สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การสูญเสียไลโคพีนระหว่างกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋องและมะเขือเทศเข้มข้น

LOSS OF LYCOPENE CONTENTS DURING PROCESSING OF CANNED TOMATO JUICE AND TOMATO PASTE

ชื่นหทัย เสริมทรัพย์ทวี

CHIENHATAI SERMSUPTAWEE

วน.
ว59ก1
2548
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....60852
วัน,เดือน,ปี.....- 6 ก.ค. 2549

.b.....11590877
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2548

ISBN 974-15-1437-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOSS OF LYCOPENE CONTENTS DURING PROCESSING OF CANNED TOMATO JUICE AND TOMATO PASTE

CHIENHATAI SERMSUPTAWEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1437-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสูญเสียไลโคพีนระหว่างกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋องและมะเขือเทศเข้มข้น
นักศึกษา	นางสาวชื่นหทัย เสริมทรัพย์ทวี
รหัสประจำตัว	45067013
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.พอใจ ถามากร

บทคัดย่อ

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของกระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยไม่ใช้ความร้อน (อุณหภูมิห้อง) และใช้ความร้อน (วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ และวิธีให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ) ต่อปริมาณไลโคพีนในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศ พบว่ากระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยไม่ใช้ความร้อน มีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 7.56 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และการใช้ความร้อนทั้ง 2 วิธี มีผลต่อการสูญเสียปริมาณ ไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการลดขนาดมะเขือเทศโดยวิธีให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ เป็นเวลา 1.5 นาที ให้มีอุณหภูมิสุดท้าย 70 ± 5 ^{0}ซ และการลดขนาดมะเขือเทศโดยวิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ เป็นเวลา 7 นาที ให้มีอุณหภูมิสุดท้าย 70 ± 5 ^{0}ซ ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 5.63 และ 4.76 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ สำหรับการสเตอริไลเซชันที่ 108 ^{0}ซ เป็นเวลา 28 นาที (F_0=1) มีผลต่อการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณที่ต่ำกว่าการสเตอริไลเซชันที่ 108 ^{0}ซ เป็นเวลา 40 นาที (F_0=2) โดยมีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 1.90 และ 1.34 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ สำหรับการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋องที่อุณหภูมิห้อง (29-30 ^{0}ซ) เป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลง 23.68 %

จากการศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้ง 3 แห่ง พบว่า ปริมาณไลโคพีนสูญเสียในขั้นตอนการแยกน้ำมะเขือเทศจากมะเขือเทศสับ ขั้นตอนการระเหยน้ำเพื่อให้มะเขือเทศเข้มข้นขึ้น และขั้นตอนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยมีการสูญเสียสูงที่สุดในขั้นตอนการฆ่าเชื้อโดยใช้ความร้อน คิดเป็น 10.66% โดยเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมะเขือเทศ และพบว่า มีไลโคพีนอยู่ในกากมะเขือเทศจากกระบวนการผลิตอยู่ 14.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Loss of Lycopene Contents during Processing of Canned Tomato Juice and Tomato Paste
Student	Miss Chienhatai Sermsuptawee
Student ID.	45067013
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2005
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Porjai Thamakorn

ABSTRACT

The effect of processing methods (cold break, hot break with steam, and hot break with microwave) on lycopene content in tomato juice was studied. It was found that both the hot break methods significantly caused the loss of lycopene content in tomato juice ($p \leq 0.05$). The cold break of tomato resulted in lycopene content 7.56 mg/100 g wet basis, while the hot break of tomato with microwave and steam by final temperature at 70 ± 5 ^{0}c for 1.5 and 7 min, respectively showed lycopene content decrease to remain 5.63 and 4.76 mg/100 g wet basis. Sterilization canned tomato juice at 108 ^{0}c for 40 min (F_0=2) lowered lycopene content when compared with the sterilization canned tomato juice at 108 ^{0}c for 28 min (F_0=1) ; lycopene contents were 1.34 and 1.90 mg/100 g wet basis respectively. Lycopene content in canned tomato juice reduced to about 23.68 %during stored in room temperature(29-30 ^{0}c)for 6 months.

Tomato paste processing operations ; separation, evaporation and sterilization were significantly effect to the lycopene content of tomato paste. The highest loss on lycopene content was found in sterilization stage. Lycopene content in tomato paste waste was 14.02 mg/100 g dry basis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญภาพ..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ขอบเขตของการวิจัย..... 1

1.3 วัตถุประสงค์..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 คำนิยาม "ไลโคพีน"..... 3

2.2 แหล่งของไลโคพีน..... 5

2.3 การเสื่อมสลายของไลโคพีนในระหว่างกระบวนการแปรรูป..... 7

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย..... 11

3.1 วัตถุดิบ..... 11

3.2 อุปกรณ์..... 11

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง..... 12

3.4 สถานที่ทำการทดลอง..... 12

3.5 วิธีการทดลอง..... 12

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์..... 17

4.1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของปัจจัยในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศที่ไม่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วยกับการลดขนาดที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วยที่มีต่อปริมาณไลโคพีน..... 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ศึกษาผลของสภาวะในการสเตอริไลเซชันในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋องต่อปริมาณไลโคพีน 20
4.3 ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาของน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน 23
4.4 ศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อปริมาณไลโคพีน 25

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 31

ข้อเสนอแนะ 32

บรรณานุกรม 33

ภาคผนวก 37

ประวัติผู้เขียน 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไลโคพีน (lycopene) เป็นแคโรทีนอยด์ที่มีผลึกสีแดง และมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์-บอนชนิดไม่อิ่มตัว โมเลกุลของไลโคพีนมีพันธะคู่อยู่ 11 พันธะ โดยมีสูตรโมเลกุล $C_{40}H_{56}$ น้ำหนักโมเลกุล 536.85 ดาลตัน และมีจุดหลอมเหลว 172 - 175 ^{0}ซ ละลายได้ในคลอโรฟอร์ม เฮกเซน เบนซีน คาร์บอนไดซัลไฟด์ อะซีโตน ปิโตรเลียมอีเทอร์ และน้ำมัน จะพบได้ในพืชหลายชนิด เช่น ส้ม ฟักทอง แอปพริคอท ฝรั่ง แตงโม มะละกอ พริก แครอท และองุ่น แต่จะพบปริมาณมากในผลมะเขือเทศสุกและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูล-อิสระ(antioxidant) โดยสามารถยับยั้งซิงเกล็ด ออกซิเจน (singlet oxygen) รวมทั้งอนุมูลอิสระอื่นๆ ที่เกิดขึ้นจากเมตาบอลิซึมภายในร่างกายได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิภาพสูงกว่า เบต้า-แคโรทีนถึง 2 เท่า และสูงกว่าแอลฟาโทโคฟีรอล 10 เท่า (Shi *et al.*, 2000) จากสมบัติดังกล่าว ทำให้ไลโคพีนเป็นสารอาหารที่สามารถลดความเสี่ยงของการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากได้สูงถึง 35 % เมื่อบริโภคอาหารที่ประกอบไปด้วยผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ มากกว่า 10 ชนิด ต่อ 1 สัปดาห์ (Rao and Agarwal, 1999) และยังป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ ทั้งนี้ เนื่องจากไลโคพีนสามารถป้องกันไม่ให้คอเลสเตอรอลที่เป็นองค์ประกอบในไลโพโปรตีนที่มีความหนา - แน่นต่ำ (LDL Cholesterol) เกิดออกซิเดชัน

ในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศจะมีการสูญเสียไลโคพีนเนื่องจากกระบวนการผลิต ซึ่งจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจน ความเข้มแสง พีเอชที่เป็นกรดแก่หรือเบสแก่ และความดัน โดยปัจจัยดังกล่าวจะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณไลโคพีนในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ ทำให้ร่างกายได้รับปริมาณของไลโคพีนลดน้อยลง ดังนั้น การศึกษาการสูญเสียไลโคพีนในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง จึงเป็นงานวิจัยที่น่าสนใจ เพื่อให้ได้ข้อมูลมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาวะการผลิตให้มีการสูญเสียไลโคพีนน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศยังคงคุณค่าสูงสุด

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่มีต่อปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไลโคพีนโดยศึกษาผลของขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศที่ไม่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย (cold - break) เปรียบเทียบกับการลดขนาดที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย (hot break) ผลของสภาวะในการสเตอริไลเซชันน้ำมะเขือเทศกระป๋อง และผลของอายุการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

1.2.2 ศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาเปรียบเทียบผลของปัจจัยในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศของกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศที่ไม่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย(cold break) และการลดขนาดที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย (hot break) ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

2. เพื่อศึกษาผลของสภาวะในการสเตอริไลเซชันในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋องต่อปริมาณไลโคพีน

3. เพื่อศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

4. เพื่อศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนิยามของไลโคพีน

ไลโคพีน (lycopene) เป็นรงควัตถุที่สำคัญในกลุ่มแคโรทีนอยด์ มีผลึกสีแดงเข้ม พบมากในมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ โครงสร้างโดยทั่วไปเป็น อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (aliphatic hydrocarbon) น้ำหนักโมเลกุล 536.89 สูตรโมเลกุล คือ $C_{40}H_{56}$ ประกอบด้วย C 89.49% และ H 10.51% มีคาร์บอนเชื่อมต่อกันด้วยพันธะคู่เป็นสายตรง (conjugated double bond) ถึง 11 พันธะ ทำให้ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน ดังโครงสร้างแสดงในภาพที่ 2.1 โดยจะพบไลโคพีนในรูป 5 7 9 11 13 และ15 ซิสไอโซเมอร์ ถึง 50 % ของไลโคพีนทั้งหมด ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำปฏิกิริยาของสารอนุมูลอิสระ (free radical) ไลโคพีนสามารถเกิดโครงสร้างเรขาคณิต (geometrical configuration) ที่เป็นไอโซเมอร์ (isomer) กัน ได้ถึง 2^{11} หรือ 2,048 โครงสร้าง (Nguyen and Schwarts, 1998) ไลโคพีนมีโครงสร้างที่ไม่มีวงแหวนเบต้า (β-ionone) และไม่สามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ (Clinton, 1998)

ในมะเขือเทศจะพบไลโคพีนที่มีโครงสร้างเป็นเส้นยาวอยู่ในรูปทรานไอโซเมอร์ทั้งหมด (all-trans configuration) อยู่สูงถึง 95% และเป็นรูปที่มีเสถียรภาพที่สุด โดยจะพบในโครโมพลาสต์ของเนื้อเยื่อพืช และมีปริมาณเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการสุกของมะเขือเทศในขณะที่คลอโรพลาสต์ (chloroplast) เปลี่ยนไปเป็นโครโมพลาสต์ (chromoplast) ปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศสดจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ พันธุ์ ความสุก และ สภาวะแวดล้อมในการบ่มให้สุก นอกจากนี้ ไลโคพีนยังเป็นแคโรทีนอยด์ที่พบมากที่สุดในน้ำเลือด (serum) ของมนุษย์ เมื่อเปรียบเทียบกับแคโรทีนอยด์ชนิดอื่นๆ เช่น แอลฟา-แคโรทีน (α-carotene) เบต้าแคโรทีน (β -carotene) ลูเทอิน (lutein) และ เบต้า-คริปโตแซนทิน (β - cryptoxanthin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงปริมาณไลโคพีนในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศชนิดต่างๆ..... 6

2.2 แสดงปริมาณไลโคพีนในผักและผลไม้..... 6

4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไลโคพีน ค่าสี และผลผลิตที่ได้ จากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยไม่ ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน..... 19

4.2 ปริมาณไลโคพีน และของแข็งที่ละลายได้ จากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการสเตอริไลเซชัน..... 22

4.3 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด..... 28

4.4 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัดเข้มข้น..... 29

4.5 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัดเข้มข้น..... 30

ฉ1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.สด) ในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศ ร่วมกับการไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน..... 54

ฉ2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศ ร่วมกับการไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน..... 54

ฉ3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในขั้นตอนฆ่าเชื้อ..... 54

ฉ4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในขั้นตอนฆ่าเชื้อ..... 55

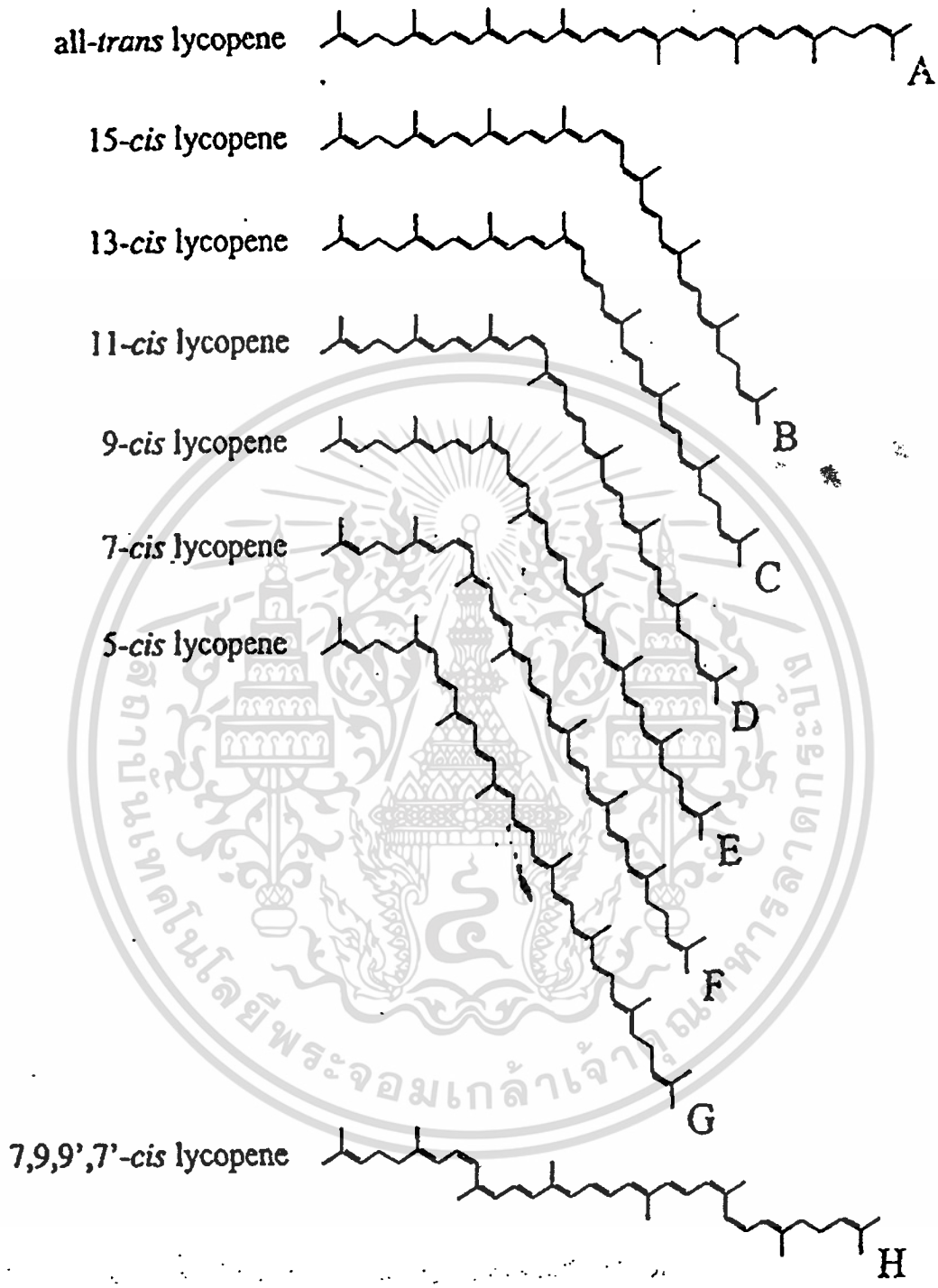
ฉ5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง..... 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของไลโคพีนและไอโซเมอร์ต่างๆ	4
3.1 กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง	14
3.2 กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น	16
4.1 ปริมาณไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง	23
4.2 ค่าสีของน้ำมะเขือเทศกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา	24
ก1 ขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศเพื่อให้ได้น้ำมะเขือเทศ	37
ก2 กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง	38
ก3 ผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง	39
ก4 กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น	41
ข1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractrometer)	42
ข2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Shimadzu รุ่น UV-1601)	42
ข3 เครื่องวัดสี (Chroma colorimeter, Minolta รุ่น CR-300)	43
จ1 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 28 นาที	49
จ2 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที	51
จ3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง fh/u กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 130 ^{0}F	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของไลโคพีนและไอโซเมอร์ต่างๆ

ที่มา : Nguyen และ Schwartz (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีข้อมูลงานวิจัยมากมาย ซึ่งสนับสนุนว่าไลโคพีนเป็นรงควัตถุ ที่มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ซึ่งอนุมูลอิสระจะมีความว่องไวสูงในการทำอันตรายต่อร่างกาย เมื่อมีปริมาณมากผิดปกติ โดยส่งผลจากปัจจัยต่างๆ เช่น ควันบุหรี่ รังสี การรับประทานยา อาหาร และควันพิษต่างๆ จะมีผลในการทำลายโมเลกุลของโปรตีน ไขมัน ดีเอ็นเอ และเซลล์ต่างๆภายในร่างกาย ส่งผลให้เกิดโรคร้ายแรงต่างๆ แต่เนื่องจากไลโคพีนมีโครงสร้างพิเศษสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชันได้ดี เนื่องจากมีคุณสมบัติของการยับยั้งซิงเกล็ด ออกซิเจน (O_2) และสามารถจับเปอร์ออกซิลเรดิคอล (peroxyl radical, ROO) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Di Mascio *et al.*, 1989) ทำให้อนุมูลอิสระนั้นมีเสถียรภาพก่อนที่จะทำอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จากสมบัติดังกล่าวทำให้ไลโคพีน สามารถป้องกันและลดภาวะเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ โรคไขข้ออักเสบ โรคมะเร็ง และโรคเรื้อรังอื่นๆ ในระบบต่างๆของร่างกาย ทั้งนี้ ยังพบว่า ไลโคพีนมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลมะเร็งในร่างกายมนุษย์สูงกว่า แอลฟาแคโรทีน และเบต้าแคโรทีน (Levy *et al.*, 1995)

2.2 แหล่งของไลโคพีน

แหล่งของไลโคพีนที่สำคัญ จะพบในผลมะเขือเทศสด และผลิตภัณฑ์จากมะเขือเทศ เช่น มะเขือเทศต้ม ซอสมะเขือเทศ มะเขือเทศเข้มข้น ซุปมะเขือเทศ มะเขือเทศผง ซอสพิซซ่า และน้ำมะเขือเทศ เป็นต้น (ตารางที่ 2.1) มีรายงานผลการวิจัยสารไลโคพีนในมะเขือเทศ พบว่าผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะเขือเทศและผลิตภัณฑ์อื่นที่มีมะเขือเทศเป็นองค์ประกอบหลัก จะมีสารไลโคพีนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง และมะเขือเทศสุกจะมีสารไลโคพีนเป็นองค์ประกอบอยู่มากกว่าในผลมะเขือเทศดิบๆสุกๆ (Giovannucci *et al.*, 1995) มะเขือเทศสุกทั่วไปมีไลโคพีน 3.10 – 7.7 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด แต่ในมะเขือเทศพันธ์ *Lycopersicon esculentum* พบไลโคพีนในระดับสูงถึง 40 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งคิดเป็น 95 - 100 % ของแค-โรทีนอยด์ทั้งหมดในมะเขือเทศ (Nguyen and Schwatrz, 1999) นอกจากนี้ยังพบได้ในผลไม้สุกที่มีสีแดงถึงส้มหลายๆชนิด โดยจะพบในส่วนที่เรียกว่า คลอโรพลาสในเซลล์ของผลไม้ เช่น แอปปริคอท พริก องุ่น ฝรั่ง มะละกอ และ แตงโม (ตารางที่ 2.2) และยังพบไลโคพีนสะสมอยู่ในส่วนต่างๆของร่างกาย โดยพบมากที่อัณฑะ ต่อมหมวกไตและต่อมลูกหมาก (Stahl and Sies(1), 1992)

Sharma และ Le Maguer (1996) รายงานว่า ไลโคพีนจะพบในส่วนของเปลือก ส่วนที่ไม่ละลายน้ำ และส่วนของเส้นใยในปริมาณมาก ซึ่งจะพบปริมาณไลโคพีนสูงถึง 72-92 % ในส่วนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ละลายน้ำ และเปลือกมะเขือเทศ นอกจากนี้ ยังพบปริมาณไลโคพีนในของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น อีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะพบในเปลือก และ เมล็ด

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณไลโคพีนในผลิตภัณฑ์มะเขือเทศต่างๆ

ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ	ปริมาณไลโคพีน (มก. /100 กรัม น้ำหนักสด)
มะเขือเทศสด (Fresh Tomatoes)	3.10 – 7.74
มะเขือเทศต้ม (Cooked Tomatoes)	3.70
ซอสมะเขือเทศ (Tomato Sauce)	6.20
มะเขือเทศเข้มข้น (Tomato Paste)	5.40 – 150.00
ซุปมะเขือเทศ (Tomato Soup)	7.99
มะเขือเทศผง (Tomato Powder)	112.63 – 126.49
น้ำมะเขือเทศ (Tomato Juice)	5.00 – 11.60
ซอสพิซซ่า (Pizza Sauce)	12.71
ซอสมะเขือเทศ (ketchup)	9.90 – 13.44

ที่มา : Rao และ Agarwal (1999)

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณไลโคพีนในผักและผลไม้

ผักและผลไม้	ปริมาณไลโคพีน (มก. /100 กรัม น้ำหนักสด)
มะเขือเทศ	3.10 – 7.74
แอปปริคอท	4.10
พริก	1.08 – 2.62
องุ่น (สีชมพู)	3.36
ฝรั่ง (สีชมพู)	5.40
มะละกอ	2.00 – 5.30
แตงโม	4.10

ที่มา : Rao และ Agarwal (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การเสื่อมสลายของไลโคพีนในระหว่างกระบวนการแปรรูป

การบริโภคผลิตภัณฑ์มะเขือเทศที่ผ่านการแปรรูป ร่างกายจะสามารถดูดซึมไลโคพีนได้ดีกว่าการบริโภคมะเขือเทศสด เนื่องจาก มะเขือเทศสดจะรวมตัวอยู่กับสารอาหารอื่นๆ ในเนื้อเยื่อของพืชในลักษณะโครงสร้างร่างแห ซึ่งกระบวนการแปรรูปที่ใช้ความร้อนร่วมกับ การบดอาหารให้ละเอียด จะทำให้เนื้อเยื่อพืชถูกทำลาย ไลโคพีนจึงถูกดูดซึมไปใช้ได้ทางชีวภาพได้ง่ายขึ้น (Giovannucci *et al.*, 1995) แต่อย่างไรก็ตาม สาเหตุสำคัญของการเสื่อมสลายของไลโคพีนในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ คือ การเกิดไอโซเมอไรเซชัน และ ออกซิเดชัน ซึ่งปัจจัยสำคัญที่มีผลในการทำให้เกิดการสูญเสียไลโคพีนในระหว่างกระบวนการผลิต และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ คือ อุณหภูมิสูง ออกซิเจน ความเข้มแสง พีเอชที่เป็นกรดแก่หรือเบสแก่ ความดัน และไอออนโลหะ (Takeoka *et al.*, 2001) การสูญเสียปริมาณไลโคพีนไม่เพียงแต่จะส่งผลต่อสีของผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเท่านั้น ยังส่งผลต่อการนำไปใช้ทางชีวภาพลดลง ทำให้คุณค่าทางโภชนาการของมะเขือเทศลดน้อยลงอีกด้วย

2.3.1 อิทธิพลของอุณหภูมิ

Sharma และ Maguer (1996) ศึกษาการสูญเสียไลโคพีนในมะเขือเทศเข้มข้น โดยการให้ความร้อนที่ 100 ^{0}ซ ที่เวลาต่างๆ ภายใต้ 2 สภาวะ ดังนี้ สภาวะที่หนึ่ง การให้ความร้อนโดยปริมาณน้ำระเหยออกไป กล่าวคือปริมาณของแข็งเข้มข้นขึ้น และสภาวะที่สอง การให้ความร้อนภายในระบบปิด กล่าวคือปริมาณของแข็งคงที่ พบว่า การให้ความร้อนในสภาวะแรกที่อุณหภูมิ 100 ^{0}ซ หลังจากเวลา 120 นาที ปริมาณไลโคพีนจะลดลงจาก 185.5 เป็น 141.5 มิลลิกรัม / ของแข็งทั้งหมด 100 กรัม คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 24 % ซึ่งมีการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณสูงกว่าสภาวะที่สองที่มีการสูญเสียไลโคพีน เพียง 18.6 %

Lee และ Chen (2002) ศึกษาความคงตัวของไลโคพีนบริสุทธิ์ระหว่างกระบวนการให้ความร้อนในแบบจำลอง ที่อุณหภูมิ 50 100 และ 150 ^{0}ซ พบว่า

1) ที่อุณหภูมิ 50 ^{0}ซ การเสื่อมสลายของไลโคพีนในรูปทรานไอโซเมอร์ยังไม่แน่ชัด อาจเนื่องมาจากสภาวะการให้ความร้อนที่ไม่รุนแรง ส่วนระดับของไลโคพีนในรูปโมโนซิส (mono-cis-lycopene) ทั้งหมด ได้แก่ 5 9 13 และ 15- ซิส มีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดไอโซเมอ-ไรเซชันเป็นไลโคพีนได-ซิส (di-cis-lycopene) หรือเกิดการเสื่อมสลายไปอย่างรวดเร็ว

2) ที่อุณหภูมิ 100 ^{0}ซ ระดับของไลโคพีนในรูปทรานไอโซเมอร์ทั้งหมด ลดลง จาก 171 µg / g เหลือ 36.9 µg / g เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ^{0}ซ เป็นเวลานาน 120 นาที คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 78% ส่วนระดับไลโคพีนในรูปโมโน-ซิส ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจเกิดไอโซเมอไรเซชันเป็นไลโคพีนในรูป ไดซิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ที่อุณหภูมิ 150 °ซ ความเข้มข้นของไลโคพีนในรูปทรานไอโซเมอร์ ลดลงมากในระหว่างการให้ความร้อน และหลังจาก 10 นาที จะไม่พบปริมาณไลโคพีนทรานไอโซเมอร์ ส่วนระดับของ ไลโคพีนในรูปโมโนซิส ทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงเช่นเดียวกัน และ ระดับของไลโคพีนในรูป ไดซิส จะสูงขึ้นในช่วง 4 นาทีแรก หลังจากนั้นจะลดลง

กล่าวโดยสรุปจะพบว่า ไลโคพีนจะเกิดไอโซเมอไรเซชันในช่วงแรกและจะเสื่อมสลายเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นเวลานานขึ้น

เยาวภา (2545) ศึกษาผลของสภาวะที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ซอสมะเขือเทศที่มีต่อปริมาณไลโคพีน โดยพาสเจอร์ไรส์ซอสมะเขือเทศ 2 สภาวะ คือ ที่อุณหภูมิ 60 °ซ เวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 90 °ซ เวลา 10 นาที พบว่า ซอสมะเขือเทศที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 60 °ซ 30 นาที และ 90 °ซ 10 นาที มีปริมาณไลโคพีนในผลิตภัณฑ์ 23.67 และ 22.31 มก./100 กรัม นน.สด หรือ 102.79 และ 92.08 มก./100 กรัม นน. แห้ง ตามลำดับ จากการทดสอบทางทางสถิติพบว่าปริมาณไลโคพีนโดยน้ำหนักสด ในซอสมะเขือเทศที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 2 สภาวะนี้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่เมื่อพิจารณาปริมาณไลโคพีนโดยน้ำหนักแห้ง พบว่า ปริมาณไลโคพีนในซอสมะเขือเทศที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ 2 สภาวะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ประพันธ์ (2546) ศึกษาผลของกรรมวิธีแปรรูปโดยใช้ความร้อน ความเย็น และการอบแห้ง ต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศ พบว่า กรรมวิธีแปรรูปทั้ง 3 วิธี มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนในมะเขือเทศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 65 °ซ จะมีผลต่อการสูญเสียไลโคพีนสูงที่สุด 87.7 % หลังจากการอบแห้ง 24 ชั่วโมง รองลงมา คือ การใช้ความร้อนในการแปรรูป กล่าวคือ การพาสเจอร์ไรซ์เนื้อมะเขือเทศบดที่ 72 °ซ เป็นเวลา 10 นาที การต้มที่ 100 °ซ เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง มีผลต่อการสูญเสียไลโคพีนคิดเป็น 36.1 63.9 68.9 และ 72.8 % ตามลำดับ และการให้ความร้อนเนื้อมะเขือเทศบดในหม้อนึ่งฆ่าเชื้อแบบใช้ความดันที่อุณหภูมิ 121 °ซ ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที มีการสูญเสียไลโคพีนคิดเป็น 49.3 % สำหรับการเก็บรักษาเนื้อมะเขือเทศบดโดยใช้ความเย็น จะมีการสูญเสียไลโคพีนต่ำที่สุด กล่าวคือ การแช่เย็นที่ 5±2 °ซ เป็นเวลา 15 วัน จะทำให้เกิดการสูญเสียไลโคพีน 20.1 % ในขณะที่การแช่เยือกแข็งที่ -10±2 °ซ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ มีผลทำให้เกิดการสูญเสียไลโคพีน 31.1 %

Shi และคณะ (1999) ทดลองนำมะเขือเทศมาอบแห้งด้วยวิธีสุญญากาศที่อุณหภูมิ 55 °ซ นาน 4 – 8 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงจากมะเขือเทศสด 75.5 µg/g น้ำหนักแห้ง เหลือ 73.1 µg/g น้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 3.2 % การอบแห้งวิธีสุญญากาศนี้เป็นสภาวะที่ใช้อุณหภูมิไม่รุนแรง ประกอบกับเป็นสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน จึงทำให้มีการสูญเสียปริมาณไลโคพีนเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศที่ทำการอบแห้งด้วยวิธีลมร้อน ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ 95 °ซ นาน 6 – 10 ชั่วโมง ซึ่งพบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 72.6 µg/g น้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 3.9 % จากการทดลองพบว่า การอบแห้งด้วยวิธีลมร้อนมีการสูญเสียปริมาณไลโคพีนสูงกว่าวิธีอบแห้งภายใต้สุญญากาศ

Kaur และคณะ (1999) ศึกษาผลของกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศโดยวิธีไมโครเวฟ (650 วัตต์ , 2450 เมกะเฮิร์ต) เปรียบเทียบกับวิธีใช้ความร้อน (hot break) และวิธีไม่ใช้ความร้อน (cold break) ต่อคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมะเขือเทศ โดยผ่านกระบวนการผลิต 3 วิธี ดังนี้ วิธีที่หนึ่ง การให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ นำมะเขือเทศมาหั่นเป็นสี่ส่วน แล้วนำเข้าไมโครเวฟเป็นเวลา 4 นาที จากนั้นนำมาคั้นเพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศโดยผ่านตะแกรง แล้วนำไปเข้าไมโครเวฟอีกครั้งเป็นเวลา 4 นาที วิธีที่สอง ใช้ความร้อน นำมะเขือเทศมาหั่นเป็นสี่ส่วน ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50-60 °ซ จากนั้นนำมาคั้นเพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศ แล้วนำไปฆ่าเชื้อที่ 90 °ซ เวลา 1 นาที วิธีที่สาม ไม่ใช้ความร้อน นำมะเขือเทศบดมาคั้นเพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศ แล้วนำไปผ่านความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °ซ เป็นเวลา 1 นาที พบว่า วิธีใช้ความร้อน จะเกิดการสูญเสียปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด รองลงมา คือ วิธีไมโครเวฟ และ วิธีไม่ใช้ความร้อน ตามลำดับ ซึ่งปริมาณเบต้าแคโรทีน และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน

Wilberg และ Rodriguez-Amaya (1995) รายงานการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคพีนในรูป ทราน และ ซิส ไอโซเมอ ในระหว่างการให้ความร้อน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จาก 100 °ซ เป็น 180 °ซ ทำให้เกิดการสลายตัวของทั้ง ทราน และซิส ไอโซเมอ ส่งผลให้ไลโคพีนลดลงถึง 76 % และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจาก 25 °ซ เป็น 100 °ซ ทำให้ไลโคพีนในรูป ซิส ไอโซเมอ เพิ่มขึ้น แต่จะลดลงอย่างมากเมื่อได้รับความร้อนที่ 180 °ซ หลังจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 °ซ 90 นาที พบว่า ไลโคพีนทั้งหมดเกิดการสูญเสียในปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเกิดไลโคพีนในรูปซิส ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณไลโคพีนทั้งหมดจะลดลงเมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงเป็นระยะ-เวลายาวนานขึ้น

2.3.2 อิทธิพลของออกซิเจน และ ความเข้มแสง

Sharma และ Le Maguer (1996) ศึกษาการเสื่อมสลายของไลโคพีนในมะเขือเทศเข้มข้นระหว่างการเก็บรักษาที่สภาวะแตกต่างกัน ดังนี้ สภาวะที่หนึ่ง เก็บในที่มืดและสภาพสุญญากาศ สภาวะที่สอง เก็บในที่มืดและสัมผัสอากาศ สภาวะที่สาม เก็บในที่สัมผัสกับแสงและอากาศ แต่ละสภาวะควบคุมเก็บที่อุณหภูมิ -20 5 และ 25 °ซ เป็นเวลา 60 วัน พบว่า ในสภาวะการเก็บที่สัมผัสกับแสงและอากาศ ที่อุณหภูมิ 25 °ซ มีการสูญเสียไลโคพีนสูงที่สุด และสภาวะการเก็บในที่มืดและไม่สัมผัสอากาศ มีการสูญเสียไลโคพีนต่ำที่สุด ในแต่ละอุณหภูมิของการเก็บรักษา ดังนั้น อุณหภูมิในการเก็บรักษา การสัมผัสกับแสงและอากาศ มีบทบาทสำคัญต่อการสูญเสียไลโคพีน แต่อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °ซ ภายใต้สภาวะที่ไม่มีอากาศและไม่มีการสัมผัสกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง หลังจาก 60 วัน พบว่า มีการสูญเสียไลโคพีน 16.2 % ซึ่งอาจเกิดจากการกระตุ้นของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชัน (autoxidation)

Lee และ Chen (2002) ศึกษาความคงตัวของไลโคพีนบริสุทธิ์ในระหว่างการเก็บรักษาโดยให้มีการสัมผัสกับแสงที่อุณหภูมิ 25 ^{0}ซในแบบจำลอง พบว่า ปริมาณไลโคพีนในรูปทรานไอโซเมอร์ลดลงเมื่อมีการสัมผัสกันเป็นเวลานาน โดยความเข้มข้นของไลโคพีนลดลงจาก 222 μg / g เหลือเพียง 12.4 μg / g หลังจากการสัมผัสกับแสง 144 ชั่วโมง มีเปอร์เซนต์การสูญเสียของไลโคพีนสูงถึง 94 %

Lin และ Chen (2004) ศึกษาความคงตัวของแคโรทีนอยด์ในน้ำมะเขือเทศ โดยการบดปั่นภายใต้ไอน้ำ (hot break) อุณหภูมิ 82 ^{0}ซ เป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำมากรอง แล้วนำน้ำมะเขือเทศที่ได้มาให้ความร้อน (preheat) ที่อุณหภูมิ 95 ^{0}ซ และนำมาให้ความร้อนต่อ ที่อุณหภูมิ 121 ^{0}ซ เป็นเวลา 40 วินาที ทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิ 93 ^{0}ซ แล้วบรรจุกระป๋อง จากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 25 และ 35 ^{0}ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า การเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 4 25 และ 35 ^{0}ซ หลังจาก 12 สัปดาห์ ไลโคพีนในรูป ออล ทราน จะลดลงโดยปริมาณที่ลดลงทั้งหมด เท่ากับ 54.5 57.3 และ 54.7 μg/g ตามลำดับ ส่วนการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไลโคพีนในรูปซิสไอโซเมอ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 ^{0}ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีแนวโน้มลดลง สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 ^{0}ซ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จะมีผลต่อการสูญเสียไลโคพีนในรูป ซิส ไอโซเมอ ในปริมาณที่สูงกว่า

John (2003) รายงานผลของการฉายแสงตัวอย่างไลโคพีน ภายใต้ความเข้มแสงต่างๆ คือ 2010 900 650 และ 140 mol m^{-2} s^{-1} เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ต่อปริมาณไลโคพีนในรูปทราน และ ซิส ไอโซเมอ พบว่า การฉายแสงมีผลต่อปริมาณไลโคพีนในรูป ทราน และ ซิส- ไอโซเมอ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อความเข้มแสงเพิ่มสูงขึ้น โดยทำการเปรียบเทียบกันระหว่างการฉายแสงที่ความเข้ม 2010 และ 140 mol m^{-2} s^{-1} นาน 24 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า ที่ความเข้ม 2010 mol m^{-2} s^{-1} มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนทั้งหมดสูงกว่าการฉายแสงที่ความเข้ม140 mol m^{-2} s^{-1} คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 89 % สรุปได้ว่า การฉายแสงที่ความเข้มสูงๆจะทำให้ไลโคพีนเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อย่างรวดเร็ว จึงทำให้เกิดการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณมาก

Miki และ Akatsu (1970) รายงานว่า การสเตอริไรซ์น้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 90 -100 ^{0}ซ เป็นเวลา 7 นาที ปริมาณไลโคพีนลดลง 1 - 2 % และลดลง 17% เมื่อสเตอไรซ์ที่อุณหภูมิ 130 ^{0}ซ และระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋องที่อุณหภูมิห้องนาน 6 เดือน ปริมาณไลโคพีนไม่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อเก็บในที่ที่ถูกแสงแดดนาน 6 เดือน ปริมาณไลโคพีนลดลง 2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 มะเขือเทศสด

มะเขือเทศพันธุ์ท้อ *(Lycopersion Esculentum Mill Var. Tor)* มีสีแดงทั้งผล ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศ

3.1.2 ผลิตภัณฑ์มะเขือเทศ จากกระบวนการผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น ในขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ มะเขือเทศสับ น้ำมะเขือเทศ กากมะเขือเทศ มะเขือเทศเข้มข้นหลังจากระเหยน้ำออก มะเขือเทศเข้มข้นหลังการฆ่าเชื้อ จาก 3 บริษัท

3.1.2.1 ผลิตภัณฑ์ผลิตโดย บริษัทไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

3.1.2.2 ผลิตภัณฑ์ผลิตโดย บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด อำเภอศรีเชียงใหม่ จังหวัดหนองคาย

3.1.2.3 ผลิตภัณฑ์ ผลิตโดย บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด อำเภอเมือง จังหวัดหนองคาย

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์

3.2.1.1	เครื่องชั่งน้ำหนัก	Mettlet AJ 100
3.2.1.2	เครื่องวัดสี	Minolta CR-300, Japan
3.2.1.3	เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง	Shimadzu uv-1601, Japan
3.2.1.4	กระป๋องขนาด 307x201	บริษัท สวอน จำกัด
3.2.1.5	เครื่องผนึกกระป๋อง (seamer)	KMC, Taiwan
3.2.1.6	เครื่องฆ่าเชื้อแนวนอน (still horizontal retort)	BWS, Thailand
3.2.1.7	เทอร์โมคัปเปิล (thermocouple)	Ellab, Denmark
3.2.1.8	เครื่องอ่านอุณหภูมิแบบดิจิตอล	Ellab A-S, Denmark
3.2.1.9	เครื่องไล่อากาศ (exhuaster)	BWS, Thailand
3.2.1.10	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด	(infrared thermometer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.11 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (hand refractrometer)

3.2.1.12 เครื่องปั่น (blender)

3.2.1.13 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

3.2.1.14 ตู้ไมโครเวฟ (1,250 วัตต์, 2450 เมกะเฮิร์ต) (microwave oven)

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 ปิโตรเลียมอีเทอร์ (AR grade) ของบริษัท BDH Laboratory, England (จุดเดือด 80-100 องศาเซลเซียส)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของปัจจัยในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศที่ไม่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย(cold break) และการลดขนาดที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วย (hot break) ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

คัดเลือกมะเขือเทศที่สุกแดงสม่ำเสมอทั้งผล จำนวน 10 ผล นำแต่ละผลมาหั่นออกเป็น 3 ส่วน แล้วนำแต่ละส่วนมาทำการลดขนาดมะเขือเทศก่อนนำไปผลิตน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋องด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ไม่ใช้ความร้อน โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 1 บดปั่นที่อุณหภูมิห้อง

วิธีที่ 2 ให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 2 มาให้ความร้อนด้วยการนึ่งให้มีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 70 °ซ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด แล้วนำไปบดแล้วกรอง โดยใช้เครื่องปั่น ความเร็วระดับ 1 เวลา 15 วินาที เพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศ

วิธีที่ 3 ให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 3 มาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟให้มีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 70 °ซ โดยไม่ได้ปิดภาชนะ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด แล้วนำไปบดแล้วกรอง โดยใช้เครื่องปั่น ความเร็วระดับ 1 เวลา 15 วินาที เพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศ

นำตัวอย่างน้ำมะเขือเทศที่ได้จากข้างต้น มาตรวจวิเคราะห์ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (total soluble solid) ด้วยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (hand refractrometer)

3.5.1.2 วัดปริมาณไลโคพีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรีที่ความยาวคลื่นแสง 472 นาโนเมตร และใช้ค่า $E^{1\%}_{1cm}$ = 3450 ในการคำนวณ (เยาวภา สิริวัฒนานุกูล, 2545)

3.5.1.3 วัดสีด้วยเครื่องวัดสี Minolta CR-300 บันทึกค่า L, a, b

3.5.1.4 เปอร์เซนต์ผลผลิตที่ได้ (%yield)

สูตรคำนวณ = $\frac{\text{น้ำหนัก น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการกรอง(g)}}{\text{น้ำหนักมะเขือเทศสด(g)}} \times 100$

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลการทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนและ เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ทำการทดลอง 6 ซ้ำ

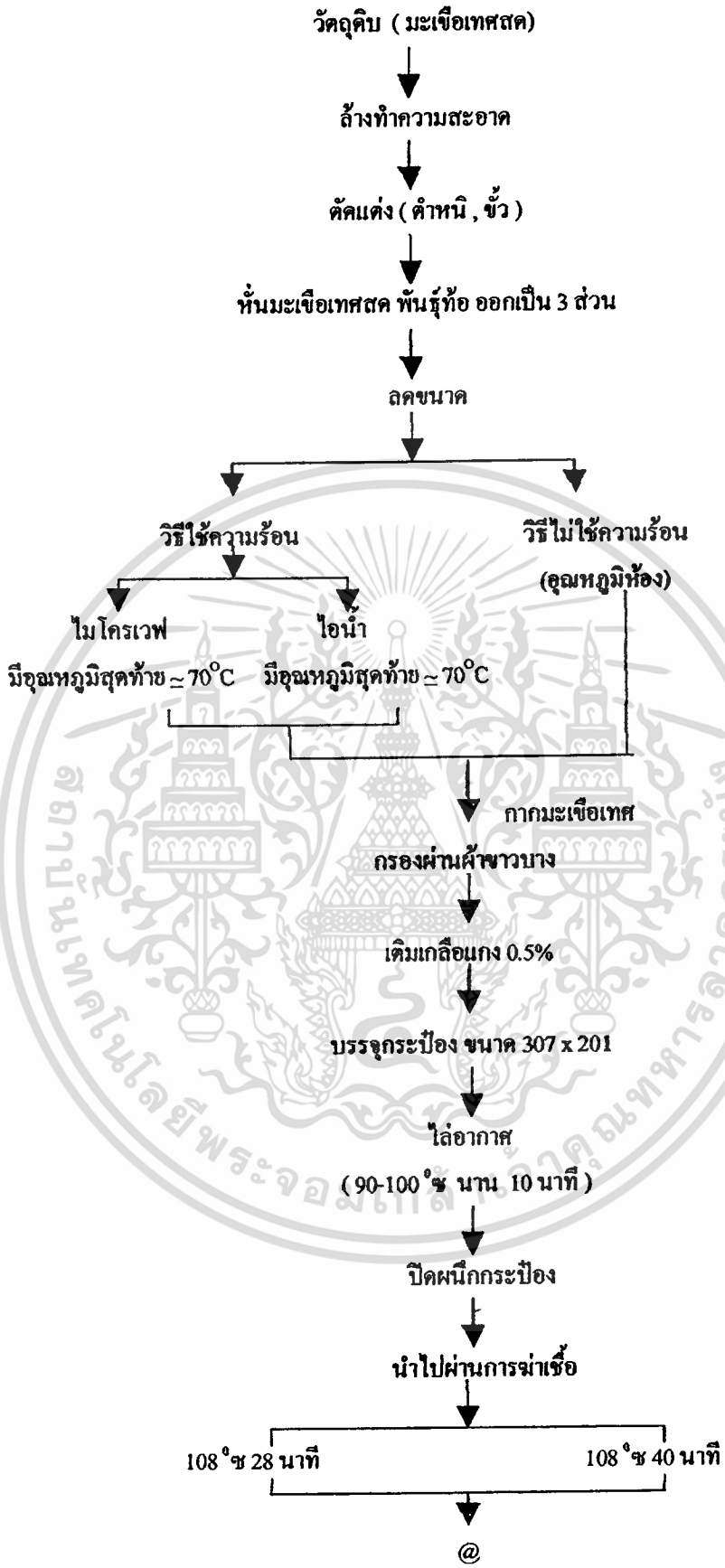
3.5.2 ศึกษาผลของสภาวะในการสเตอริไลเซชันน้ำมะเขือเทศกระป๋องต่อปริมาณไลโคพีน

เลือกวิธีการในขั้นตอนการลดขนาดที่สูญเสียไลโคพีนน้อยที่สุดในการทดลอง 3.5.1 มาทำการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ดังขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 3.1 โดยใช้สภาวะฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 28 (Fo = 1) และ 40 (Fo = 2) นาที (บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำมะเขือเทศภายในกระป๋องบริเวณจุดที่ได้รับความร้อนช้าที่สุด (cold point) ก่อนให้ความร้อนภายใต้ความดันไอและอุณหภูมิรีทอร์ตเป็น 108 องศาเซลเซียส จึงเริ่มจับเวลาการฆ่าเชื้อเป็นเวลา 28 และ 40 นาที บันทึกอุณหภูมิทุกๆ 2 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วทำให้เย็นทันที จากนั้น นำข้อมูลไปคำนวณเพื่อตรวจสอบค่า Fo โดยใช้วิธีคำนวณแบบใช้สูตร (Formula method) ดังแสดงในภาคผนวก จ นำตัวอย่างน้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการไล่อากาศ น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านกระบวนการสเตอริไรซ์ทั้ง 2 สภาวะ มาตรวจวิเคราะห์ ตามข้อ 3.5.1.1 3.5.1.2 และ 3.5.1.3 ทำการทดลอง 2 ซ้ำ

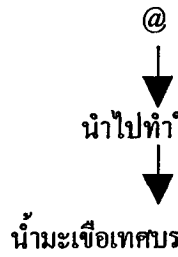
3.5.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณไลโคพีนในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง

นำน้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านกระบวนการผลิตในสภาวะที่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนน้อยที่สุด จากข้อ 3.5.2 มาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน สุ่มตรวจทุก 2 สัปดาห์ ตรวจวิเคราะห์ ตามข้อ 3.5.1.1 3.5.1.2 และ 3.5.1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง

3.5.4 ศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

สุ่มตัวอย่างจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น (ภาพที่ 3.2) จากโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีขั้นตอนการผลิต ดังภาพที่ 3.2

3.5.4.1 บริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด สุ่มตัวอย่างหมายเลข (1) (2) , (4) และ (5)

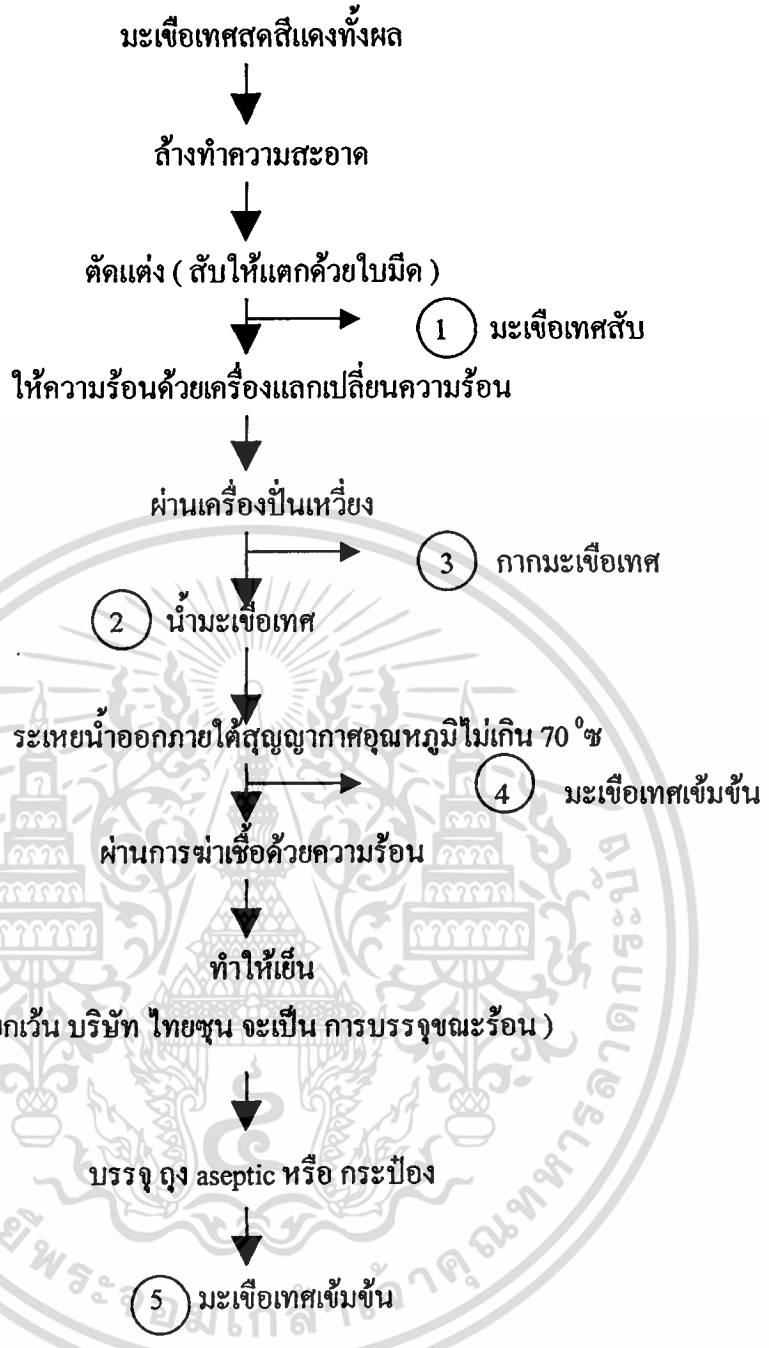
3.5.4.2 บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด สุ่มตัวอย่างหมายเลข (1) (3) , (4) และ (5)

3.5.4.3 บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด สุ่มตัวอย่างหมายเลข (1) (2) , (4) และ (5)

นำตัวอย่างผลิตภัณฑ์มะเขือเทศที่สุ่มได้ มาตรวจวิเคราะห์ ดังข้อ 3.5.1.2 , 3.5.1.3 และ ตรวจหาปริมาณความชื้น (AOAC, 1995)

เปรียบเทียบปริมาณไลโคพีนที่คำนวณได้ในรูปฐานแห้ง (dry basis) เพื่อดูแนวโน้มการสูญเสียไลโคพีนในระหว่างขั้นตอนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 ศึกษาเปรียบเทียบผลของปัจจัยในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศที่ไม่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วยกับการลดขนาดที่มีการใช้ความร้อนร่วมด้วยที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

หลังจากนำมะเขือเทศสดพันธุ์ท้อมาหั่นออกเป็นสามส่วน โดยในส่วนที่หนึ่งไม่มีการใช้ความร้อน จึงนำไปบดได้เลย สำหรับส่วนที่สอง และสาม นำมาทดลองเพื่อทราบระยะเวลาที่ทำให้ชิ้นมะเขือเทศมีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 70 °ซ วัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด แล้วนำไปบดแล้วกรอง โดยใช้เครื่องปั่น ความเร็วระดับ 1 เวลา 15 วินาที โดยนำส่วนที่สอง มาให้ความร้อนโดยการนึ่งด้วยรังถึง เป็นเวลาเท่ากับ 7 นาที และนำส่วนที่สาม มาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟกำลังไฟ 1,250 วัตต์ ที่ความถี่ 2450 เมกะเฮิตซ์ เป็นเวลาเท่ากับ 1.5 นาที (ภาคผนวก ก)

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ของน้ำมะเขือเทศที่ผ่านกระบวนการผลิตในวิธีต่างๆ พบว่า น้ำมะเขือเทศจากวิธีบดปั่นที่อุณหภูมิห้องมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 5.03 °บริกซ์ และเมื่อผ่านขั้นตอนการลดขนาดด้วยวิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำและไมโครเวฟ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เพิ่มขึ้น เท่ากับ 5.17 และ 5.26 °บริกซ์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) เนื่องจากการให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ ความร้อนจะทำให้ผนังเซลล์พืชแตก ทำให้เกิดการปลดปล่อยของแข็งที่ละลายได้ออกมา และการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟจะทำให้น้ำระเหยออกไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำมะเขือเทศมีความเข้มข้นขึ้น

การวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนด้วยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี พบว่า การใช้ความร้อนในการลดขนาดมะเขือเทศมีผลทำให้ปริมาณไลโคพีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้ความร้อน (ตารางที่ 4.1) เมื่อพิจารณาการสูญเสียไลโคพีนหลังจากผ่านการลดขนาดในรูปแบบต่างๆ จะเห็นว่า ปริมาณไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศจากวิธีไม่ใช้ความร้อนมีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด คือ 7.56 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด หรือ 150.14 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง รองลงมา คือ วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ มีปริมาณไลโคพีน 5.63 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด หรือ 109.05 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง และวิธีให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ มีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุด 4.76 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสดหรือ 90.56 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 27.37 และ 39.68 % โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีไม่ใช้ความร้อน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

60852

น้อยกว่า เพราะความร้อนจะค่อยๆผ่านจากผิวมะเขือเทศซึมเข้าไปข้างในเนื้อมะเขือเทศ ซึ่งจะต่างจากวิธีไมโครเวฟ ที่อาศัยหลักการเกิดความร้อนขึ้นจากการสั่นสะเทือนของโมเลกุลน้ำ เกลือแร่ ที่อยู่ภายในเนื้อมะเขือเทศ ทำให้เกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตาม Kaur และคณะ (1999) พบว่า การไม่ใช้ความร้อนในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศมีปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด รองลงมาคือ วิธีการให้ความร้อนโดยไมโครเวฟ และการให้ความร้อนธรรมดา จะมีปริมาณไลโคพีนต่ำที่สุด

ค่า L a และ b ของน้ำมะเขือเทศจากการบดปั่นที่อุณหภูมิห้อง การให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ และการให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ โดยมี มีแนวโน้มลดลง ตามลำดับ ของตัวอย่างทั้งสามวิธี (ตารางที่ 4.1) โดยค่า L ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง มีค่าลดลงจาก 40.12 ลดลงเหลือ 37.39 และ 35.93 ตามลำดับแสดงว่าน้ำมะเขือเทศมีสีคล้ำขึ้นเมื่อผ่านความร้อน ค่า a ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (+ หมายถึงสีแดง – หมายถึงสีเขียว) ค่าที่ได้มีค่า a ลดลงเมื่อผ่านความร้อนจาก 17.94 เป็น 15.08 และ 13.71 ตามลำดับ แสดงว่า น้ำมะเขือเทศมีสีแดงลดลง ค่า b ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือน้ำเงิน (+ หมายถึงสีเหลือง – หมายถึงสีน้ำเงิน) ค่าที่ได้มีค่า b ลดลงเมื่อผ่านความร้อนจาก 11.91 เป็น 11.78 และ 10.69 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมะเขือเทศมีสีเหลืองลดลง และมีแนวโน้มของสีน้ำเงินมากขึ้น ซึ่งก็คือมีสีคล้ำขึ้นนั่นเอง

เมื่อพิจารณาผลผลิตที่ได้ เปรียบเทียบกับ น้ำมะเขือเทศจากการบดปั่นที่อุณหภูมิห้อง (ตารางที่ 4.1) ซึ่งมีผลผลิตที่ได้ เท่ากับ 70.65 % พบว่า การให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ มีเปอร์เซนต์ผลผลิตที่ได้สูงกว่า มีค่าเท่ากับ 75.87 % แต่การให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ จะมีเปอร์เซนต์ผลผลิตที่ได้ต่ำที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.73 % เนื่องจาก การเกิดความร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำภายในโมเลกุลของมะเขือเทศระเหยอย่างรวดเร็ว เป็นสาเหตุให้มีการสูญเสียน้ำในปริมาณมาก เนื่องจากทำการทดลองโดยใช้ระบบเปิดจึงทำให้แตกต่างจากการทดลองระบบปิด โดยการทดลองในระบบปิด กล่าวคือ มีการใช้พลาสติกหุ้ม อาจมีผลทำให้ผลผลิตที่ได้เพิ่มสูงขึ้น ถึงแม้ว่า การให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ จะมีผลผลิตที่ได้สูงกว่าการไม่ใช้ความร้อน แต่จะส่งผลต่อการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณที่สูงกว่า ดังนั้น จึงเลือกวิธีไม่ใช้ความร้อนมาทำการผลิตในขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ไลโคพีน ค่าสี และผลผลิตที่ได้ จากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน

วิธีการลดขนาด	ของแข็งที่ละลายได้ (°บริกซ์)	ปริมาณไลโคพีน (มก. / 100 กรัม)		ค่าสี			ผลผลิตที่ได้ (%)
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง	L	a	b	
วิธีบดปั่นที่อุณหภูมิห้อง	5.03±0.05 [a]	7.56±0.61 [a]	150.14±10.78 [a]	40.12±4.59 [a]	17.94±2.13 [a]	11.91±2.46 [a]	70.65±3.95 [a]
วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ	5.17±0.05 [b]	5.63±0.45 [b]	109.05±8.89 [b]	37.39±3.64 [a]	15.08±0.71 [b]	11.78±1.31 [a]	75.87±5.20 [a]
วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ	5.26±0.08 [c]	4.76±0.30 [c]	90.56±6.59 [c]	35.93±1.47 [b]	13.71±0.55 [b]	10.69±0.97 [a]	43.73±9.24 [b]

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 ศึกษาผลของสภาวะในการสเตอริไลเซชันน้ำมะเขือเทศกระป๋องต่อปริมาณไลโคพีน

กระบวนการผลิตในขั้นตอนการสเตอริไลเซชัน โดยผ่านสภาวะฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 28 (F_0 =1) , 40 (F_0 =2) นาที (ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก จ) ได้นำตัวอย่างน้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ น้ำมะเขือเทศหลังการไล่อากาศ น้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่ผ่านทั้ง 2 สภาวะ มาตรวจวิเคราะห์ของแข็งที่ละลายได้ และปริมาณไลโคพีน โดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี ได้ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 4.2

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ของน้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านกระบวนการสเตอริไลเซชัน พบว่า น้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ 4.58 $^{\circ}$ บริกซ์ และเมื่อผ่านการไล่อากาศที่อุณหภูมิ 90 – 100 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 10 นาที มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้เพิ่มขึ้น เท่ากับ 5.15 $^{\circ}$ บริกซ์ เนื่องจากน้ำมะเขือเทศมีการสัมผัสกับความร้อน จึงทำให้น้ำบางส่วนระเหยออกไปส่งผลให้น้ำมะเขือเทศมีความเข้มข้นขึ้น และเมื่อนำไปสเตอไรซ์ที่อุณหภูมิ 108 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 28 และ 40 นาที พบว่า ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ลดลง เท่ากับ 5.03 และ 5.05 $^{\circ}$ บริกซ์ ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศที่ผ่านการไล่อากาศ และ สเตอริไลเซชัน พบว่า น้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ มีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 3.77 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด และเมื่อนำน้ำมะเขือเทศมาผ่านการไล่อากาศ ที่อุณหภูมิ 90-100 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 10 นาที ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 3.48 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด มีผลทำให้ปริมาณไลโคพีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 7.69% โดยน้ำหนักสด และคิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 18.35% โดยน้ำหนักแห้ง เนื่องจาก มีการสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูง จึงส่งผลให้มีการสูญเสียปริมาณไลโคพีน และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างน้ำมะเขือเทศที่ผ่านการสเตอริไลเซชันทั้ง 2 สภาวะ พบว่าปริมาณไลโคพีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การสเตอริไลเซชันน้ำมะเขือเทศที่อุณหภูมิ 108 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 28 นาที มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนน้อยกว่าการสเตอริไลเซชันที่อุณหภูมิ 108 $^{\circ}$ซ เป็นเวลา 40 นาที มีการสูญเสียของปริมาณไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศ เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ คิดเป็น 49.60 และ 64.46 % โดยน้ำหนักสด และคิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 53.58 และ 67.94 % โดยน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 108 $^{\circ}$ซ 40 นาทีผ่านความร้อนในระยะเวลาที่ยาวนานกว่าสภาวะแรก จึงมีการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณที่สูงกว่า ดังที่ Lee และ Chen (2002) ได้กล่าวไว้ว่า ไลโคพีนจะเกิดไอโซเมอไรเซชัน และ ออกซิเดชัน เมื่อสัมผัสกับความร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นเป็นเวลานานขึ้น ส่งผลให้ไลโคพีนเกิดการเสื่อมสลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสูญเสียไลโคพีนที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับค่าสี โดยพบว่า น้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการไล่อากาศ และการสเตอริไลเซชันที่อุณหภูมิ 108 °ซ เป็นเวลา 28 และ 40 นาที จากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการสเตอริไลเซชัน มีแนวโน้มค่า L a และ b ลดลง โดยค่า L ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดความสว่าง มีค่าลดลงจาก 31.56 ลดลงเหลือ 29.38 27.97 และ27.90 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมะเขือเทศมีสีคล้ำขึ้นเมื่อผ่านความร้อน ค่า a ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว (+ หมายถึงสีแดง – หมายถึงสีเขียว) ค่าที่ได้มีค่า a ลดลงเมื่อผ่านความร้อนจาก 16.77 เป็น 14.10 6.83 และ 4.89 ตามลำดับ แสดงว่า น้ำมะเขือเทศมีสีแดงลดลง ค่า b ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กำหนดสีเหลืองหรือน้ำเงิน (+ หมายถึงสีเหลือง – หมายถึงสีน้ำเงิน) ค่าที่ได้มีค่า b ลดลงเมื่อผ่านความร้อนจาก 8.57 เป็น 8.04 6.80 และ 5.25 ตามลำดับ แสดงว่าน้ำมะเขือเทศมีสีเหลืองลดลงและมีแนวโน้มของสีน้ำเงินมากขึ้น กล่าวได้ว่า น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านความร้อนสูงเป็นเวลานานขึ้น จะมีสีคล้ำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

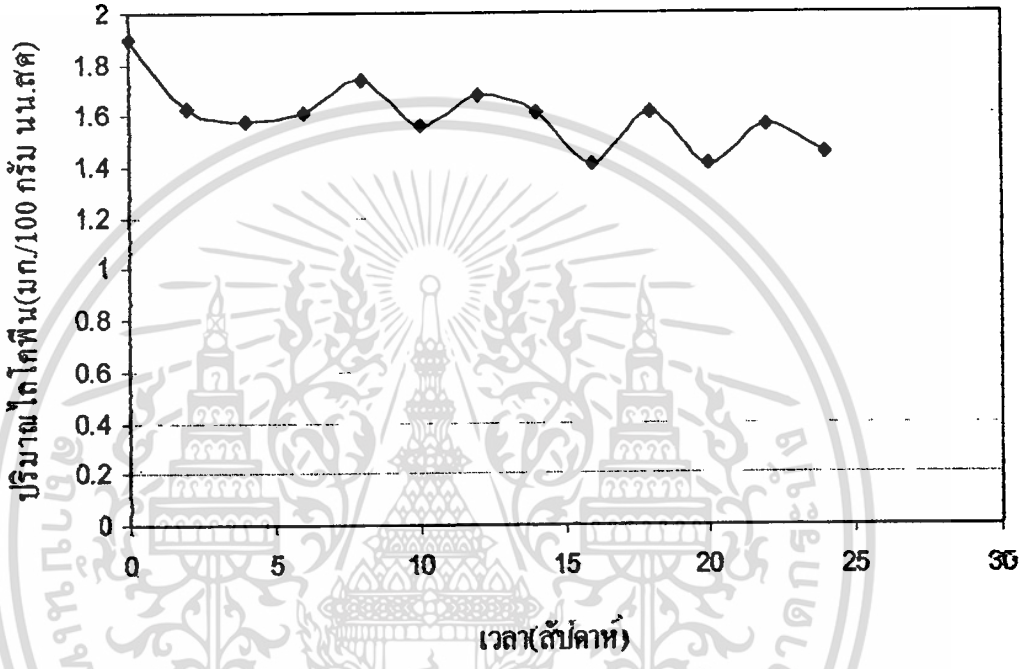
ตารางที่ 4.2 ปริมาณไลโคพีน และของแข็งที่ละลายได้ จากกระบวนการผลิตในขั้นตอนการสเตอริไลเซชัน

ขั้นตอน	ของแข็งที่ละลายได้	ปริมาณไลโคพีน	ค่าสี		
	(^{0} บริกซ์)	(มก./ 100กรัม นน.สด.)	L	a	b
น้ำมะเขือเทศก่อนการไล่อากาศ	4.58±0.04^b	3.77±0.06^a	31.56±0.54^a	16.77±0.25^a	8.57±0.01^a
น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการไล่อากาศ	5.15±0.07^a	3.48±0.06^b	29.38±0.74^b	14.10±0.38^b	8.04±0.39^a
สเตอริไลเซชัน 108 ^{0}ซ 28 นาที	5.03±0.04^a	1.90±0.20^c	27.97±0.22^c	6.83±0.01^c	6.80±0.01^b
สเตอริไลเซชัน 108 ^{0}ซ 40 นาที	5.05±0.07^a	1.34±0.14^d	27.90±0.17^c	4.89±0.13^d	5.25±0.20^c

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

4.3 ศึกษาผลของอายุการเก็บรักษาของน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

จากผลการทดลองในข้อ 4.2 พบว่า น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านกระบวนการผลิตในสภาวะที่มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนน้อยที่สุด คือ สภาวะ 108 °ซ 28 นาที จึงนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน และสุ่มตรวจทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยตรวจวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีน โดยวิธีสเปกโตรโฟโตรเมทรี แสดงดังภาพที่ 4.1



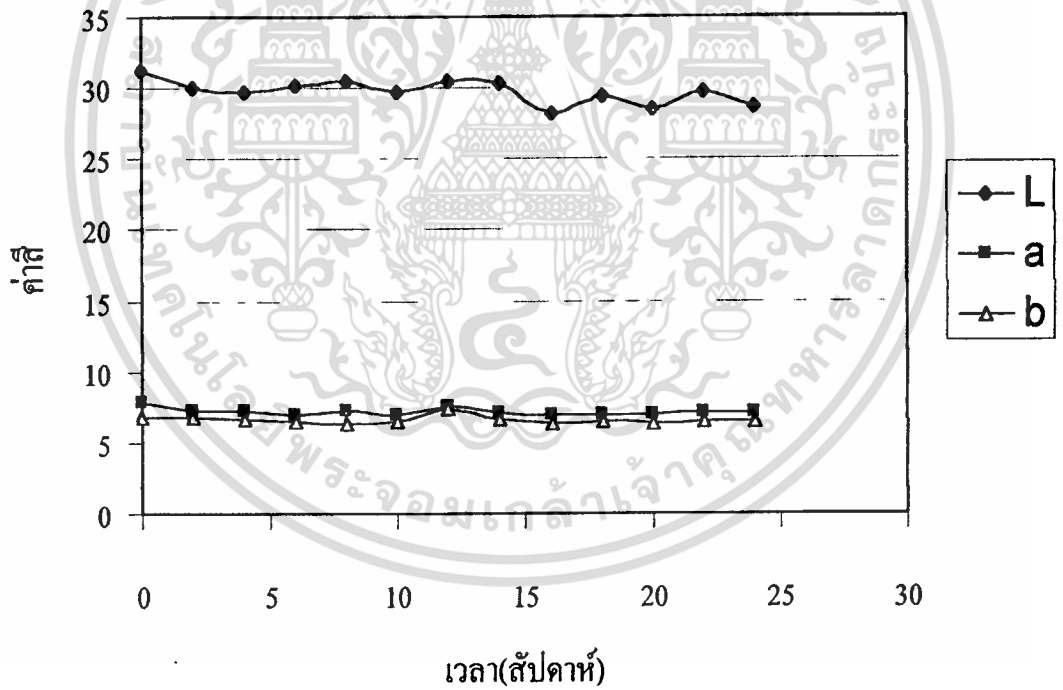
ภาพที่ 4.1 ปริมาณไลโคพีนในน้ำมะเขือเทศกระป๋องระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 สัปดาห์

ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง พบว่า มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 5. 0 °บริกซ์ และไม่เปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา จึงวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีนโดยน้ำหนักสด เมื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีน โดยวิธีสเปกโตรโฟโตรเมทรี พบว่า เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น น้ำมะเขือเทศมีปริมาณไลโคพีนลดลง (ภาพที่ 4.1) โดยในน้ำมะเขือเทศเริ่มต้น มีปริมาณไลโคพีน 1.90 มก./100 กรัม นน.สด และเมื่อเก็บไว้ครบ 6 เดือน ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 1.45 มก./100 กรัม นน.สด คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 28.68% เนื่องจากไลโคพีนในผักและผลไม้ จะอยู่รวมกับโปรตีนเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อน (protein-lycopene complex) ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างร่างแหของอาหาร (food matrix) เช่น องค์ประกอบของโครโมพลาสต์ และไฟเบอร์ ช่วยรักษาเสถียรภาพของไลโคพีนออลทรานในมะเขือเทศ การปรุงอาหารด้วยความร้อน (cooking) ทำให้ไลโคพีนที่อยู่รวมกับโปรตีนเป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนแตกออก เกิดการปลดปล่อยไลโคพีน ทำให้ไลโคพีนมีเสถียรภาพลดลง จึงมีความไวต่อแสง ความร้อน กรด และออกซิเจนมากขึ้น ส่งผลให้ไลโคพีนไม่เสถียรในระหว่างการเก็บรักษา (เยาวภา, 2545) ดังนั้น การเก็บผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ดีที่สุด จึงควรทดแทนช่องว่างภายในกระป๋องบรรยากาศเฉื่อย เช่น ไนโตรเจน เพื่อให้มีการสูญเสียปริมาณไลโคพีนในระหว่างการเก็บรักษาน้อยที่สุด (Shi *et al.*, 2000)

จากการวัดสีน้ำมะเขือเทศกระป๋อง พบว่า ค่า L a และ b มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย (ภาพที่ 4.2) โดยมีค่า L ลดลงตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาจาก 31.23 ลดลงเป็น 28.65 แสดงว่าน้ำมะเขือเทศมีค่าความสว่างลดลง ส่วนค่า a และ b ลดลงจาก 7.83 และ 6.80 เป็น 7.05 และ 6.47 ตามลำดับ แสดงว่า น้ำมะเขือเทศมีสีแดงและสีเหลืองลดลง กล่าวได้ว่า น้ำมะเขือเทศมีสีคล้ำขึ้น เมื่อเก็บรักษาในระยะเวลายาวนานขึ้น



ภาพที่ 4.2 ค่าสีของน้ำมะเขือเทศกระป๋องในระหว่างการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีต่อปริมาณไลโคพีน

การวิเคราะห์ ความชื้น ปริมาณไลโคพีน และค่าสี จากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจากทั้ง 3 โรงงานอุตสาหกรรม คือ บริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด และบริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.3 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.3 ตัวอย่างที่เก็บจากบริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า มะเขือเทศสับ น้ำมะเขือเทศที่ผ่านการแยกกากออก มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก) และมะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ) มีความชื้น เท่ากับ 94.83 95.47 69.29 และ 68.74% ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น ไม่ได้วิเคราะห์ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เนื่องจากตัวอย่างไม่ได้มีลักษณะเป็นของเหลวทั้งหมด การแสดงปริมาณไลโคพีนโดยน้ำหนักแห้ง (dry basis) แสดงให้เห็นถึงความเข้มข้นของไลโคพีนในตัวอย่างที่แท้จริงโดยปราศจากความชื้น โดยตัวอย่างที่มีลักษณะเป็นมะเขือเทศเข้มข้น จะมีความชื้นในปริมาณที่ต่ำกว่าตัวอย่างอื่นๆ

ตัวอย่างมะเขือเทศสับที่เก็บจากโรงงานบริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด เป็นการนำมะเขือเทศสดมาตัดแต่งขั้ว และส่วนที่เน่าเสียออกไป และสับให้แตกด้วยใบมีดแบบสัมผัสอากาศ จากการวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณไลโคพีนเท่ากับ 131.76 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้น มะเขือเทศสับที่ได้จะผ่านไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เมื่อผ่านความร้อนจากไอน้ำอุณหภูมิ 95-105 ^{0}ซ จะทำให้เปลือกและเมล็ดหลุดออกจากเนื้อได้ง่ายขึ้น แล้วผ่านไปยังเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกกากออกจากน้ำมะเขือเทศ โดยอาศัยหลักการใช้ความเร็วในการหมุนเหวี่ยงแยกกากผ่านรูตะแกรง ตัวอย่างในขั้นตอนนี้จะมีลักษณะเป็นน้ำมะเขือเทศ พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีปริมาณไลโคพีน 124.77 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 5.31 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศสับ (ตารางที่ 4.3) เนื่องจากสภาวะที่ใช้มีอุณหภูมิสูง โดยความร้อนจะทำให้เนื้อเยื่อมะเขือเทศแตกออก ทำให้ไลโคพีนซึ่งมีสภาพไวต่อความร้อนหลุดออกมาจากโครงสร้าง และบางส่วนเสื่อมสลายไปในที่สุด นอกจากนี้ ไลโคพีนยังพบในส่วนของเปลือก เมล็ด และส่วนที่ไม่ละลายน้ำในปริมาณสูงถึง 72-92 % (Sharma and Le Maguer, 1996) ประกอบกับบริเวณผิวมะเขือเทศจะมีไข (wax) เคลือบอยู่ จึงทำให้การบดปั่นไม่ละเอียดพอ (สิริรัตน์, 2546) เมื่อทำการแยกกากออกก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียไลโคพีนในส่วนของกากที่เหวี่ยงแยกออกไปเป็นปริมาณมาก ส่งผลให้ไลโคพีนในขั้นตอนนี้ลดลง และเมื่อผ่านเครื่องระเหยน้ำ (evaporator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายใต้ความดันสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 - 70 ^{0}ซ ระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นมะเขือเทศเข้มข้น พบว่าปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 122.35 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 1.94 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไลโคพีนจากตัวอย่างน้ำมะเขือเทศ เนื่องจาก มีการสัมผัสกับความร้อนไม่สูงมากนัก แต่สัมผัสเป็นเวลานาน จากนั้น มะเขือเทศเข้มข้นก็จะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 100 – 104 ^{0}ซ เวลา 3 – 5 นาที พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 115.10 มก./100 กรัม - นน.แห้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 5.93 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไลโคพีนจากตัวอย่างมะเขือเทศเข้มข้นหลังการระเหยน้ำออก จะเห็นได้ว่า ตัวอย่างมะเขือเทศเข้มข้นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จะเกิดการสูญเสียไลโคพีนในปริมาณที่สูงกว่าตัวอย่างมะเขือเทศเข้มข้นหลังการระเหยน้ำออก เนื่องจาก การผ่านความร้อนสูงจะไปเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และไอโซเมอไรเซชัน (Lee and Chen, 2002) ส่งผลให้ไลโคพีนเกิดการเสื่อมสลาย และผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 26 – 28 ^{0}บริกซ์

เมื่อพิจารณาค่าสี (ตารางที่ 4.3) พบว่า ในตัวอย่างมะเขือเทศสับ เมื่อผ่านขั้นตอนการผลิตเป็นน้ำมะเขือเทศ จะมีค่า L ลดลงจาก 36.00 เหลือ 34.99 ส่วนค่า a และ b ก็มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน โดยค่าเริ่มต้น เท่ากับ 16.80 และ 15.36 ตามลำดับ ลดลงเหลือ 12.48 และ 14.73 ตามลำดับ แสดงว่าเมื่อผ่านขั้นตอนการสับ ผ่านความร้อนจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และการเหวี่ยงแยกน้ำมะเขือเทศจะมีสีคล้ำขึ้น สำหรับตัวอย่างมะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก) และมะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ) ก็มีแนวโน้มของการลดลงของค่า L a และ b เช่นเดียวกัน

โรงงานที่สอง คือ บริษัท โรซ่า เกษตรอุตสาหกรรม จำกัด การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า มะเขือเทศสับ น้ำมะเขือเทศ มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก) และมะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ) มีความชื้น เท่ากับ 93.51 95.28 68.65 และ 66.87 % ตามลำดับ การวิเคราะห์ปริมาณไลโคพีน พบว่า เมื่อนำมะเขือเทศสดมาตัดแต่งโดยการสับให้แตกด้วยใบมีด แบบสัมผัสอากาศ มีปริมาณไลโคพีนเท่ากับ 135.11 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง จากนั้น ผ่านไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เมื่อผ่านความร้อนจากไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 90$\pm$2 ^{0}ซ ขึ้นไป พบว่า น้ำมะเขือเทศมีปริมาณไลโคพีน 124.36 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 7.96% โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศสับ (ตารางที่ 4.4) แล้วเข้าสู่เครื่องระเหยน้ำออก (evaporator) ภายใต้ความดันสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 65 - 70 ^{0}ซ ระยะเวลาประมาณ 2.5 - 3 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 119.73 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 3.72 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมะเขือเทศ จากนั้น มะเขือเทศเข้มข้นก็จะผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิ 108 ^{0}ซ เวลา 2 นาที พบว่า ปริมาณ ไลโคพีนลดลงเหลือ 111.00 มก./100 กรัม นน.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แห้ง คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย 7.29 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศเข้มข้นหลังการระเหยน้ำออก และผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้เท่ากับ 28 – 30 ^{0}บริกซ์ เมื่อพิจารณาค่าสี (ตารางที่4.4) พบว่า มีแนวโน้มของค่าสีเป็นไปในทางเดียวกันกับตัวอย่างที่เก็บจากบริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

และโรงงานที่สาม คือ บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่า น้ำมะเขือเทศ มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก) มะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ) และกากมะเขือเทศ มีความชื้น เท่ากับ 95.16 69.28 67.56 และ 73.12 % ตามลำดับ มะเขือเทศสดที่เข้าสู่โรงงานนี้จะถูกนำมาตัดแต่งโดยการสับให้แตกด้วยใบมีด แบบไม่สัมผัสอากาศ ซึ่งจะแตกต่างจาก 2 บริษัทข้างต้น จึงทำให้ในขั้นตอนนี้ไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้ เนื่องจากเป็นการสับในระบบปิด จากการสอบถามพบว่าเหตุผลในการสับในระบบปิด คือ ไม่ต้องการให้สัมผัสกับอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน จากนั้น มะเขือเทศสับที่ได้จะผ่านไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) เพื่อผ่านความร้อนจากไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 80 ^{0}ซ ขึ้นไป แล้วผ่านไปยังเครื่องปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกกากออกจากน้ำมะเขือเทศ พบว่า น้ำมะเขือเทศมีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 125.00 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 4.5) แล้วเข้าสู่เครื่องระเหยน้ำออก (evaporator) ภายใต้ความดันสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 63 - 65 ^{0}ซ ระยะเวลาประมาณ 1.5 - 2 ชั่วโมง ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 116.65 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 6.68 % โดยน้ำหนักแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างน้ำมะเขือเทศ จากนั้น ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 105 ^{0}ซ เวลา 4 – 6 นาที พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลงเหลือ 115.10 มก./100 กรัม นน.แห้ง คิดเป็นเปอร์เซนต์การสูญเสีย 7.31 % การสูญเสียปริมาณไลโคพีนในขั้นตอนต่างๆ เกิดจากเหตุและปัจจัยเดียวกันกับข้างต้น และผลิตภัณฑ์มะเขือเทศเข้มข้น มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 28 – 30 ^{0}บริกซ์ เมื่อพิจารณาค่าสี (ตารางที่ 4.5) พบว่า มีแนวโน้มของค่าสีเป็นไปในทางเดียวกันกับที่พบในตัวอย่างของทั้ง 2 บริษัทที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับกากมะเขือเทศจากขั้นตอนการผลิต มีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 14.02 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะพบไลโคพีนที่ยังหลงเหลืออยู่ในส่วนของที่เหลือทิ้งอยู่ในปริมาณสูง อาจมีการคิดค้นเพื่อสามารถนำไลโคพีนจากส่วนกาก ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ในอนาคต

เมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณไลโคพีนจากตัวอย่างของโรงงานอุตสาหกรรม ทั้ง 3 บริษัท พบว่า มะเขือเทศเข้มข้นมีการสูญเสียปริมาณไลโคพีนทั้งหมดโดยเฉลี่ย 12 – 17% และในขั้นตอนการฆ่าเชื้อจะมีการสูญเสียปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท ไทยซุนผลิตภัณฑ์อาหาร จำกัด

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ปริมาณไลโคพีน (มก./100 กรัม)		การสูญเสียไลโคพีนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศสับ (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	ค่าสี		
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง		L	a	b
มะเขือเทศสับ	94.83±0.04	6.82±0.21	131.76±3.91[a]	0	36.00	16.80	15.36
น้ำมะเขือเทศ	95.47±0.08	5.65±0.10	124.77±2.26[b]	5.31	34.99	12.48	14.73
มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก)	69.29±0.13	37.57±0.25	122.35±0.83[b]	7.14	39.28	27.69	17.69
มะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ)	68.74±0.30	35.98±0.16	115.10±0.49[c]	12.64	38.66	26.32	16.60

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท โรซ่าเกษตรอุตสาหกรรม จำกัด

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ปริมาณไลโคพีน (มก./100 กรัม)		การสูญเสียไลโคพีนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศสับ (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	ค่าสี		
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง		L	a	b
มะเขือเทศสับ	93.51±0.08	8.77±0.21	135.11±3.16[a]	0	47.11	21.29	25.98
น้ำมะเขือเทศ	95.28±0.41	5.87±.010	124.36±2.17[b]	7.96	32.64	11.49	11.78
มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก)	68.65±0.03	37.54±0.21	119.73±0.65[c]	11.38	39.00	27.54	19.36
มะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ)	66.87±0.06	36.78±0.36	111.00±1.09[d]	17.84	36.56	27.07	17.30

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.5 ความชื้นและปริมาณไลโคพีน ของตัวอย่างจากขั้นตอนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นที่เก็บจาก บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด

ตัวอย่าง	ความชื้น (%)	ปริมาณไลโคพีน (มก./100 กรัม)		การสูญเสียไลโคพีนเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างมะเขือเทศสับ (% ต่อน้ำหนักแห้ง)	ค่าสี		
		น้ำหนักสด	น้ำหนักแห้ง		L	a	b
น้ำมะเขือเทศ	95.16±0.10	6.05±0.25	125.00±5.26[a]	0	29.99	10.24	10.75
มะเขือเทศเข้มข้น (หลังการระเหยน้ำออก)	69.28±0.06	35.83±0.16	116.65±0.50[b]	6.68	38.47	27.63	17.34
มะเขือเทศเข้มข้น (ผ่านการฆ่าเชื้อ)	67.56±0.16	33.27±0.21	108.12±0.95[c]	13.50	36.59	27.45	16.63
กากมะเขือเทศ	73.12±0.11	3.77±0.31	14.02±1.15		47.61	21.32	25.03

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

1. จากการศึกษาเปรียบเทียบผลของกระบวนการผลิตในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศ โดยไม่ใช้ความร้อน (อุณหภูมิห้อง) และใช้ความร้อน (วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ และ วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ ต่อปริมาณไลโคพีนในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศ พบว่า การไม่ใช้ความร้อน โดยบดปั่นที่อุณหภูมิห้อง จะส่งผลต่อปริมาณไลโคพีนน้อยที่สุด กล่าวคือมีการสูญเสียน้อยที่สุด รองลงมา คือ วิธีไอน้ำ และ วิธีไมโครเวฟ ซึ่งมีเปอร์เซนต์การสูญเสียไลโคพีน เท่ากับ 27.37 และ 39.68 % ตามลำดับ

2. จากการเปรียบเทียบสภาวะที่ใช้ในการสเตอริไลเซชันน้ำมะเขือเทศกระป๋อง พบว่า การสเตอริไลเซชันที่ 108 ^{0}ซ เป็นเวลา 28 นาที มีผลต่อการสูญเสียปริมาณไลโคพีนต่ำกว่าการสเตอริไลเซชันที่ 108 ^{0}ซ เป็นเวลา 40 นาที มีปริมาณไลโคพีน ที่เหลืออยู่ภายหลังการสเตอริไลเซชันแล้วเท่ากับ 1.90 และ 1.34 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ตามลำดับ

3. ผลของการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านการสเตอริไลเซชัน ที่อุณหภูมิ 108 ^{0}ซ 28 นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน โดยทำการสุ่มตรวจทุก 2 สัปดาห์ พบว่า ปริมาณไลโคพีนลดลง 23.68 % โดยเฉลี่ย จากการวัดสีน้ำมะเขือเทศ พบว่า มีค่า L a และ b ลดลงเล็กน้อย กล่าวได้ว่า การเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋องนานขึ้น จะส่งผลให้น้ำมะเขือเทศมีสีคล้ำขึ้นเล็กน้อย

4. จากการศึกษาปัจจัยในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้นจากโรงงาน - อุตสาหกรรมทั้ง 3 บริษัท พบว่า ปริมาณไลโคพีนสูญเสียในขั้นตอนการแยกน้ำมะเขือเทศจากมะเขือเทศสับ ขั้นตอนการระเหยน้ำเพื่อให้มะเขือเทศเข้มข้นขึ้น และขั้นตอนการฆ่าเชื้อ คิดเป็นปริมาณสูญเสียเฉลี่ยทั้งสิ้นประมาณ 12 - 17 %

5. ขั้นตอนที่ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณไลโคพีนสูงที่สุด คือ ขั้นตอนการฆ่าเชื้อ

6. จากการศึกษาคุณภาพมะเขือเทศที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิต ของ บริษัท ศรีเชียงใหม่อุตสาหกรรม จำกัด พบว่า มีปริมาณไลโคพีน เท่ากับ 14.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะ

1. ในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยใช้ไมโครเวฟของกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศ อาจทำการศึกษาเพิ่มเติม ทำการทดลองโดยใช้ภาชนะปิด เพื่อให้ความชื้นเกิดการสูญเสียน้อยลง ผลผลิตที่ได้จะเพิ่มสูงขึ้น

2. ในส่วนของกากมะเขือเทศ พบว่า มีไลโคพีนหลงเหลืออยู่ในปริมาณสูง อาจทำการสกัดไลโคพีน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทั้งนี้ ควรคำนึงถึงจุดคุ้มทุนด้วย

3. ในขั้นตอนกระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น พบว่า ปริมาณไลโคพีนจะสูญเสียมากในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ ดังนั้น อาจทำการศึกษาเพิ่มเติม สำหรับอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อ เพื่อลดการสูญเสียปริมาณไลโคพีนให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ประพันธ์ ปิ่นศิโรดม. 2546. " ผลของกรรมวิธีแปรรูปต่อการสูญเสียปริมาณไลโคปีนในมะเขือ - เทศ." **วารสารอาหาร.** 33 (2) :111 – 118.

พอใจ ถามากร. 2545. "ไลโคพีน" **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.** 18 (2) :68 – 76.

เยาวภา สิริวัฒนานุกูล. 2545. **การศึกษาการสูญเสียไลโคพีนในระหว่างกระบวนการผลิตซอสมะเขือเทศ และมะเขือเทศเข้ข้น.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สิริรัตน์ นาประเสริฐ. 2546. **ผลของสภาวะการเก็บรักษาต่อปริมาณไลโคพีน และความแน่นเนื้อของมะเขือเทศที่มีระดับสีแตกต่างกัน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Anese, M., Manzocco, L., Nicoli, M. C., and Lerici. C. R. 1999. Antioxidant propertiestomato juice as affected by heating. **J. Sci. Food Agric.** 79 : 750 – 754.

Anguelova, T., and Warthesen, J. 2000. Lycopene stability in tomato powders. **J. Food Sci.** 65 : 67 – 70.

Barreiro, J . A ., Milano, M., and Sandoval, A . J. 1997. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. **J. Food Eng.** 33 : 359 – 371.

Bohm, V., Frohlich, K., and Bitsch, R. 2003. Rosehip – a "new" source of lycopene ?. **Mole. Asp. Med.** 24 : 385 – 389.

Bramley, P. M. 2000. Is lycopene beneficial to human health ?. **Phytochem.** 54 : 233 – 236.

Clinton, S. K. 1998. Lycopene : chemistry, biology, and implications for human health and disease. **Nutr. Rev.** 56 : 35 – 51.

Davis, A. R., Fish, W. W., and Perkins – Veazie, P. 2003. A rapid spectrophotometric medthod for analyzing lycopene content in tomato and tomato product. **Post. Biology. Tech.** 28 : 425 – 430.

Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., and Liu, R. H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **J. Agric. Food Chem.** 50 : 3010 – 3014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Di Mascio, P., Kaiser, S. and Sie, H. 1989. Lycopene as the Most Efficient Biological Carotenoid Singlet Oxygen and Quencher. **Arch. Biochem. Biophys.** 274 : 532 - 538.

El – Agamey, A., Lowe, G. M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., and Young, A. J. 2004. Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. **Arch. Biochem. Biophys.** 430 : 37 – 48.

Emenhiser, C., Sander, L. C., and Schwartz, S. J. 1995. Capacibility of a polymeric C_{30} stationary phase to resolve *cis-tran* carotenoids in reversed phase liquid chromatograph. **J. Chromatogr. A.** 707 : 205 – 216.

Gartner, C., Stahl, W., and Sies, H. 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. Am. **J. Clin Nutr.** 66 : 166 – 1122.

Gester, H. 1997. The potential role of lycopene for human health. **J. Am. Col. Nutr.** 16 : 109 – 126.

Giovannucci, E. L., Ascherio, A., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., and Willet, W. C. 1995. Intake of carotenoids and retinol in relationship to risk of prostate cancer. **J. Natl. Cancer Inst.** 87:1767-1776.

Gould, W. V. 1992. **Tomato Production, Processing and Technology**. Baltimore:CLT Publications.

John, S. 2003. Bioactivity of lycopene-rich carotenoid concentrate extracted from tomatoes. *In* **Oriental Foods and Herbs Chemistry and Health Effects.** American chemical society. Washington DC. 154-164.

Kaur, C., Khurdiya, D. S., Pal, R. K., and Kapoor, H. C. 1999. Effect of microwave heating and conventional processing on the nutritional qualities of tomato juice. **J. Food Sci. Tech.** 36: 331 – 333

Lee, M. T. and Chen, B. H. 2002. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chem.** 78 : 425 – 432.

Levy, J., Bisin, E., Feldman, B., and Giat, Y. 1995. Lycopene is a more potent inhibitor of human cancer cell proliferation than either α-carotene or ß-carotene. **Nutr. Cancer.** 24 : 257-266.

Lin, C. H. and Chen, B. H. 2005. Stability of carotenoids in tomato juice during storge. **Food Chem.** 90 : 837 – 846.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Miki, N. and Akutsu, K. 1970. Efects of heating sterilization on color of tomato juice. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi.** 17 : 175 – 181.

Nguyen, M. L. and Schwatrz, S. J. 1998. Lycopene stability during food processing. **Proc. Soc. Exp. Med.** 218 : 101 – 105.

Nguyen, M. L. and Schwatrz, S. J. 1999. Lycopene: chemical and biological properties. **Food Tech.** 53:38-45.

Rao, A. V. and Agarwal, S. 1999. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic discases : A review. **Nutr. Res.** 19 : 305 – 323.

Rao, A. V ., Waseem, Z., and Agarwal, S. 1998. Lycopene content of tomato and tomato products and their contribution to dietary lycopene. **Food Res. Int.** 31 : 737 – 741.

Sharma, S. K. and Le Maguer, M. L. 1996. Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. **Food. Res. Int.** 29 : 309 – 315.

Shi, J., Le Maguer, I. M., Albert, L., and Francie, N. 1999. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. **Food Res. Int.** 32 : 15 – 21.

Shi, J., Le Maguer, I. M., Albert, L., and Francie, N. 2000. Lycopene in tomato: chemical and physical properties affects by food processing. **Crit. Rev.Food Sci. Nutr.** 40:1-42.

Stahl, W. and Sies, H. 1992(1). Cis-trans isomers of lycopene and beta-carotene in human serum and tissue.**Arch.Biochem.Biophys.** 294 : 173-177.

Stahl, W. and Sies, H. 1992(2). Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat – processed than tomato juice in humans. **J. Nutr.** 122 : 2162 – 2166.

Stahl, W. and Sies, H. 1996. Perspectives in viochemistry and biophysics. Lycopene : A biologically important cavotenoid for humans. **Arch. Biochem. & Biophys.** 336 : 1 – 9.

Strumbo. C. R. 1973. Thermobacteriology in food processing. 2nd ed. **Newyork : Academic Press.** 214 - 215.

Takeoka, G. R., Dao, L., Flessa, S., Gillespie, D. M., Jewell, W. T., Huebner, B., Bertow, D., and Ebeler, S. E. 2001. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. **J. Agric. Food Chem.** 49 : 3713 – 3717.

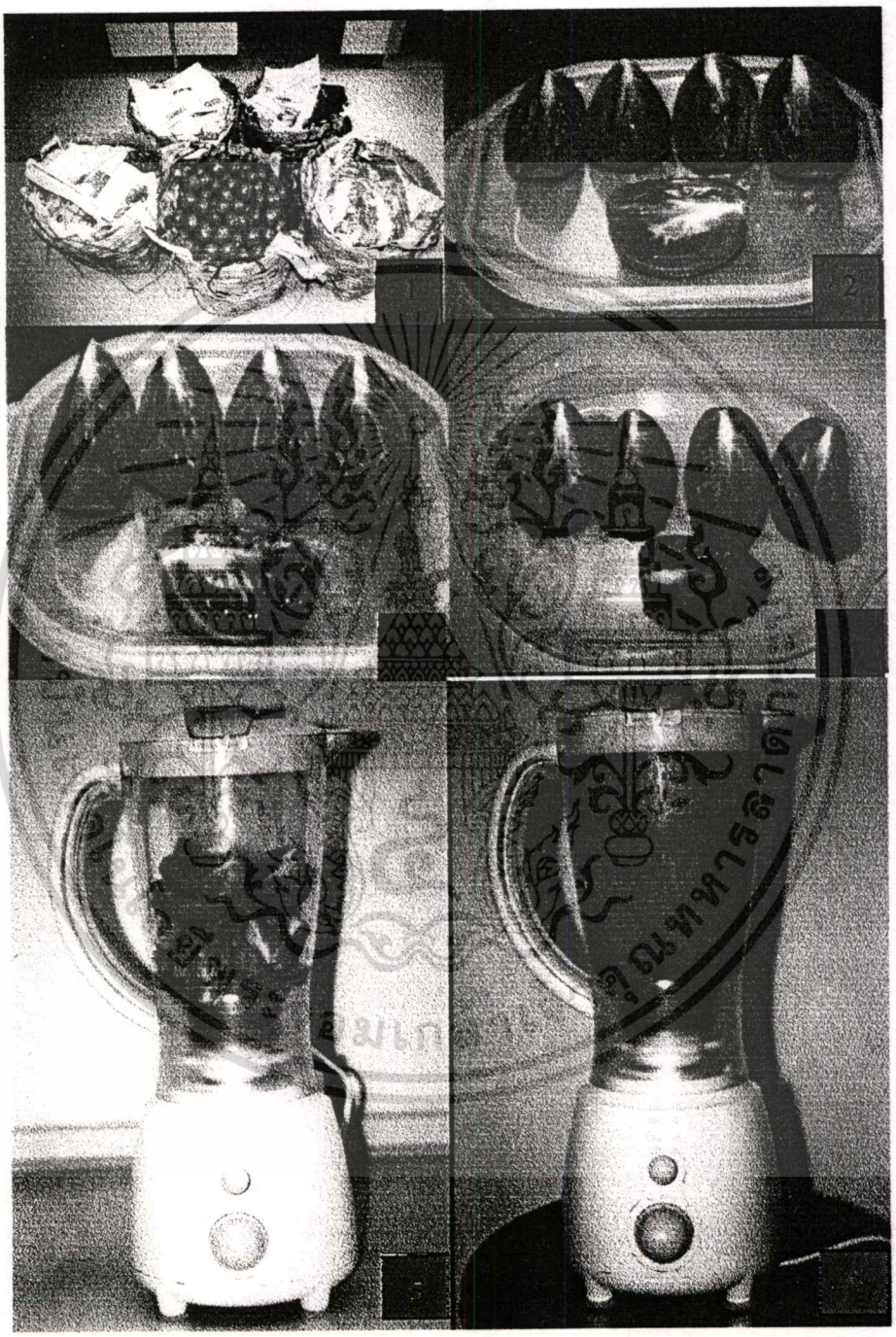
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wilberg, V. C. and Rodriguez-Amaya, B. D. 1995. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensmittel-Wissenchaft und Technol.** 28: 474 – 480.

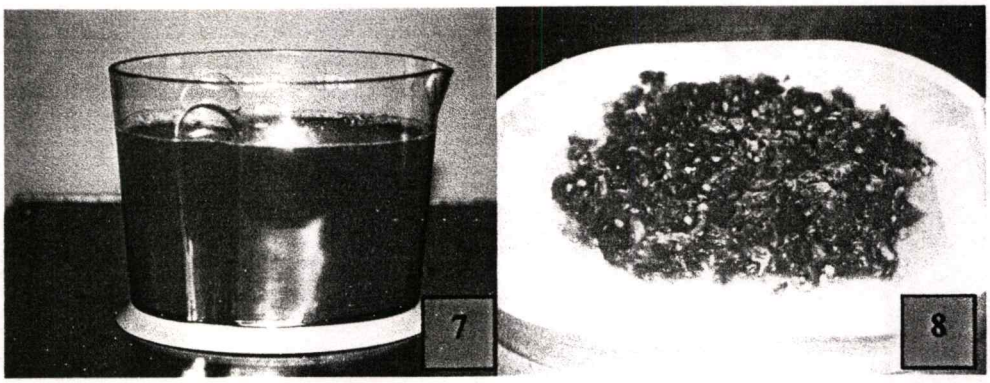
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง และมะเขือเทศเข้มข้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก1 ขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศโดยไม่ใช้ความร้อน และใช้ความร้อนร่วมด้วย

กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง ประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิต แสดงดังภาพที่ ก1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ภาพที่ 1 มะเขือเทศพันธุ์ท้อ *(Lycopersion Esculentum Mill Var. Tor)* สุกแดงสม่ำเสมอทั้งผล คัดเลือกมะเขือเทศที่สุกแดงสม่ำเสมอทั้งผล จำนวน 10 ผล นำแต่ละผลมาหั่นออกเป็น 3 ส่วน แล้วนำแต่ละส่วนมาทำการลดขนาดมะเขือเทศ ด้วยวิธีต่างๆ 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 วิธีไม่ใช้ความร้อน โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 1 บดปั่นที่อุณหภูมิห้อง

วิธีที่ 2 วิธีใช้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 2 มาให้ความร้อนด้วยการนึ่งให้มีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 70 ^{0}ซ เป็นเวลา 7 นาที

วิธีที่ 3 วิธีใช้ความร้อนโดยไมโครเวฟ โดยนำมะเขือเทศส่วนที่ 3 มาให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟให้มีอุณหภูมิสุดท้ายประมาณ 70 ^{0}ซ เป็นเวลา 1.5 นาที

ภาพที่ 2 ชิ้นมะเขือเทศที่อุณหภูมิห้อง

ภาพที่ 3 ชิ้นมะเขือเทศที่ผ่านความร้อนโดยใช้ไอน้ำ

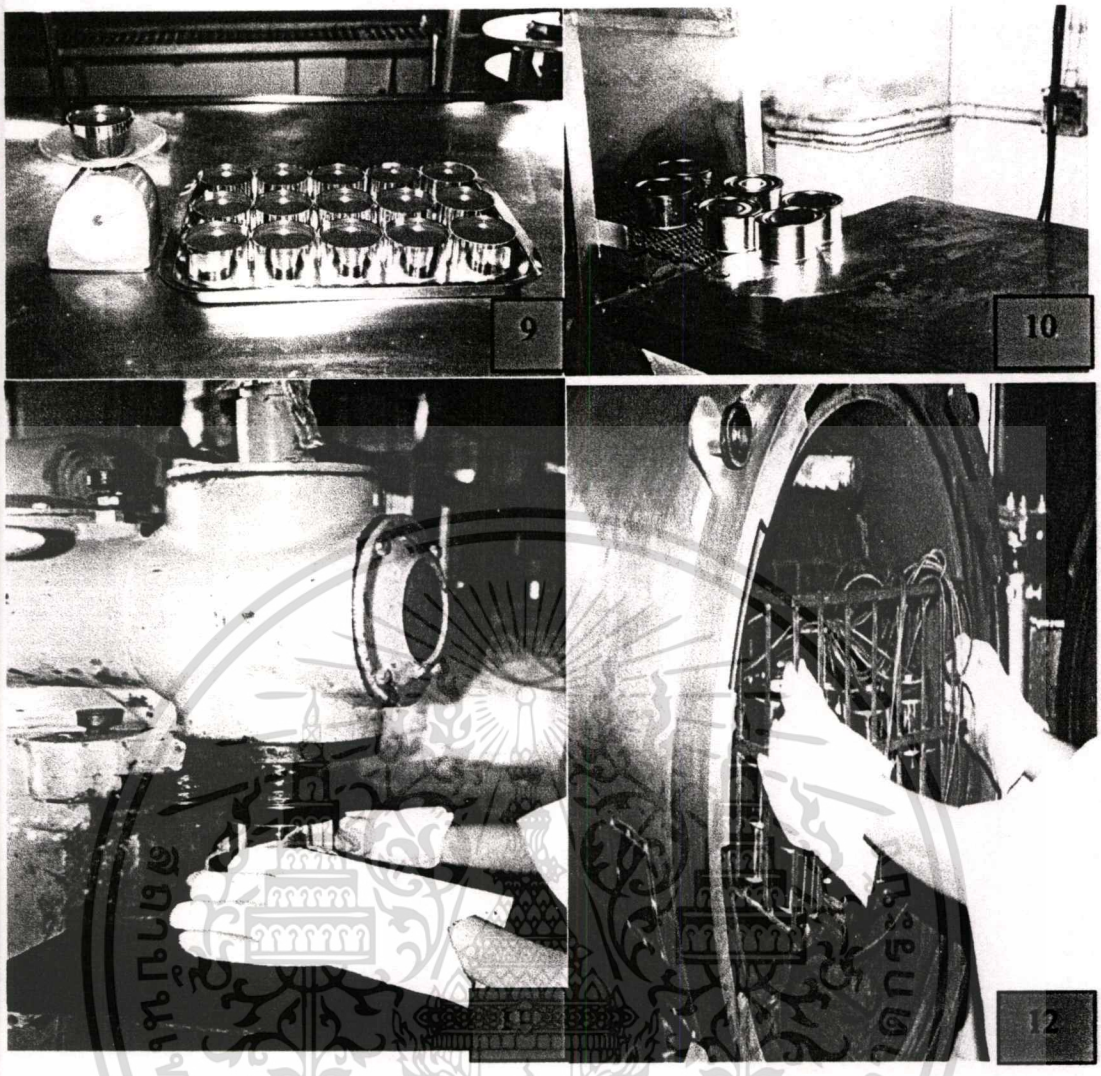
ภาพที่ 4 ชิ้นมะเขือเทศที่ผ่านความร้อนโดยใช้ไมโครเวฟ

ภาพที่ 5 และ 6 นำมะเขือเทศในแต่ละส่วน ไปบดปั่น และกรอง เพื่อให้ได้เป็นน้ำมะเขือเทศ 3 ส่วน จาก 3 วิธี

ภาพที่ 7 น้ำมะเขือเทศจากขั้นตอนไม่ใช้ความร้อน

ภาพที่ 8 กากมะเขือเทศที่ได้หลังจากการคั้นน้ำมะเขือเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก2 กระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง

ภาพที่ 9 อุปกรณ์ในการบรรจุน้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง ขนาด 307 x 201

ภาพที่ 10 การนำน้ำมะเขือเทศกระป๋องที่บรรจุแล้วผ่านเครื่องไล่อากาศ

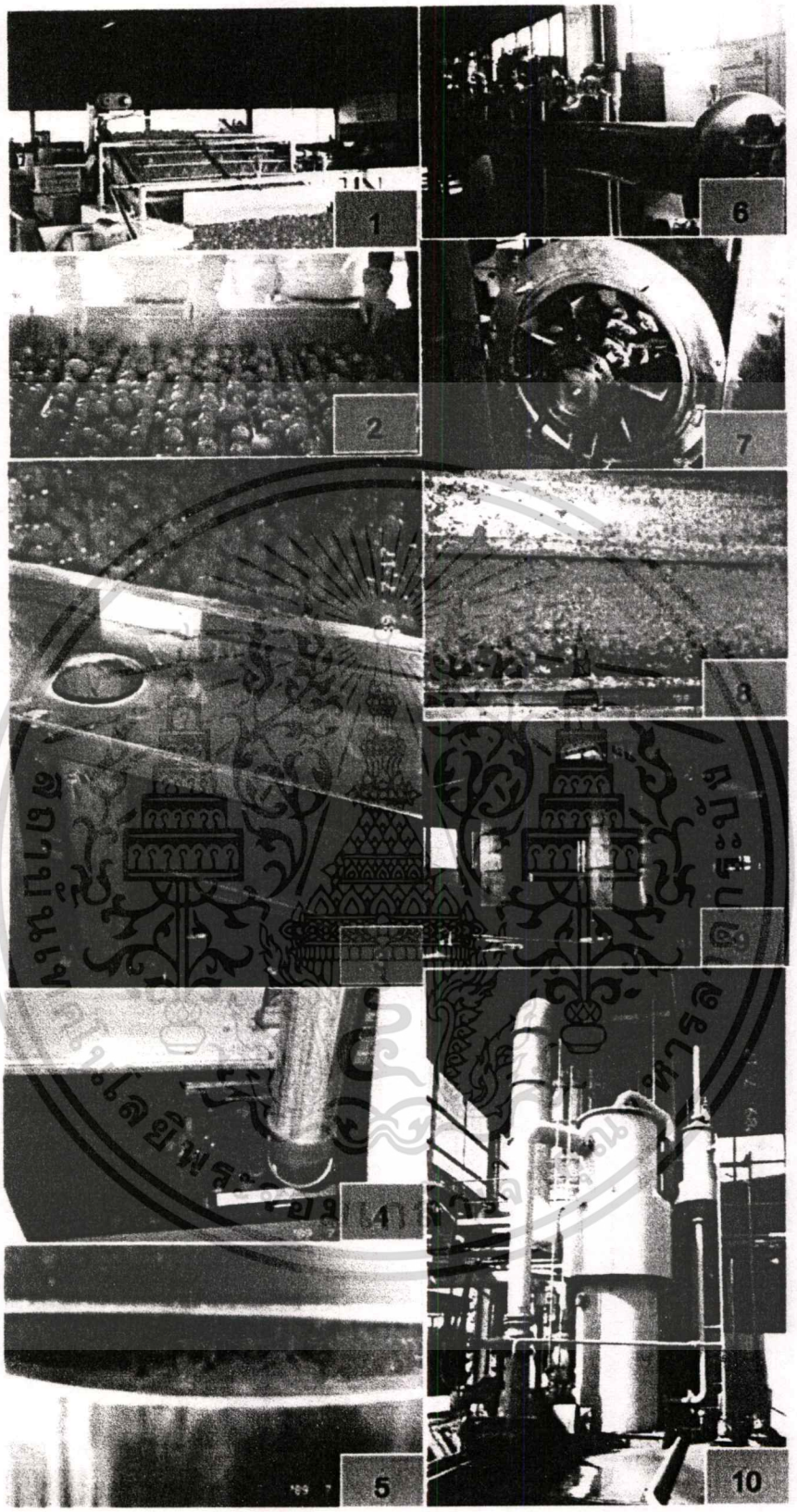
ภาพที่ 11 การปิดผนึกกระป๋องที่ผ่านการไล่อากาศแล้ว โดยใช้เครื่องผนึกฝากระป๋อง

ภาพที่ 12 การบรรจุกระป๋องที่ปิดผนึกแล้วเข้ารีทอร์ตเพื่อทำการฆ่าเชื้อ

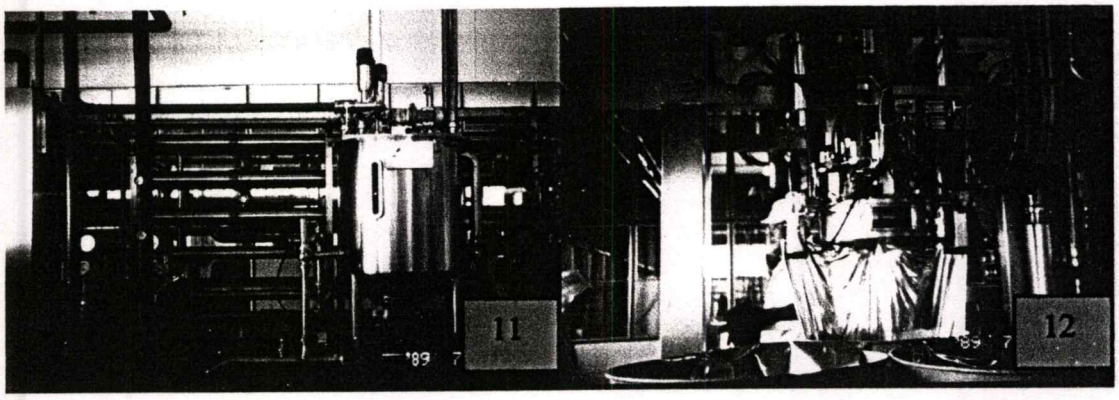
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก3 ผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศบรรจุกระป๋อง เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก4 กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น

กระบวนการผลิตมะเขือเทศเข้มข้น ประกอบไปด้วยขั้นตอนการผลิต แสดงดังภาพที่ ก4 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ภาพที่ 1 ขั้นตอนการล้างมะเขือเทศ

ภาพที่ 2 และ3 ขั้นตอนการตัดแต่งมะเขือเทศ

ภาพที่ 4 ส่วนกากมะเขือเทศจากการตัดแต่ง ผ่านท่อไปยังเครื่องอบ

ภาพที่ 5 มะเขือเทศสับ

ภาพที่ 6 มะเขือเทศสับผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ภาพที่ 7 มะเขือเทศสับผ่านเครื่องเหวี่ยงเพื่อแยกกากออกจากน้ำมะเขือเทศ

ภาพที่ 8 กากมะเขือเทศ

ภาพที่ 9 ถังพักน้ำมะเขือเทศ

ภาพที่ 10 น้ำมะเขือเทศผ่านเครื่องระเหยให้เข้มข้น ภายใต้สุญญากาศ

ภาพที่ 11 มะเขือเทศเข้มข้นผ่านการฆ่าเชื้อ

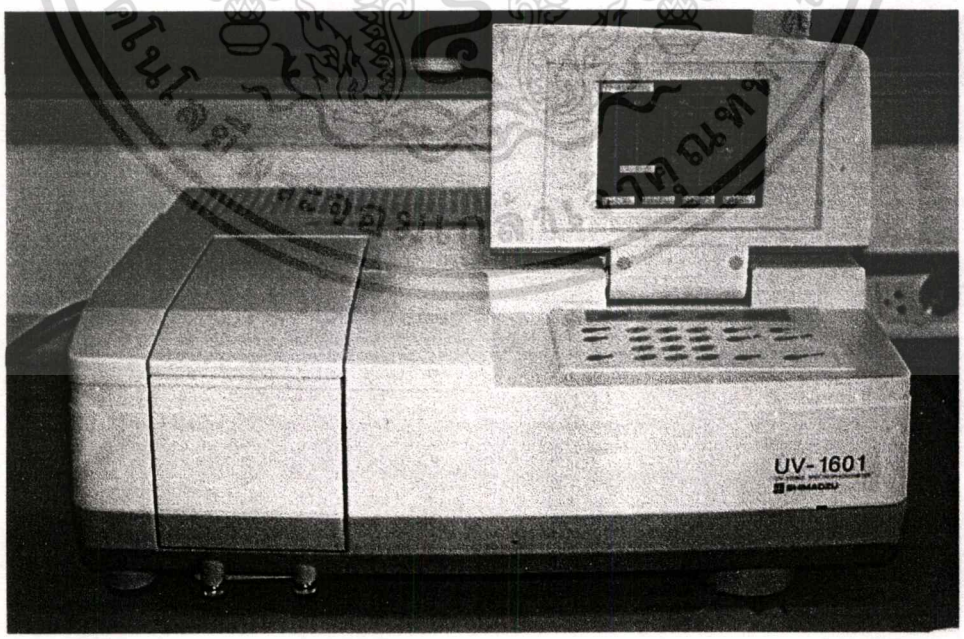
ภาพที่ 12 ขั้นตอนการบรรจุมะเขือเทศเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

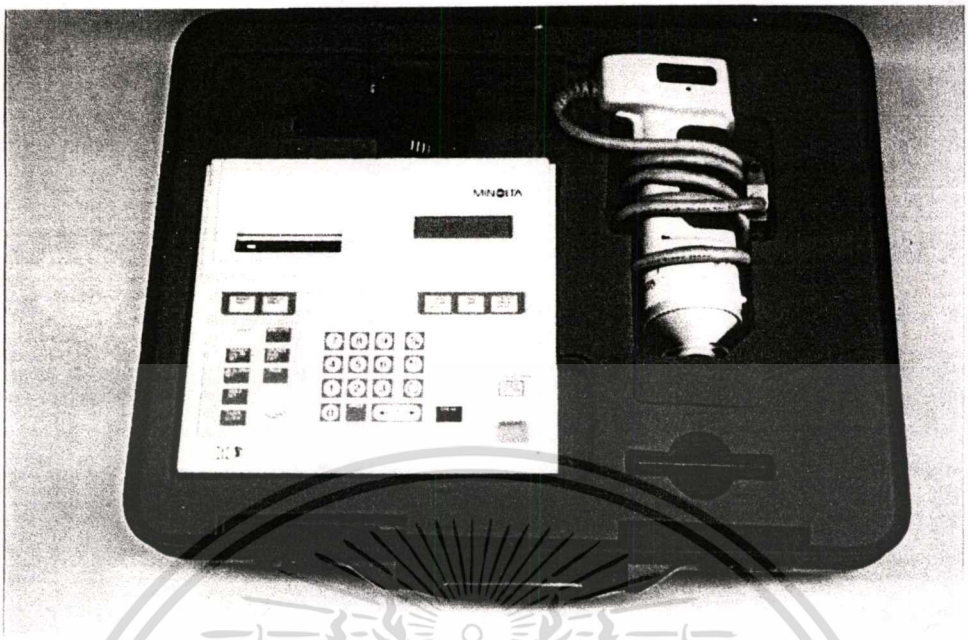
เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

ภาพที่ ข1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Hand refractrometer)



ภาพที่ ข2 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer, Shimadzu รุ่น UV-1601)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข3 เครื่องวัดสี (Chroma colorimeter, Minolta รุ่น CR-300)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ค1. วิธีวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ

1. 1 ความชื้น (AOAC, 1975)

1. ชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ในอลูมิเนียมแคนที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักแน่นอน ด้วยตาชั่งละเอียด

2. นำไปอบในตู้อบร้อนที่อุณหภูมิ110 ^{0} ซ จนได้น้ำหนักคงที่

3. ปิดฝาและทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (dessicator)

4. ชั่งน้ำหนัก

5. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามสูตรข้างล่าง

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

1.2 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ (AOAC, 1995)

วัดด้วย Hand refractometer

1.3 ปริมาณไลโคพีนโดยวิธี Spectrophotometry (เยาวภา สิริวัฒนานุกูล, 2545)

1.4.1 ชั่งตัวอย่าง 0.1 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มล. เทใส่กรวยแยก ซึ่งหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง

1.4.2 เติมปิโตรเลียมอีเทอร์ (จุดเดือดที่อุณหภูมิ 80^{0} – 100^{0}ซ) 25 มล. เขย่านาน 15 นาที

1.4.3 ปล่อยทิ้งไว้ให้แยกชั้น แล้วนำสารละลายในชั้นปิโตรเลียมอีเทอร์ไปวัดความเข้มข้นของสีแดง ที่ความยาวคลื่น 472 nm โดยมีปิโตรเลียมอีเทอร์เป็นแบลงค์

1.4 ค่าสี

วัดด้วยเครื่องวัดสี (Chroma colorimeter) บันทึกค่า L a และ b

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ง1. ปริมาณไลโคพีนโดยวิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี

1.1 การคำนวณปริมาณไลโคพีน

ตัวอย่างน้ำมะเขือเทศ วิธีให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำ ในการสกัดครั้งที่ 1 มีค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0.090 มีวิธีการคำนวณ ดังนี้

1.1 จากสูตร $A = E^{1\%}_{1\,cm} bc$

A คือ ค่าการดูดกลืนแสง

$E^{1\%}_{1\,cm}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง เท่ากับ 3450 หมายความว่า ถ้าวัดการดูดกลืนแสงได้เท่ากับ 3450 โดยใช้คิวเวตต์กว้าง 1 ซม. แสดงว่าสารละลายนั้นมีความเข้มข้นของไลโคพีน เท่ากับ 1 %

b คือ ความกว้างของคิวเวตต์เท่ากับ 1 ซม.

c คือ ความเข้มข้นของไลโคพีน (%)

1.2 แทนค่า A ในสูตรเพื่อหาค่า c

$0.090 = 3450 \times 1 \times c$

จะได้ $c = 2.6087 \times 10^{-5}$ %

1.3 คำนวณปริมาณไลโคพีนเป็น มก./100 กรัม นน.สด

สารสกัด 100 มล. มีไลโคพีน 2.6087×10^{-5} กรัม

สารสกัด 25 มล. มีไลโคพีน $(2.6087 \times 10^{-5}) \times 25) / 100$ เท่ากับ 6.52×10^{-6}

ในการสกัดใช้ตัวอย่าง 0.1 กรัม ดังนั้นมีไลโคพีน 6.52×10^{-6} กรัม / 0.1 กรัม นน.สด หรือ 6.52×10^{-3} กรัม / 100 กรัม นน.สด หรือ 6.52 กรัม / 100 กรัม นน.สด

1.4 คำนวณปริมาณไลโคพีนเป็น มก./100 กรัม นน.แห้ง

จากน้ำมะเขือเทศ มีปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid) 5.20 %

น้ำมะเขือเทศ 5.20 กรัม นน.แห้ง มีไลโคพีน 6.52 มก.

น้ำมะเขือเทศ 100 กรัม นน.แห้ง มีไลโคพีน $(6.52 \times 100) / 5.56 = 117.27$ มก. / 100 กรัม นน.แห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

จ1. การคำนวณเวลาในการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Stumbo, 1973)

1.1 ความหมายของสัญลักษณ์

1. ค่า D (Death rate constant หรือ Decimal reduction time) ความสามารถในการทนทานต่อความร้อนของจุลินทรีย์ถูกกำหนดให้แสดงในรูปของ D value ซึ่งหมายถึง ระยะเวลาที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์ลง 90 เปอร์เซ็นต์ ของที่มีอยู่ ที่อุณหภูมิหนึ่งๆ จุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีค่า D แตกต่างกัน

2. ค่า Z (Z value) หมายถึง จำนวนองศาฟาเรนไฮต์ หรือองศาเซลเซียสที่ต้องการเพื่อเปลี่ยน TDT curve ไป 1 log cycle หรือจำนวนอุณหภูมิที่เปลี่ยนค่า D ไป 10 เท่า

3. ค่า F_0 (Sterrilizing value) หมายถึง จำนวนเวลาเป็นนาทีที่อุณหภูมิ 250 องศาฟาเรนไฮต์ สำหรับใช้เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์จำนวนหนึ่ว เมื่อ Z = 18 ค่า Z เป็น 18 ปกติจะเป็นของ *Clostridium botulinum*

4. ค่า f_h หมายถึง เวลาที่ใช้ในการทำให้กราฟผ่าน 1 วงจร log cycle

5. ค่า Come – up time (CUT) หมายถึง ระยะเวลาตั้งแต่เปิดไอน้ำจนอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อถึงอุณหภูมิที่ต้องการ

6. ค่า Corrected zero หมายถึง เวลาเริ่มต้นของการฆ่าเชื้อที่แก้ไขแล้วซึ่งเท่ากับ ผลคูณของ Come-up time กับ 0.58

7. ค่า IT (Theorefical inicial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นที่จุด Cold point ของกระป๋องที่เป็นค่าจริง

8. ค่า Ji (Pseudo-inicial temperature) หมายถึง อุณหภูมิเริ่มต้นโดยสมมติของการฆ่าเชื้อ ซึ่งหาได้โดยลากเส้นตรงจากจุด Corrected zero บนแกน X ตั้งฉากขึ้นไปตัดกับกราฟ จากจุดตัดลากเส้นขนานกับแกน X ไปตัดแกน Y จะได้อุณหภูมิที่จุดตัด นำไปลบอุณหภูมิที่อ่านได้จากอุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อจะได้ค่า jI

9. ค่า log g และ f_h/u สามารถอ่านค่าได้จากกราฟความสัมพันธ์ของ log g กับ f_h/u ที่ค่า m+g ต่างๆ (ภาพที่ จ3)

10. ค่า m+g หมายถึง ผลต่างของอุณหภูมิที่ใช้ในการฆ่าเชื้อกับอุณหภูมิน้ำเย็นในการทำให้กระป๋องเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ค่า F_i หมายถึง จำนวนนาทีที่ต้องการใช้ทำลายจุลินทรีย์ที่อุณหภูมิหม้อฆ่าเชื้อเมื่อ F มีค่าเท่ากับ i ที่ 250 องศาฟาเรนไฮต์

$$F_i = \log^{-1} (250\text{-}RT) / Z$$

12. ค่า B หมายถึง เวลาในการฆ่าเชื้อ (นาที)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ2. ตัวอย่างการคำนวณหาค่า F_0 (Sterilizing value) ในการให้ความร้อนในกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง

2.1 น้ำมะเขือเทศกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 28 นาที (ภาพที่ จ1) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 28+(7 x 0.42) = 30.94

RT = 226.4 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 7.6

Corrected zero = 4.06

CUT = 7 นาที

IT = 192.4 องศาฟาเรนไฮต์

Ji = RT – IT = 226.4 – 192.4 = 34 องศาฟาเรนไฮต์

log g = log Ji – (B_B / f_h) = 1.5315 – (30.94 / 7.6)

= -2.5396

m+g = RT - T_{cw} = 226.4 – 95 = 132 องศาฟาเรนไฮต์

F_I = 20.51

fh/u = 0.30

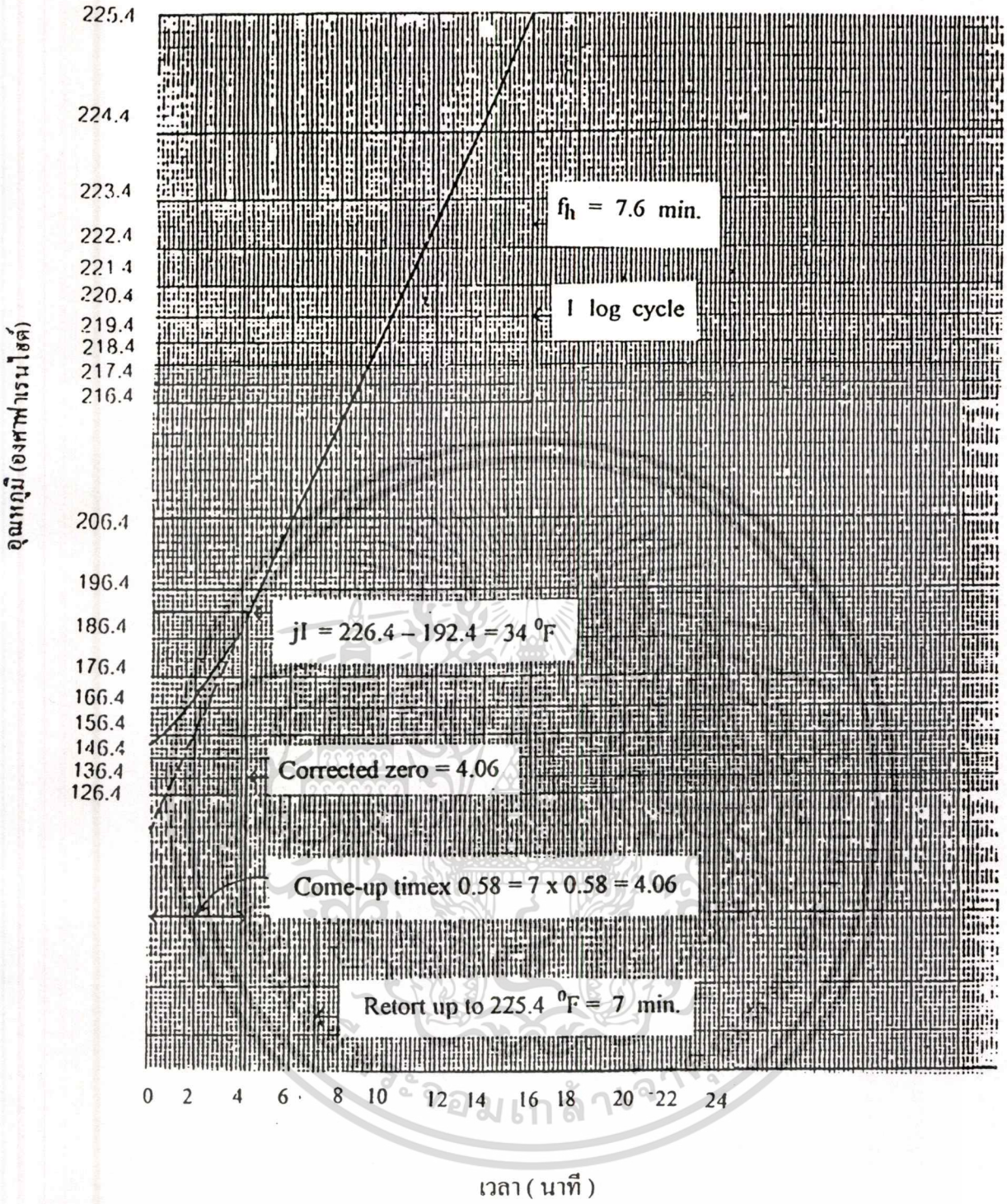
จากสูตร

F_0 = f_h (fh/u) FI

= 7.6 / (0.30 X 20.51)

= 1.24 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ1 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 28 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 น้ำนะเชือเทศกระป๋องที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที (ภาพที่ จ2) ค่าที่ได้จากการทดลอง มีดังนี้

B_B = 40 +(14 x 0.42) = 45.88

RT = 226.4 องศาฟาเรนไฮต์

f_h = 9.8

Corrected zero = 8.12

CUT = 14 นาที

IT = 191.4 องศาฟาเรนไฮต์

Ji = RT – IT = 226.4 – 198.4 = 28 องศาฟาเรนไฮต์

log g = log Ji – (B_B / f_h) = 1.4472 – (45.88 / 9.8)

= -3.2344

m+g = RT - T_{cw} = 226.4 – 95 = 132 องศาฟาเรนไฮต์

F_i = 20.51

fh/u = 0.235

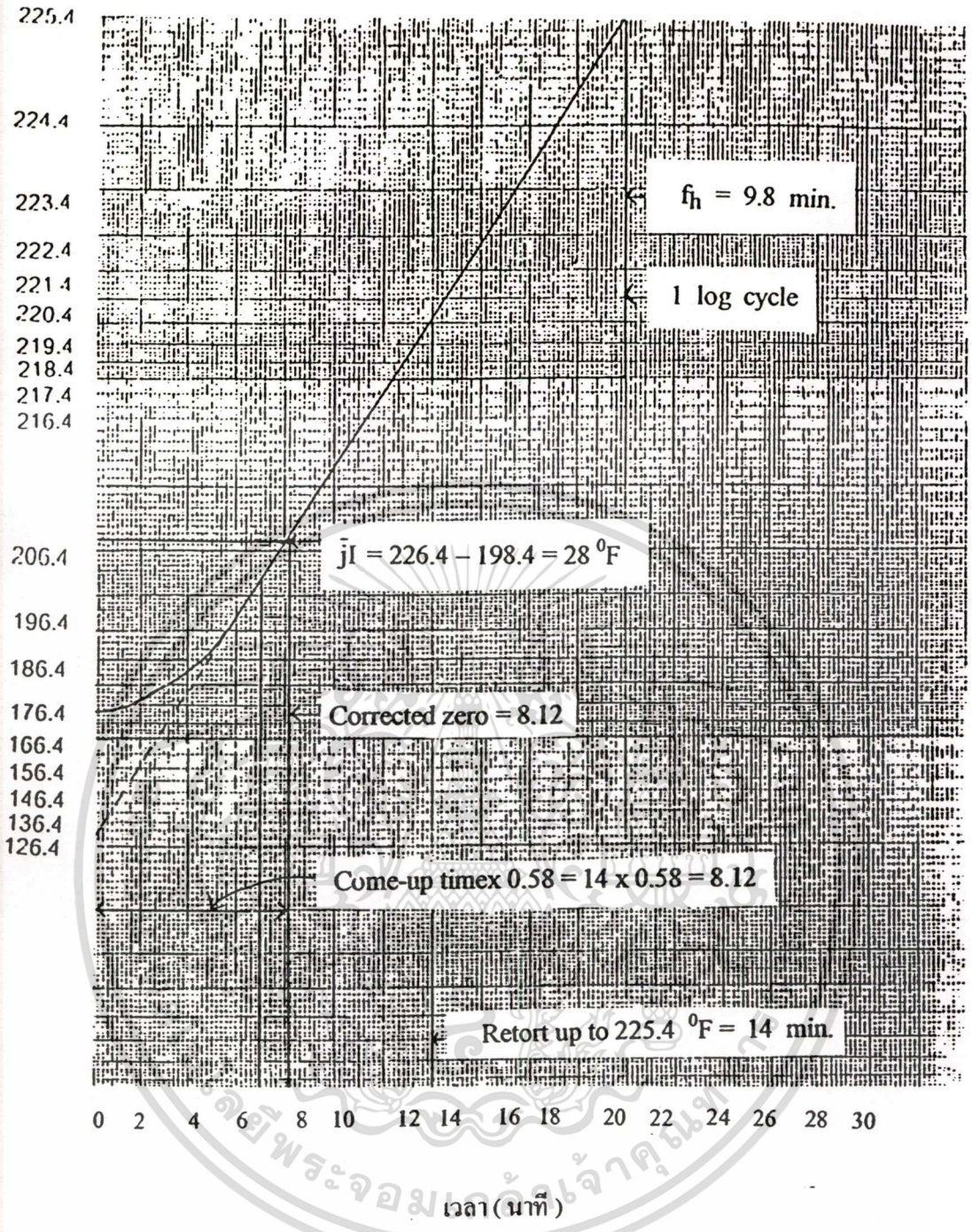
จากสูตร

F_o = f_h (fh/u) FI

= 9.8 / (0.235 X 20.51)

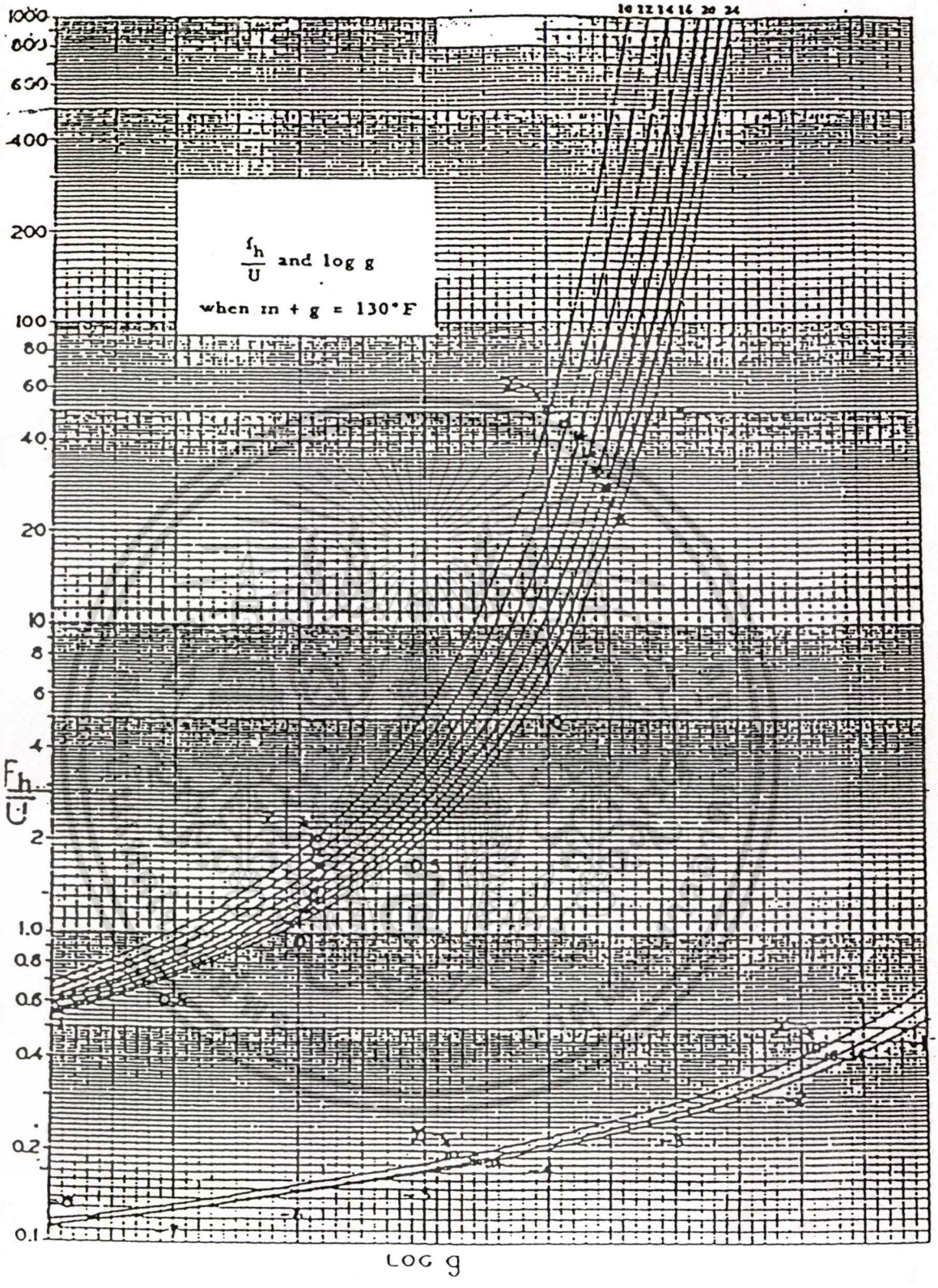
= 2.03 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ2 กราฟการให้ความร้อนกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศกระป๋อง ที่อุณหภูมิ 108 องศาเซลเซียส เวลา 40 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ จ3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง fh/u กับ log g ที่ m+g เท่ากับ 130 ^{0}F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

ตารางที่ ฉ1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.สด) ในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศ ร่วมกับการไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Treatment	2	24.668	12.334	56.051	.000
Error	15	3.301	.220		
Total	17	27.969			

ตารางที่ ฉ2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในขั้นตอนการลดขนาดมะเขือเทศ ร่วมกับการไม่ใช้ความร้อนและใช้ความร้อน

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Treatment	2	11160.760	5580.380	70.155	.000
Error	15	1193.162	79.544		
Total	17	12353.922			

ตารางที่ ฉ3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.สด) ในขั้นตอนฆ่าเชื้อ

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Treatment	3	16.861	5.620	344.675	.000
Error	12	.196	1.631E-02		
Total	15	17.057			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในขั้นตอนฆ่าเชื้อ

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Treatment	3	7865.0	2621.667	398.616	.000
Error	12	78.923	6.577		
Total	15	7943.923			

ตารางที่ ฉ5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติปริมาณไลโคพีน (โดย นน.แห้ง) ในระหว่างการเก็บรักษาน้ำมะเขือเทศกระป๋อง

Source of variation	df	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig
Treatment	12	349.486	29.124	1.943	.059
Error	39	584.620	14.990		
Total	51	934.105			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชื่นหทัย เสริมทรัพย์ทวี เกิดวันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร จากมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2545 ศึกษาต่อในระดับวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้