การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณบีตาแคโรทีน และแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาน้ำมะม่วงพันธุ์สามปี

นางสาว วิมลศรี สิริพัฒนากุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-17-0179-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I20396292

CHANGES ON COLOR, BETA-CAROTENE AND TOTAL CAROTENOIDS CONTENT DURING PROCESSING AND STORAGE OF MANGO JUICE VARIETY SAM-PEE

Miss Wimonsri Siripattanakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-17-0179-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณบีตาแคโรทีนและแคโรทีนอยด์ทั้งหมดในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาน้ำมะม่วงพันธุ์สามปี
โดย	นางสาววิมลศรี สิริพัฒนากุล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... รองคณบดีฝ่ายบริหาร

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ การเที่ยง) รักษาราชการแทนคณบดีคณะวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา เลาหสงคราม)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์)

วิมลศรี สิริพัฒนากุล : การเปลี่ยนแปลงสี ปริมาณบีตาแคโรทีนและแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ในระหว่างกระบวนการผลิตและการเก็บรักษาน้ำมะม่วงพันธุ์สามปี (CHANGES ON COLOR, BETA CAROTENE AND TOTAL CAROTENOIDS CONTENT DURING PROCESSING AND STORAGE OF MANGO JUICE VARIETY SAM-PEE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุเมธ ตันตระเธียร , อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน ; 108 หน้า ISBN 974-17-0179-9

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการคัดเลือกมะม่วงพันธุ์สามปีที่แก่จัด เพื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม โดยใช้ความถ่วงจำเพาะเป็นเกณฑ์ พบว่ามะม่วงที่มีความถ่วงจำเพาะ 1.000-1.015 มีค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) เฉลี่ย 3.50 ร้อยละความเป็นกรด(%TA) เฉลี่ย 2.80 ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) เฉลี่ย 7.50 ^{o}brix ร้อยละของแข็งที่ไม่ละลายในแอลกอฮอล์(%AIS) เฉลี่ย 10.20 เป็นมะม่วงที่แก่เต็มที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว และเมื่อนำมะม่วงแก่ในระยะนี้มาบ่ม โดยใส่แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC_2: มะม่วง) 3 g/kg เป็นเวลา 4 วัน จะได้มะม่วงสุกที่เหมาะสำหรับผลิตเป็นน้ำมะม่วงพร้อมดื่ม ซึ่งจะมีค่าสี (L,a,b) เฉลี่ย(33.51, -2.99, +8.61) ความหนืดเฉลี่ย 103.80 cPs. และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดเฉลี่ย 703.72 ug/100ml ในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด พบว่าขั้นตอนกระบวนการผลิตมีผลทำให้ค่าสีเหลือง (b value) ลดลง 27.14% ปริมาณบีตาแคโรทีนลดลง 22.66% และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง 49.72% เมื่อเติมวิตามินซี 0.02% พบว่ามีผลให้ค่าสีเหลืองลดลงเพียง 16.66% ปริมาณบีตาแคโรทีนลดลง 11.83% และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง 22.97% การเก็บรักษาน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดแก้วใสขนาด 250 ml เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ พบว่า การเก็บในสภาวะที่มีแสงตลอดเวลา จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีและองค์ประกอบทางเคมีมากกว่าการเก็บในที่มืด การเติมวิตามินซีจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น น้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซี 0.05% เก็บในที่มีแสง 24 สัปดาห์ พบว่าค่าสีเหลืองลดลง 40.47% ปริมาณบีตาแคโรทีนลดลง 65.71% และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง 75.01% สำหรับการเก็บน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า การเก็บที่ 4^{o}C(ตู้เย็น) การเปลี่ยนแปลงเกิดได้น้อยกว่าที่ 27^{o}C(อุณหภูมิห้อง) และที่45^{o}C และการเติมวิตามินซีจะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามวิตามินซีอาจจะเกิดการออกซิเดชัน เกิดเป็นสารประกอบสีน้ำตาล (ascorbic acid oxidation) ในระหว่างการเก็บรักษาได้ น้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซี 0.02% เก็บที่ 4^{o}C นาน 24 สัปดาห์ มีค่าสีเหลืองลดลง 30.43% ปริมาณบีตาแคโรทีนลดลง 50.72% และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดลดลง 54.98% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเกิดน้อยกว่าการเก็บที่สภาวะอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาควิชา....เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา...เทคโนโลยีทางอาหาร.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2544.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4172442823 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEY WORD : MATURITY/ RIPEN/ COLOR (L,a,b) / CAROTENOID/ BETA CAROTENE

WIMONSRI SIRIPATTANAKUL : CHANGES ON COLOR, BETA CAROTENE AND TOTAL CAROTENOIDS CONTENT DURING PROCESSING AND STORAGE OF MANGO JUICE VARIETY SAM-PEE. THESIS ADVISOR : ASST.PROF. SUMATE TUNTRATAIN, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST.PROF. THIRAWAN CHANRITTISEN. 108 pp. ISBN 974-17-0179-9

The maturity level, the optimum of calcium carbide content and aging time of mango variety Sam-pee for mango juice production were investigated. The mangoes which had characteristics of TSS 7.0-8.0° brix, pH 3.0-4.0, %TA 2.6-2.8 was reported that it was appropriate for harvesting. The results showed that, mango variety Sam-pee with specific gravity of 1.000-1.015, met these characteristics. The calcium carbide and mangoes at the ratio of 3 g per 1 kg for aging of 4 days was appropriate ripen for juice making. The mango juice had the color of 35.11,-2.90,+8.61 in L,a,b respectively, with the average viscosity of 103.80 cPs and total carotenoids content 703.72 ug/100 ml. During processing, the yellowness (b value), beta carotene and total carotenoids content was decreased up to 27.17%, 22.66% and 49.72% respectively, comparing to the unprocessed juice. The adding of ascorbic acid reduced the changes in color, total carotenoids and beta carotene. The ascorbic acid at 0.02% retained of yellowness beta carotene and total carotenoids content during processing to 16.66%, 22.97% and 11.83% respectively. Ascorbic acid affected the decreasing of carotenoids oxidation from heat and oxygen content during processing. Effects of storage condition on color and chemical composition of mango juice which filled in the 250 ml bottles were investigated for the period of 24 weeks. During the storage under 500-600 lux from fluorescent lamp, the reduction of carotenoids and beta carotene and changes in color of the mango juice found to be higher than the juice stored under dark condition. Mango juice which was added 0.05% level of ascorbic acid and storage under fluorescent lamp for 24 weeks had the yellowness decreased 40.47%, beta carotene deceased 75.01% and total carotenoids decreased 65.71% from the pasteurized juice. Effects of storage temperature of 4, 27 and 45°C on color and chemical composition of mango juice which filled in the 250 ml bottle and stored for 24 weeks were investigated. It was found that the lowest of changes occurred when stored at 4°C. Mango juice added with 0.02% ascorbic acid and stored at 4°C for 24 weeks, found that yellowness, beta carotene and total carotenoids content decreased 30.43%, 54.98% and 52.72% respectively. This condition was significantly ($p \leq 0.05$) better color, and lower amount of beta carotene and total carotenoids loss than the others.

Department .....Food Technology.....Student's signature.....

Field of study.....Food Technology.....Advisor's signature.....

Academic year.....2001.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีรวัลย์ ชาญฤทธิเสน จากสถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำปรึกษาด้านการทำวิจัยด้านวิชาการ ตลอดจนความช่วยเหลือในทุกๆด้านตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย รวมทั้งการตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์มากขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร. รมณี สงวนดีกุล ในฐานะประธานกรรมสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา เลาหสงคราม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทธิศักดิ์ สุขในศิลป์ ที่ได้กรุณาสละเวลาเป็นกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์

ขอแสดงความขอบพระคุณต่อ งานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์มะม่วงสามปี และอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ รวมทั้งให้การสนับสนุนด้านสารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์บางส่วนที่ใช้ในการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับพี่ๆ และเจ้าหน้าที่ทุกๆท่านในงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง และในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับคำแนะนำ กำลังใจตลอดจนความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณต่อเพื่อนๆ พี่ และน้องๆ ที่น่ารักทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือ ข้อปรึกษา กำลังใจ และความมีน้ำใจต่อข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา และทำงานวิจัย และเนื่องจากทุนงานวิจัยครั้งนี้ในบางส่วน ได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มา ณ ที่นี้ด้วย

และสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ บิดา มารดาและพี่ๆ ที่มีพระคุณของข้าพเจ้า ที่ให้กำลังใจและทุนสนับสนุนด้านการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญตารางภาคผนวก.....ญ
สารบัญรูป.....ฑ
สารบัญรูปภาคผนวก.....ด
บทที่
1 บทนำ.....1
2 วารสารปริทัศน์.....2
3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....21
4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง.....30
5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....78
รายการอ้างอิง.....80
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก.....85
ภาคผนวก ข.....91
ภาคผนวก ค.....104
ภาคผนวก ง.....107
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 : pro-vitamin A activity ของแคโรทีนอยด์บางชนิด.....10
ตารางที่ 4.1.1.1 : องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงสามปีที่ระดับความถ่วงจำเพาะต่างๆ.....30
ตารางที่ 4.1.1.2 : ค่าสี(L,a,b) เปลือกและเนื้อมะม่วง และค่าความแน่นเนื้อของมะม่วง
สามปีที่ระดับความถ่วงจำเพาะต่างๆ.....31
ตารางที่ 4.1.2.1 : การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในระหว่างการบ่มมะม่วงสามปี
ด้วย CaC_2 :มะม่วง (g/kg) ที่อัตราส่วนต่างๆ และระยะเวลาต่างๆ.....33
ตารางที่ 4.1.2.2 : ค่าสี(L,a,b) ความหนืด(viscosity) และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด
ของน้ำมะม่วงสามปีที่ผลิตจากมะม่วงบ่มด้วย CaC_2: มะม่วง 3 g/kg
ที่ระยะเวลาต่างๆ.....36
ตารางที่ 4.2.1.1 : การเปลี่ยนแปลงสี องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะม่วงสามปี
ระหว่างการผลิต.....37
ตารางที่ 4.2.2.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ
ในระหว่างกระบวนการผลิต 42
ตารางที่ 4.2.2.2 : เปอร์เซนต์(%) การลดลงของปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ
ในระหว่างกระบวนการผลิต 45
ตารางที่ 4.2.2.3 : การเปลี่ยนแปลงค่า pH ปริมาณวิตามินซีและnon enzymatic browning
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ
ในระหว่างกระบวนการผลิต 46
ตารางที่ 4.2.2.4 : การเปลี่ยนแปลงสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซี
ปริมาณต่างๆ ในระหว่างกระบวนการผลิต 48
ตารางที่ 4.3.1.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะ
มีและไม่มีแสง ระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....50
ตารางที่ 4.3.1.2 : การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดระหว่างการเก็บที่ภาวะมีและไม่มีแสง ระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์....52

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.3.1.3 : การเปลี่ยนแปลงสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสง ระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....54
ตารางที่ 4.3.2.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....57
ตารางที่ 4.3.2.2 : การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม บรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษา ในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....60
ตารางที่ 4.3.2.3 : การเปลี่ยนแปลงสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....62
ตารางที่ 4.3.3.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....64
ตารางที่ 4.3.3.2 : การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม บรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....67
ตารางที่ 4.3.3.3 : การเปลี่ยนแปลงสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....69
ตารางที่ 4.3.4.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่4°C 24 สัปดาห์.....72
ตารางที่ 4.3.4.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบทางเคมี ของน้ำมะม่วงสามปี พร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ อุณหภูมิ 4°C 24 สัปดาห์.....75
ตารางที่ 4.3.4.3 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่อุณหภูมิ 4°C 24 สัปดาห์.....76

สารบัญตารางภาคผนวก

หน้า

ตารางที่ ข.1 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสีเปลือก(L_s,a_s,b_s) และสีเนื้อ(L_p,a_p,b_p) ของมะม่วงสามปีที่ระดับความถ่วงจำเพาะต่างๆ.....91

ตารางที่ ข.2 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, %TA, pH, %AIS และความแน่นเนื้อของมะม่วงสามปีที่ระดับความถ่วงจำเพาะต่างๆ.....91

ตารางที่ ข.3 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสีเปลือก(L_s,a_s,b_s) และสีเนื้อ(L_p,a_p,b_p) ของมะม่วงสามปีที่บ่มด้วย CaC_2: มะม่วง อัตราส่วนต่างๆ ระยะเวลา 5 วัน.....92

ตารางที่ ข.4 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, %TA, %AIS และปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของมะม่วงสามปีที่บ่มด้วย CaC_2: มะม่วง อัตราส่วนต่างๆ ระยะเวลา 5 วัน.....92

ตารางที่ ข.5 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีที่ผลิต จากมะม่วงที่บ่มด้วย CaC_2 เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน.....93

ตารางที่ ข.6 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า viscosity และแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของน้ำมะม่วงสามปีที่ผลิตจากมะม่วงที่บ่มด้วย CaC_2 เป็นระยะเวลา 3, 4 และ 5 วัน.....93

ตารางที่ ข.7 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่างๆ 93

ตารางที่ ข.8 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่างๆ 94

ตารางที่ ข.9: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมด และบีตาแคโรทีนของน้ำมะม่วงสามปีที่ผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่างๆ 94

ตารางที่ ข.10: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และไม่ผ่านการให้ความร้อน.....94

ตารางที่ ข.11: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และไม่ผ่านการให้ความร้อน.....95

สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข.12: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงของน้ำมะม่วงสามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และไม่ผ่านการให้ความร้อน..... 95

ตารางที่ ข.13: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วง สามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และผ่านการให้ความร้อน 80-85°C 5 นาที 95

ตารางที่ ข.14: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และผ่านการให้ความร้อน 80-85°C 5 นาที..... ...96

ตารางที่ ข.15: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และผ่านการให้ความร้อน 80-85°C 5 นาที.....96

ตารางที่ ข.16: การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปี บรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ผ่านการต้มในน้ำเดือด 15 นาที 96

ตารางที่ ข.17 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีบรรจุขวดที่เติมวิตามินซี ปริมาณต่างๆ ผ่านการต้มในน้ำเดือด 15 นาที 97

ตารางที่ ข.18 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ผ่านการต้มในน้ำเดือด 15 นาที.....97

ตารางที่ ข.19 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วง สามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่มีและไม่มีแสง.....97

ตารางที่ ข.20 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่มีและไม่มีแสง 98

ตารางที่ ข.21 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่มีและไม่มีแสง...98

สารบัญตารางภาคผนวก(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ข.22 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วง
สามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมและไม่เติมวิตามินซี ระหว่างการเก็บรักษา
ในที่มีแสง..... .99
ตารางที่ ข.23 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C
และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ที่เติมและไม่เติมวิตามินซี ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง..... 99
ตารางที่ ข.24 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมและไม่เติมวิตามินซี
ระหว่างการเก็บรักษา ในที่มีแสง..... 100
ตารางที่ ข.25 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วงสามปี
พร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C, 27°C และ 45°C... ..100
ตารางที่ ข.26 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C
และ non-enzymatic browningของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C, 27°C และ 45°C.....101
ตารางที่ ข.27 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่
อุณหภูมิ 4°C, 27°C และ 45°C 101
ตารางที่ ข.28 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าสี(L,a,b) ของน้ำมะม่วง
สามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C.....102
ตารางที่ ข.29 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่า TSS, pH, vitamin C
และ non-enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C..... 102
ตารางที่ ข.30 : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน
ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C.....103
ตารางที่ ค.1 : ข้อมูลกราฟมาตรฐานของสารละลายแคโรทีนอยด์ทั้งหมด.....104
ตารางที่ ค.2 : ข้อมูลกราฟมาตรฐานของสารละลายบีตาแคโรทีน.....105

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 : อัตราการหายใจของผลไม้ในช่วงการเจริญเติบโตระยะต่างๆ.....3

รูปที่ 2.2 : แผนภูมิแสดงขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการหายใจ.....6

รูปที่ 2.3 : ลักษณะหน่วย isoprene 1หน่วย.....7

รูปที่ 2.4 : การเชื่อมต่อกันของหน่วยไอโซพรีน และตำแหน่งของหมู่ methyl 7

รูปที่ 2.5 : โครงสร้างของ lycopene. 8

รูปที่ 2.6 : โครงสร้างของ α-carotene.....8

รูปที่ 2.7 : โครงสร้างของบีตาแคโรทีน (β-carotene) 8

รูปที่ 2.8 : โครงสร้างของ myxoxanthophyll 8

รูปที่ 2.9 : โครงสร้างของ zeaxanthin 9

รูปที่ 2.10 : โครงสร้างของวิตามินเอ (retinol) 9

รูปที่ 2.11 : กระบวนการทางชีวเคมีในการเปลี่ยน beta-carotene เป็น vitamin A 10

รูปที่ 2.12 : โครงสร้างของ 9-cis-β-carotene และ 13-cis-β-carotene 11

รูปที่ 2.13 : ปฏิกิริยาการสลายตัว (degradation) ของ beta-carotene 12

รูปที่ 2.14 : ปฏิกิริยาการเกิด epoxide isomerism 14

รูปที่ 2.15 : การเปลี่ยนแปลงของแคโรทีนอยด์เนื่องจากเอนไซม์ 16

รูปที่ 2.16 : ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเนื่องจากเอนไซม์ (Enzymatic browning) 17

รูปที่ 2.17 : ปฏิกิริยาหลักของ Maillard reaction 18

รูปที่ 2.18 : ปฏิกิริยา Ascorbic acid oxidation 19

รูปที่ 4.1.2.1: ลักษณะมะม่วงสามปีที่บ่มด้วย CaC_2: มะม่วง 3 g/kg ระยะเวลา 0, 2, 4 และ 5 วัน.....34

รูปที่ 4.2.1.1: การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีน ในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด 38

รูปที่ 4.2.1.2: การเปลี่ยนแปลงสี (L,a,b) ระหว่างขั้นตอนการผลิตน้ำมะม่วงสามปี พร้อมดื่มบรรจุขวด.....39

รูปที่ 4.2.2.1: การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีนของน้ำมะม่วง สามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และผ่านการให้ความร้อน 80-85°C นาน 5 นาที 44

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.2.2.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดและบีตาแคโรทีนของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ และผ่านการต้มในน้ำเดือดนาน 15 นาที 44
รูปที่ 4.3.1.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสง ระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....49
รูปที่ 4.3.1.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสงระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์ 51
รูปที่ 4.3.1.3 : การเปลี่ยนแปลงวิตามินซีของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสงระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....53
รูปที่ 4.3.1.4 : การเปลี่ยนแปลง non enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสง ระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....53
รูปที่ 4.3.1.5 : ค่าสีแดง(a) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสงระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....55
รูปที่ 4.3.1.6 : ค่าสีเหลือง(b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่ภาวะมีและไม่มีแสงระยะเวลาเก็บ 24 สัปดาห์.....56
รูปที่ 4.3.2.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....58
รูปที่ 4.3.2.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....58
รูปที่ 4.3.2.3 : การเปลี่ยนแปลงวิตามินซีของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....59
รูปที่ 4.3.2.4 : การเปลี่ยนแปลง non enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....60

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3.2.5 : การเปลี่ยนแปลงสีเหลือง(b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวดที่เติม
วิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บรักษาในที่มีแสง 24 สัปดาห์.....63
รูปที่ 4.3.3.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมด ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....65
รูปที่ 4.3.3.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีน ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....65
รูปที่ 4.3.3.3 : การเปลี่ยนแปลงวิตามินซี ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....68
รูปที่ 4.3.3.4 : การเปลี่ยนแปลง non enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวด ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....68
รูปที่ 4.3.3.5 : การเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง(L) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....70
รูปที่ 4.3.3.6 : การเปลี่ยนแปลงค่าสีแดง(a) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....70
รูปที่ 4.3.3.7 : การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง(b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ 24 สัปดาห์.....70
รูปที่ 4.3.4.1 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณแคโรทีนอยด์ทั้งหมดของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ 4°C 24 สัปดาห์.....73
รูปที่ 4.3.4.2 : การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ 4°C 24 สัปดาห์.....73
รูปที่ 4.3.4.3 : การเปลี่ยนแปลงวิตามินซี ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ 4°C 24 สัปดาห์.....74
รูปที่ 4.3.4.4 : การเปลี่ยนแปลง non enzymatic browning ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่ม
บรรจุขวดที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ 4°C 24 สัปดาห์.....74
รูปที่ 4.3.4.5 : การเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง(b) ของน้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มบรรจุขวด
ที่เติมวิตามินซีปริมาณต่างๆ ระหว่างการเก็บที่ 4°C 24 สัปดาห์.....77

สารบัญรูปภาคผนวก

หน้า

รูปที่ ค.1 : กราฟมาตรฐานของสารละลายแคโรทีนอยด์ทั้งหมด.....104
รูปที่ ค.2 : กราฟมาตรฐานของสารละลายบีตาแคโรทีน (Standard curve) 105
รูปที่ ค.3 : Chromatogram ของสารละลายบีตาแคโรทีนมาตรฐาน
ความเข้มข้น 5.0 ug/ml.....106
รูปที่ ค.4 : Chromatogram ของสารละลายบีตาแคโรทีน ที่สกัดได้จากตัวอย่าง
น้ำมะม่วงสามปีพร้อมดื่มที่เติมวิตามินซี 0.02% เก็บอุณหภูมิ 4°C
นาน 24 สัปดาห์ สารละลายบีตาแคโรทีนมีความเข้มข้น 1.374 ug/ml.....106
รูปที่ ง.1 : ต้นมะม่วงพันธุ์สามปี ปลูกที่สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตร
จังหวัดลำปาง 107
รูปที่ ง.2 : ลักษณะการบ่มมะม่วงสามปีที่ใช้ในการทดลอง 107