kagan, D., Steed, L., Kagan, E. & Lipschutz, J. H. (2016). Contact time for foods of different textures leads to differential bacterial growth: testing the five second rule. International *Journal of Applied Environmental Sciences, 11*, 1387-1396.

Liu, H., J. Shi, L. Song, Y. Jiang and Y. You. 2006. Browning control and quality maintenance of litchi fruit treated with combination of N-acetyl cysteine and isoascorbic acid. Journal of Food Technology, 4(2): 147-151.

Luna-Guzmán, I., M. Cantwell, and D. M. Barrett. 1999. Fresh-cut cantaloupe: effects of CaCl2 dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. Postharvest Biol. Technol., 17: 201–213.

Martin-Diana, A.B., D. Rico, G. Henehan, J.M. Frias and J. Barat. 2007. Extending and Measuring the Quality of Fresh-Cut Fruit and Vegetables: a Review. [Online]. Available Source: https://arrow.tudublin.ie/cgi/viewcontent.cgi?article=1125&context=schfsehart Accessed Data: 1 January 2020.

Mattoo, A.K., T. Murata, E.B. Pantastico, K. Chachiss, K. Ogata, C.T. Phan and E.B. Pantastico. 1975. Post-Harvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. pp. 103-127, The AVI Pub. Co. Inc. Westport Connecticut.

Miranda, R.C. and D.W., Schaffner. 2016. Longer contact times increase cross-contamination of *Enterobacter aerogenes* from surfaces to food. Applied and Environmental Microbiology. 82(21): 6490-6496.

Moore, C. M., Sheldon, B. W., & Jaykus, L.-A. 2003. Transfer of *Salmonella* and *Campylobacter* from stainless steel to romaine lettuce. *Journal of Food Protection*, *66*(12), 2231–2236.

Olsen, N. (2020). Everything you need to know about cantaloupe. **.** Retrieved March 9, 2020, from https:// www.medicalnewstoday.com/articles/279176

Paull, R. E., and N. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. Postharvest Biol. Technol., 21: 21-37.

Rodoni, L., N. Casadel, A. Concellon, A.R.C. Alicia and A.R. Vicente. 2010. Effect of short-term ozone treatments on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit quality and cell wall degradation. J. Agric. Food Chem., 58: 594-599.

Saelim, K. & Lueangprasert, K. 2016. *Evaluation of physical-chemical characteristics and microbiological quality of fresh-cut cantaloupe sale in Sa Kaeo province.* Research report. Sa Kaeo: Burapha University.

Selma. M.V., A.M. Ibanez, M. Cantwell and T. Suslow. 2008. Reduction by gaseous ozone of Salmonella and microbial flora associated with fresh-cut cantaloupe. Food Microbiol., 25(4):558– 565.

Silva, E.P., A.F.L. Cardoso, C. Fante, C.M. Rosell and E.V.B.V. Boas. 2003. Effect of postharvest temperature on the shelf life of gabiroba fruit (*Campomanesia pubescens*). Food Sci. Technol., 33(4): 632-637.

Szalay, J. (2018). Cantaloupes: Health Benefits & Nutrition Facts**.** Retrieved March 9, 2020, from https:// www.livescience.com/54475-cantaloupe-nutrition.html

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Plant physiology. 3rd ed. Sunderland: Sinauer Associates.

Turmanidze, T., M. Jgenti, L. Gulua and V. Shaiashvili. 2017. Effect of ascorbic acid treatment on some quality parameters of frozen strawberry and raspberry fruits. Annals of Agrarian Science, 15: 370-374.

Wachtel, M. R., McEvoy, J. L., Luo, Y., Williams-Campbell, A. M., & Solomon, M. B. 2003. Cross- contamination of lettuce (*Lactuca sativa* L.) with *Escherichia coli* O157:H7 via contaminated ground beef. *Journal of Food Protection*, *66*(7), 1176–1183.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest: An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals. Hyde Park Press, Adelaide, South Australia. pp. 77-96.

Yunzhi, L., J. Lili, C. Cunkun, W. Hao, J. Lin, P. Yinghong and W. Chengrong. 2017. J. Food Saf. Qual., 8(5): 1559-1564.

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
(Executive Summary)

ข้าพเจ้า ดร.ไกรยศ แซ่ลิ้ม ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการวิจัยเรื่อง ถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

Transfer and Decontamination of *Escherichia coli* on Fresh- cut Cantaloupe

สัญญาเลขที่ ก๑/๒๕๖๒ ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น ๓๐,๐๐๐ บาท (สามหมื่นบาทถ้วน) ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี 6 เดือน ระหว่างวันที่ 4 เมษายน 2562 ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2563

บทคัดย่อ

แคนตาลูปเป็นผลไม้ที่นิยมนำมาบริโภคในรูปผลสดโดยไม่ผ่านกรรมวิธีใดๆ แต่ถ้าไม่ได้รับการจัดการที่เหมาะสม ก็อาจกลายเป็นแหล่งปนเปื้อนของเชื้อโรคอาหารเป็นพิษและเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะเมื่อรับประทานอาหารดิบ งานวิจัยฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อพิสูจน์ความเชื่อเกี่ยวกับกฎ 5 วินาที และกำหนดการถ่ายโอนเชื้อ *Escherichia coli* จากเขียงไม้และเขียงพลาสติกสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคปล่อยลงบนวัสดุทดลองจากความสูง 12.5 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลาสัมผัส ได้แก่ 5, 30 และ300 วินาที และนำไปหาปริมาณเชื้อ *E. coli* ต่อการถ่ายโอนแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคสู่วัสดุทดลอง โดยชนิดของวัสดุทดลองและระยะเวลาสัมผัสมีผลอย่างมากต่อการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* ไปสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค พบว่าเขียงพลาสติกให้เปอร์เซ็นต์การถ่ายโอนของเชื้อสูงกว่าเขียงไม้ สำหรับเขียงพลาสติกจะมีอัตราการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* เพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะเวลาสัมผัสที่ 300 วินาที นอกจากนี้เมื่อนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคปล่อยลงบนพื้นห้องครัวจากความสูงประมาณ 60 เซนติเมตร ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ระยะเวลา 5 วินาที พบแบคทีเรียทั้งหมด (ประมาณ 9.35×10^2 CFU/cm^2) ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงต่อสุขภาพในการบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนจากเชื้อโรค

ในการทดลองครั้งนี้ศึกษาผลของกรดแอสคอร์บิกต่อการยั้บยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค นำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจุ่มในสารละลายเปปโตนความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ที่ประกอบด้วยความเข้มข้นของเชื้อ *E. coli* ประมาณ 10^4 CFU/ml เป็นเวลานาน 2 นาที และตากให้แห้งในตู้ปลอดเชื้อ นำแคนตาลูปตัดแต่งแช่ในสารละลายกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 2, 5 และ 10 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา จากผลการทดลองพบว่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ ที่ระยะเวลาแตกต่างกันสามารถบ่งบอกคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค โดยความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกที่เหมาะสม คือ 1 และ 2

เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2 นาที ซึ่งมีผลให้ความแน่นเนื้อ ค่าความเข้ม ค่าสีเนื้อ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่าง และค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลมีค่าลดลง ผลทางจุลชีววิทยาพบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาผลของก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคโดยนำแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคเช่นเดียวกับการทดลองโดยใช้กรดแอสคอร์บิก นำไปแช่ในสารละลายที่มีปริมาณก๊าซโอโซนความเข้มข้นประมาณ 0.4 พีพีเอ็ม ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 0, 10, 20 และ 30 นาที นำไปวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และจุลชีววิทยา จากผลการทดลองพบว่าคุณภาพทางกายภาพและเคมีของเนื้อผลที่ได้รับโอโซนในระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 10 นาที โดยมีค่าความแน่นเนื้อของเนื้อผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อผล ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ลดลง แต่มีค่า pH ของสารละลายในเนื้อผลเพิ่มขึ้น ผลทางจุลชีววิทยาพบว่าปริมาณของเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค จะลดลงเมื่อเพิ่มระยะเวลาการได้รับโอโซน

คำสำคัญ: แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ระยะเวลาสัมผัส การถ่ายโอนเชื้อ เขียง

Abstract

Cantaloupe are a popular fruit which can be consumed in its raw form without undergoing processing. But if they are not handled properly, it can also become a source of food-borne pathogens and hazardous to health particularly when eaten raw. The objective of this research is to prove belief about five second rule and to determine the transfer of *Escherichia coli* from wood and plastic cutting boards to fresh-cut cantaloupe. Fresh-cut cantaloupe were dropped on to the surface from 12.5 cm and placed onto each surface for 5, 30 and 300 seconds. They were then measured the amount of *E. coli* transferred to fresh-cut cantaloupe. Surface type and contact time had highly effects on transfer of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe. Plastic had the higher percent transfer of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe than wood. Transfer rate of *E. coli* increased with increased the contact time on surface. Transfers of *E. coli* to fresh-cut cantaloupe was highest at 300 sec for plastic surface. Moreover, when fresh-cut cantaloupe were dropped onto the kitchen floor from a height of about 60 cm, the results showed that Total viable count (approximately 9.35×10^2 CFU/cm^2) can be transferred to fresh-cut cantaloupe at 5 sec. This research demonstrated that the risk of illness resulting from deciding to consume food dropped on the floor or materials contaminated with pathogens.

The objectives of this study were to investigate the effect of ascorbic acid on *E. coli* inhibition in fresh-cut cantaloupe. The fresh–cut cantaloupe samples were dipped in 0.1% peptone solution containing approximately 10^4 CFU/ml of *E. coli* for 2 min and to dried in an aseptic cabinet. The fresh–cut cantaloupe samples were soaked at 0, 0.5, 1.0 and 2.0% of ascorbic acid at 4°c for 2, 5 and 10 min. The samples were analyzed to physicochemical qualities and microbial quality. The results showed that the physical and chemical qualities of fresh-cut cantaloupe pulp were obtained of ascorbic acid in various concentrations and different period times, which was indicated the quality of fresh-cut cantaloupe. The optimum concentration of ascorbic acid was 1 and 2% for 2 minutes, which were resulted to increase in firmness, chroma value (C* value), hue value (H° value), total soluble solids and tritratable acidity. L* value and the pH of the solution in the pulp were decreased. The number of *E. coli* on fresh-cut cantaloupe decreases with increasing the concentration of ascorbic acid**.**

Study of the effect of ozone on *E. coli* inhibition in fresh-cut cantaloupe was investigated. The fresh–cut cantaloupe samples were prepared as well as ascorbic acid experiment. The fresh–cut cantaloupe samples were immersed at 0.4 ppm of ozone for 0, 10, 20 and 30 min. The samples were analyzed to physicochemical qualities and microbial quality. The results showed that the physicochemical qualities of fresh-cut cantaloupe pulp for optimum time of ozone were 10 min. It was found that the firmness was non-significant with control and non-influent on pulp color change. Total soluble solids and tritratable acidity were decreased but pH of pulp solution was increased. The number of *E. coli* on fresh-cut cantaloupe decreases with increasing the contact time for ozonation treatment.

Keywords: Fresh-cut cantaloupe, Contact time, Transfer, Cutting board

Output:

- การศึกษาผลของระยะเวลาเวลาสัมผัสต่อการโอนถ่ายเชื้อ *E. coli* จากเขียงสู่แคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค และการใช้กรดแอสคอร์บิกหรือก๊าซโอโซนต่อการยับยั้งเชื้อ *E. coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค
- นำเสนอผลงานในที่ประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ 1 ครั้ง

Outcome:

o ในส่วนของภาครัฐ เช่น กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงอุตสาหกรรม เป็นต้น ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการจัดการแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค เพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดนโยบายและการกำกับดูแลมาตรฐานของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

o ในส่วนของภาคอุตสาหกรรม หรือบุคคลทั่วไป เช่น ผู้ประกอบการ ผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น ได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนจัดการผลิตแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

o ในส่วนของนักวิชาการ ได้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกระบวนการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคจากผลงานวิจัยที่ได้เสนอผลงานในระดับชาติหรือนานาชาติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิจัยต่อยอดต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. แม้ว่าจากการทดลองในครั้งนี้ ผู้ทำการวิจัยพบว่าระยะเวลาเวลาสัมผัสและชนิดของวัสดุสัมผัสมีผลต่อการถ่ายโอนเชื้อ *E. coli* สู่ไปแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค อย่างไรก็ตามยังคงมีปัจจัยอื่นที่ควรศึกษาเพิ่มเติม เช่น ผลของชนิดแคนตาลูป ผลของชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น
2. จากการศึกษาการลดการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* สู่ไปแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค ด้วยการใช้กรดแอสคอร์บิก และการใช้โอโซน พบว่าสามารถลดการปนเปื้อนเชื้อ *E. coli* บนแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนจัดการผลิตแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=5)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	0.32±0.17h	1.68±0.14e	2.15±0.13bc	1.38±0.82a
0.5	0.42±0.16h	1.80±0.27de	2.39±0.18ab	1.54±0.89a
1	0.93±0.31g	1.90±0.17cde	2.45±0.09a	1.76±0.68a
2	1.27±0.19f	2.05±0.17cd	2.48±0.20a	1.93±0.54a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	0.73±0.44c	1.86±0.23b	2.37±0.19a	1.65±0.75
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	ns			
เวลาในการแช่	*			

ตารางที่ 2 ความแน่นเนื้อ (firmness; N) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=5)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	8.48±0.12cde	8.41±0.04ef	8.36±0.04f	8.42±0.09c
0.5	8.57±0.06ab	8.46±0.02de	8.40±0.05ef	8.48±0.08b
1	8.58±0.06a	8.50±0.04bcd	8.47±0.06cde	8.52±0.07ab
2	8.59±0.09a	8.55±0.04abc	8.50±0.04bcd	8.55±0.07a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	8.55±0.09a	8.48±0.06b	8.43±0.09b	8.49±0.99
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	*			

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 3 ค่าความสว่าง (L* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=10)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	62.16±2.17a	56.58±2.52bc	54.22±2.47cde	57.65±4.10a
0.5	60.07±0.39a	55.25±2.88bc	52.57±3.12def	55.97±3.94ab
1	57.21±3.58b	54.72±1.89bcd	52.23±2.91def	54.72±3.46bc
2	55.41±2.47bc	52.09±3.39ef	51.43±2.60f	52.97±3.27
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	58.71±3.52a	54.66±3.10b	52.61±2.87c	55.33±4.05
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	*			

ตารางที่ 4 ค่าความเข้มสี (C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=10)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิก ความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	24.86±1.41f	25.37±0.84f	25.49±0.79ef	25.24±1.04c
0.5	25.15±0.36f	25.60±0.41ef	26.21±0.41de	25.65±0.58c
1	26.25±1.18de	26.65±0.45cd	27.38±0.59bc	26.76±0.91b
2	27.20±1.23bc	27.79±0.21ab	28.30±0.69a	27.76±0.91a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	25.86±1.43b	26.35±1.09ab	26.84±1.25a	26.36±1.32
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	*			

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 5 ค่าสี (Hue value) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=10)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	65.46±0.57a	65.35±0.62a	63.51±0.83b	64.78±1.12a
0.5	63.16±0.42bc	62.59±0.50cd	62.50±0.71d	62.75±0.62b
1	62.41±0.40d	62.19±0.50d	62.03±0.44d	62.21±0.46c
2	61.40±1.53e	61.09±0.40e	61.02±0.59e	61.17±0.96d
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	63.11±1.73a	62.81±1.67ab	62.27±0.59b	62.73±1.55
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	*			

ตารางที่ 6 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; %) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=5)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	9.54±0.26cde	8.52±0.46g	8.32±0.24g	8.79±0.63c
0.5	9.80±0.07bcd	9.28±0.41ef	8.98±0.33f	9.35±0.45b
1	10.18±0.38ab	9.60±0.24cde	9.32±0.63def	9.69±0.54ab
2	10.48±0.16a	9.88±0.25bc	9.68±0.36bcde	10.01±0.43a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	9.99±0.43a	9.32±0.62b	9.08±0.64b	9.46±0.68
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	*			

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 7 ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; x10^{-2}%) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=5)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	3.70±0.40ab	3.60±0.00ab	3.50±0.70b	3.62±0.43b
0.5	3.90±0.40ab	3.90±0.40ab	3.60±0.70ab	3.77±0.38b
1	4.10±0.40ab	4.00±0.40ab	3.80±0.00ab	3.97±0.30ab
2	4.43±0.40a	4.20±0.70ab	4.00±0.40ab	4.20±0.46a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	4.09±0.41a	3.91±0.44a	3.73±0.46a	3.89±0.44
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	ns			

ตารางที่ 8 ค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับกรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 2, 5 และ 10 นาที (n=5)

กรรมวิธี	ระยะเวลาในการแช่กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้นต่างๆ (นาที)			
กรดแอสคอร์บิกความเข้มข้น (%)	2	5	10	เฉลี่ย (กรดแอสคอร์บิก)
0	6.76±0.03ab	6.78±0.02ab	6.80±0.06a	6.78±0.04a
0.5	6.74±0.03abc	6.77±0.02ab	6.78±0.02ab	6.76±0.03a
1	6.75±0.04ab	6.76±0.04ab	6.77±0.03ab	6.76±0.03a
2	6.64±0.04d	6.68±0.02cd	6.71±0.03bc	6.68±0.05b
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	6.72±0.06a	6.75±0.05a	6.77±0.06a	6.74±0.06
กรดแอสคอร์บิกxเวลา	*			
กรดแอสคอร์บิก	*			
เวลาในการแช่	ns			

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งและแนวนอนแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 9 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์) ค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ค่าความสว่าง (L* value) และค่าความเข้มสี (C* value) ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที

กรรมวิธี	การวัดทางกายภาพ			
ระยะเวลาที่ได้รับโอโซน (นาที)	การเปลี่ยนแปลงน้ำหนัก	ค่าความแน่นเนื้อ	ค่าความสว่าง	ค่าความเข้มสี
0	0.43±0.06d	8.38±0.06a	56.65±0.26a	24.82±0.53b
10	0.78±0.10c	8.34±0.02ab	56.05±0.49b	24.61±0.57b
20	1.42±0.22b	8.29±0.02b	56.00±0.39b	24.90±0.37b
30	2.66±0.22a	8.19±0.04c	55.95±0.50b	25.49±0.82a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	1.33±0.88	8.30±0.08	56.16±0.50	24.96±0.66
เวลา	*	*	*	*

ตารางที่ 10 ค่าสีเนื้อ (Hue value) ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; %) ปริมาณกรดอินทรีย์ที่ไตรเตรทได้ (Tritratable acidity; $x10^{-2}$%) และค่า pH ของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ได้รับโอโซน เป็นเวลา 0, 10, 20 และ 30 นาที

กรรมวิธี	การวัดทางกายภาพ			
ระยะเวลาที่ได้รับโอโซน (นาที)	ค่าสีเนื้อ	TSS	TA	pH
0	64.73±0.29a	10.78±0.66a	2.80±0.00a	6.79±0.07b
10	63.89±0.80b	10.06±0.24b	2.57±0.40a	6.83±0.03b
20	63.51±0.69bc	9.98±0.25b	2.50±0.40a	6.89±0.04ab
30	63.21±0.61c	9.76±0.32b	2.33±0.40a	6.99±0.10a
เฉลี่ย (เวลาในการแช่)	63.83±0.84	10.15±0.54	2.54±0.34	6.88±0.10
เวลา	*	*	*	*

หมายเหตุ: ตัวเลขที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ns แสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

รายงานสรุปการเงิน

สัญญาเลขที่ ก1/2562

โครงการวิจัยทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัย เงินรายได้ส่วนงาน เงินกองทุนวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยบูรพา ประจำปีงบประมาณ 2562 มหาวิทยาลัยบูรพา

ชื่อโครงการ การถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน ดร. ไกรยศ แซ่ลิ้ม

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน 2562 **ถึงวันที่** 31 มีนาคม 2563

ระยะเวลาในการดำเนินงาน 1 ปี 6 เดือน **ตั้งแต่วันที่** 4 เมษายน 2562 **ถึงวันที่** 31 มีนาคม 2563

<u>รายรับ</u>

จำนวนเงินที่ได้รับ		
งวดที่ 1 (50%)	15,000 บาท	เมื่อ 4 เมษายน 2562
งวดที่ 2 (40%)	12,000 บาท	เมื่อ 24 ธันวาคม 2562
งวดที่ 3 (10%)	3,000 บาท	-
รวม	30,000 บาท	-

<u>รายจ่าย</u>

รายการ	**งบประมาณที่ตั้งไว้**	**งบประมาณที่ใช้จริง**	**จำนวนเงินคงเหลือ/เกิน**
1. ค่าตอบแทน	-	-	-
2. ค่าจ้าง	-	-	-
3. ค่าวัสดุ	23,000	23,000	-
4. ค่าใช้สอย	7,000	7,000	-
5. ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
6. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (ค่าธรรมเนียมการอุดหนุนสถาบัน 10%)	-	-	-
รวม	30,000	30,000	-

(ดร.ไกรยศ แซ่ลิ้ม)

หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2563

ประวัตินักวิจัย

1. ประวัติหัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นาย ไกรยศ แซ่ลิ้ม

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kraiyot Saelim

2. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว
254 หมู่ 4 ต.วัฒนานคร อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว 27160

โทรศัพท์ 037-261559-60, 08-6746-2377

โทรสาร 037-261801

E-mail: kriyot@buu.ac.th; kriyot@go.buu.ac.th

3. ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2546 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พ.ศ. 2550 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พ.ศ. 2558 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

Food Microbiology, Food Fermentation, Enzyme Technology

5. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

5.1. ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

5.2. หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. การผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์จากเชื้อ *Weissella confusa* NH02 โดยใช้แหล่งอาหารราคาถูก (วช ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560)

2. การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ขายในจังหวัดสระแก้ว (วช ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 เพิ่มเติม)

3. การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำเสียโรงงานแป้งมันสำปะหลัง (วช ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561)

4. การถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค (ทุนอุดหนุนการวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณ 2562)

5.3. งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

1. **Kraiyot Saelim** and Suppasil Maneerat. 2015. *In vitro* evaluation of safety of probiotic *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* S0/7 isolated from fermented stinky bean (Sa Taw Dong). The 8th Asian Conference of Lactic Acid Bacteria, Thailand, 8-10 July 2015. pp. 114.

2. **ไกรยศ แซ่ลิ้ม** และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2559. ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา. ว. พืชศาสตร์ สงขลานครินทร์ 3 (ฉบับพิเศษ I): M07: 66-73. **แหล่งทุน** งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

3. **Saelim, K.**, Jampaphaeng, K., & Maneerat, S. 2017. Functional properties of *Lactobacillus plantarum* S0/7 isolated fermented stinky bean (Sa Taw Dong) and its use as a starter culture. *Journal of Functional Foods, 38*(1), 370-377.

4. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ **ไกรยศ แซ่ลิ้ม.** 2561. คุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณของจุลินทรีย์ของแคนตาลูปตัดแต่งในจังหวัดสระแก้ว. ว. วิทย. กษ. 49 : 1 (พิเศษ) : 468-471. **แหล่งทุน** งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560

5. **ไกรยศ แซ่ลิ้ม** และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. 2561. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการหมักไวน์ลูกหม่อน และความพึงพอใจของผู้บริโภค. ว. วิทย. กษ. 49 : 1 (พิเศษ) : 612-616

6. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ **ไกรยศ แซ่ลิ้ม.** 2562. คุณลักษณะของคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการให้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 27(2), 302-310. แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี 2557

7. **Saelim, K.** & Maneerat, S. 2019. Optimization of exopolysaccharide production by *Weissella confuse* NH02 by Taguchi method, In *Proceedings of Seoul International Conference on Applied Science and Engineering* (pp. 225-230). South Korea: SICASE.

8. Lueangprasert, K., Thaweeseang N. and **Saelim, K**. 2019. Effect of Planting Season on Growth and Development of Purple Yard Long Bean cv. Sirindhorn No.1 at Ratchaburi Province, Thailand. Seoul International Conference in Applied Science and Engineering 2019. Seoul, South Korea. pp. 231-236. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

9. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ **ไกรยศ แซ่ลิ้ม**. 2563. อิทธิพลการให้ความร้อนแบบลมแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลแคนตาลูปสด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28(5), 863-871. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 (HEERP58)

5.4. งานวิจัยที่กำลังทำ :

ไม่มี

2. ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

๑. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาว กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Kanyarat Lueangprasert

๒. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

สถานที่ทำงาน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ๒๕๔ หมู่ ๔ ต.วัฒนานคร อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว ๒๗๑๖๐

โทรศัพท์ ๐๓๗-๒๖๑๕๕๙-๖๐

โทรสาร ๐๓๗-๒๖๑๘๐๑

E-mail: kanyaratl@buu.ac.th, kanyarat_l@yahoo.com

๓. ประวัติการศึกษา

วท.ด. (ชีววิทยา) ม. เชียงใหม่ จบปีการศึกษา ๒๕๕๓

วท.ม. (ชีววิทยา) ม. เชียงใหม่ จบปีการศึกษา ๒๕๔๘ (เกียรติบัตรเรียนดี ๔.๐๐)

วท.บ. (ชีววิทยา) ม. ศิลปากร จบปีการศึกษา ๒๕๔๕ (เกียรตินิยมอันดับ ๒)

๔. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

สรีรวิทยา ชีวเคมีและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน

๕. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัย ในแต่ละผลงานวิจัย

๕.๑ หัวหน้าโครงการวิจัย :

1. ผลของการให้ความร้อนและแคลเซียมต่อคุณภาพของผลเมลอนระหว่างการเก็บรักษา (Effects of Heat and Calcium Treatment on Quality of Melon Fruit during Storage) แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๖

2. ระยะเวลาในการเก็บรักษาของผลที่ได้รับความร้อนและแคลเซียมคลอไรด์ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา (Postharvest Storage of Whole Fruit for Heat and CaCl₂ Treatment on Quality Change of Fresh-Cut Cantaloupe Melon during Storage) แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๗

3. การเปรียบเทียบการให้ความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลแคนตาลูประหว่างการเก็บรักษา (The Comparison of Heat Treatments on Quality Change of Cantaloupe

Fruit during Storage) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ (HEERP๕๘)

4. การศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินและฤทธิ์สารต้านอนุมูลอิสระของถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ ๑ เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างเพื่อสุขภาพ (Study of Anthocyanin Content and Antioxidant Capacity of Purple Yard Long Bean (Vigna unguiculata subsp. sesquipedalis) cv. Sirindhorn No.๑ for Development to Healthy Snack Food) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙ (เพิ่มเติม)

5. การสำรวจ อนุรักษ์ และพัฒนาพรรณไม้พื้นเมืองในมหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว สำหรับเป็นไม้ดอกไม้ประดับ (The Exploration, Conservation and Development of Native Plants in Burapha University Sakaeo Campus for Flowering and Ornamental Plants) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) (อพ.สธ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

6. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธรเบอร์ ๑ ระหว่างการเก็บรักษาและการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อเพิ่มมูลค่า (Study of Quality Changes of Sirindhorn Violet Long Bean No.๑ between Storage and Product Development for Enhance Value) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑

ผู้ร่วมโครงการวิจัย :

๑. คุณค่าทางโภชนาการและสารต้านอนุมูลอิสระในอ้อยดำพื้นเมืองสำหรับพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์ (Nutritive Value and Antioxidant of Local Black Sugarcane for Development in Animal Feed) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

๒. การประเมินคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมี และคุณภาพทางจุลชีววิทยาของแคนตาลูปตัดแบ่งพร้อมบริโภคที่ขายในจังหวัดสระแก้ว (Evaluation of Physical-chemical Characteristics and Microbiological Quality of Fresh-cut Cantaloupe Sale in Sa Kaeo Province) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) วช.เพิ่มเติม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

๓. การอนุรักษ์และเพิ่มมูลค่าข้าวพื้นเมืองในพื้นที่จังหวัดที่ติดกับประเทศกัมพูชา (The Conservation and Increase Value of Local Rice In Provinces Regions border with Cambodia) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) (อพ.สธ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

๔. การถ่ายโอนเชื้อและการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *Escherichia coli* ในแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภค (Transfer and Decontamination of *Escherichia coli* on Fresh-Cut Cantaloupe) แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๖๒

๕.๒ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน

1. Saengnil K., Lueangprasert K. and Uthaibutra J. ๒๐๑๑. Sunlight-stimulated phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activity and anthocyanin accumulation in exocarp of 'Mahajanaka' mango. Maejo Int. J. Sci. Technol. ๒๐๑๑, ๕(๐๓), ๓๖๕-๓๗๓

2. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ, สมคิด ใจตรง และ สุรภี สังวรณ์. ๒๕๕๗. ผลของการให้ความร้อนต่อคุณภาพของผลเมลอนพันธุ์ซันสวีทในจังหวัดสระแก้วระหว่างการเก็บรักษา. แก่นเกษตร ๔๒ (๓), ๓๙-๔๔. แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๖

3. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ สมคิด ใจตรง. ๒๕๕๗. ผลของการให้ความร้อนร่วมกับการแช่ในสารละลายแคลเซียมต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลเมลอนพันธุ์ซันสวีทระหว่างการเก็บรักษา. ว. วิทย. กษ. ๔๕: ๓/๑ (พิเศษ) : ๒๒๕-๒๒๘. แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๖

4. สมคิด ใจตรง, กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และนิธิยา รัตนาปนนท์. ๒๕๕๗. การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลแก้วมังกรพันธุ์เนื้อสีขาวและสีแดงระหว่างการสุก. ว. วิทย. กษ. ๔๕ : ๓/๑ (พิเศษ): ๑๒๙-๑๓๒. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๓.

5. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๕๘. ผลของขนาดการตัดต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา. ว. วิทย. กษ. ๔๖: ๓/๑ (พิเศษ): ๒๗๑-๒๗๔. แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๗

6. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และรัชนี พุทธา. ๒๕๕๘. ผลของช่วงอายุของแผ่นใบต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของชิโครี่ใบระหว่างเก็บรักษา. ๒๕๕๘. ว. วิทย. กษ. ๔๖: ๓/๑ (พิเศษ): ๑๓๗-๑๔๐.

7. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๕๘. ผลของการให้ความร้อนในรูปแบบต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลแคนตาลูป. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. ๓๓: ๑ (พิเศษ) : ๔๐๙-๔๑๖.) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ (HEERP๕๘)

8. Lueangprasert K. ๒๐๑๕. Oven Heat and Hot Water Treatments: A Comparison Study of Heat Treatments for Improvement of 'Sun Sweet' Cantaloupe Melon Quality. Global Engineering & Applied Science Conference (GEASC). Tokyo, Japan, pp.๗๙๑-

๗๙๘.) แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ (HEERP๕๘)

9. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ จักรพงษ์ รัตตะมณี. ๒๕๕๙. การคัดเลือกกุหลาบร้อยมาลัยระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ๓ (ฉบับพิเศษ II): M๐๗: ๑-๖.

10. ขวัญใจ หรูพิทักษ์, กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ณัฐณิชา ทวีแสง. ๒๕๕๙. ศึกษาการเจริญเติบโตและการพัฒนาของถั่วฝักยาวสีม่วงพันธุ์สิรินธรเบอร์ ๑ ที่ปลูกช่วงต้นฝนในจังหวัดสระแก้ว. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ๓ (ฉบับพิเศษ III): M๐๔: ๘-๑๑.) แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

11. ไกรยศ แซ่ลิ้ม และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๕๙. ผลของการใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ต่อคุณภาพของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคระหว่างการเก็บรักษา. ว. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ๓ (ฉบับพิเศษ I): M๐๗: ๖๖-๗๓. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

12. ประทีป อูปแก้ว, รังสรรค์ เจริญสุข, ฆะฤทัย จันทร์ธิบดี, กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ศันสนีย์ จำจด. ๒๕๖๐. การประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยดำพื้นเมืองสำหรับพืชอาหารสัตว์. การประชุมวิชาการระดับชาตินเรศวรวิจัย ครั้งที่ ๑๓: วิจัยและนวัตกรรม ขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม ในวันที่ ๒๐-๒๑ กรกฎาคม ๒๕๖๐ ณ อาคารเอกาทศรถ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก. หน้า ๑๗๒-๑๗๗. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

13. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ประทีป อูปแก้ว. ๒๕๖๑. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิคทั้งหมดของอ้อยดำพื้นเมืองสำหรับพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์. ว. วิทย์. กษ. ๔๙(๒)(พิเศษ): ๑๓๗-๑๔๐. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

14. ณัฐณิชา ทวีแสง และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๖๑. การทดแทนแป้งสาลีบางส่วนด้วยแป้งถั่วฝักยาวสีม่วงสิรินธร เบอร์ ๑ ในคุกกี้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ๒๖(๗), ๑๒๒๒-๑๒๓๓. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๙

15. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ไกรยศ แซ่ลิ้ม. ๒๕๖๑. คุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณของจุลินทรีย์ของแคนตาลูปตัดแต่งในจังหวัดสระแก้ว. ว. วิทย. กษ. ๔๙ : ๑ (พิเศษ) : ๔๖๘-๔๗๑. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

16. ไกรยศ แซ่ลิ้ม และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๖๑. การเปลี่ยนแปลงทางเคมีระหว่างการหมักไวน์ลูกหม่อน และความพึงพอใจของผู้บริโภค. ว. วิทย. กษ. ๔๙ : ๑ (พิเศษ) : ๖๑๒-๖๑๖

17. จักรพงษ์ รัตตะมณี และ กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ. ๒๕๖๑. พรรณไม้ดอกไม้ประดับพื้นเมืองในพื้นที่ป่าของมหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว. ว. วิทย. กษ. ๔๙ : ๑ (พิเศษ) : ๒๘๔-๒๘๖. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) (อพ.สธ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐

18. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ไกรยศ แซ่ลิ้ม. ๒๕๖๒. คุณลักษณะของคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของแคนตาลูปตัดแต่งพร้อมบริโภคที่ผ่านการให้ความร้อนร่วมกับแคลเซียมคลอไรด์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ๒๗(๒), ๓๐๒-๓๑๐. แหล่งทุน คณะเทคโนโลยีการเกษตร ประจำปีงบประมาณปี ๒๕๕๗

19. Lueangprasert, K., Thaweeseang N. and Saelim, K. 2019. Effect of Planting Season on Growth and Development of Purple Yard Long Bean cv. Sirindhorn No. 1 at Ratchaburi Province, Thailand. Seoul International Conference in Applied Science and Engineering 2019. Seoul, South Korea. pp. 231-236. แหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๑

20. กัญญารัตน์ เหลืองประเสริฐ และ ไกรยศ แซ่ลิ้ม. ๒๕๖๓. อิทธิพลการให้ความร้อนแบบลมแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลแคนตาลูปสด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ๒๘(๕), ๘๖๓-๘๗๑. แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๘ (HEERP๕๘)

๕.๓ งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อโครงการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัย

ไม่มี