



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

พืชสวน

พืชสวน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน

Postharvest Biology of Young Coconut Fruit

นามผู้วิจัย นายเกรียงไกร มีถาวร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์จรัสแท้ ศิริพานิช, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ภาสันต์ ศารทูลทัต, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์กฤษณา กฤษณพุกต์, D.Agr.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา อธิกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบศิริ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน

Postharvest Biology of Young Coconut Fruit

โดย

นายเกรียงไกร มีถาวร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เกรียงไกร มีถาวร 2554: ชีววิทยาหลังการเก็บผลเกี่ยวมะพร้าวอ่อน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชสวน ภาควิชาพืชสวน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์จรัสแท้ ศิริพานิช, Ph.D. 121 หน้า

การศึกษ้อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนในผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่ง (6.5 เดือนหลังดอกบาน) และสองชั้น (7 เดือนหลังดอกบาน) ที่อุณหภูมิ 25°C พบว่ามะพร้าวทั้ง 2 อายุมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกัน โดยผลที่ไม่ปอกเปลือกมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนประมาณ $25 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ และ $200 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อปอกเปลือกแบบคว้นและแบบเจียแล้วมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นประมาณ 2 และ 2.5 เท่า และมีอัตราการผลิตเอทิลีนเพิ่มขึ้นประมาณ 7 เท่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี พบว่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าคงที่ประมาณ 7.6 °Brix และไม่แตกต่างกันในทุกสภาพการเก็บรักษา ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้มีค่าคงที่ประมาณ 0.07% และไม่แตกต่างกันในทุกสภาพการเก็บรักษายกเว้นการห่อหุ้มแบบสุญญากาศ ความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำมะพร้าวมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C ค่อนข้างคงที่ประมาณ 0.15 $\mu\text{L/L}$ เมื่อปอกเปลือกมีความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายได้เพิ่มขึ้นเป็น 0.2-0.3 $\mu\text{L/L}$ และเมื่อห่อหุ้มผลที่ปอกเปลือกด้วยฟิล์มพลาสติกไม่ว่าชนิดใดก็ตามความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายได้ต่ำกว่า 0.1 $\mu\text{L/L}$ แต่ที่อุณหภูมิ 25°C นั้นตรวจไม่พบออกซิเจนในน้ำมะพร้าว ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวทุกรูปแบบที่อุณหภูมิ 25°C อยู่ระหว่าง 200-300 ppm และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่ 4°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ค่อนข้างคงที่ในช่วงแรกและเพิ่มขึ้นหลังเก็บรักษาได้ 21 วัน ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาแต่ไม่แตกต่างกันในมะพร้าวทุกรูปแบบ ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C MDA ในผลมะพร้าวทุกรูปแบบไม่แตกต่างกันและมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นระหว่างการเก็บรักษาว่า 50% เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 25°C กรดไขมันในเนื้อมะพร้าวร้อยละ 90 เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่เหลือเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย กรดไขมันในน้ำมะพร้าวเมื่อเริ่มต้นพบเฉพาะกรดไขมันอิ่มตัว และในระหว่างการเก็บรักษาพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณเล็กน้อย

Kriengkrai Meethaworn 2011: Postharvest Biology of Young Coconut Fruit.
Master of Science (Agriculture), Major Field: Horticulture, Department of
Horticulture. Thesis Advisor: Professor Jingtair Siriphanich, Ph.D. 121 pages.

One and half (6.5 month from anthesis) or two (7 month from anthesis) layer kernel of young coconut had similar respiration rate. The intact fruit had respire at a rate of $45 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ at the beginning after that decreased and stable at $25 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$. The trimmed and ground fruit respire 2 and 2.5 times respectively of the intact fruit. Ethylene production of both layer kernel of young coconut the intact fruit was stable at $200 \text{ nLC}_2\text{H}_2\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$. The trimmed and ground fruit of one and half or two stage had similar rate averaged about 7 and 5 times respectively of the intact fruit. Chemical compositions change showed that. The SS stable at 7.6 °Brix and not difference in all condition. %TA stable about 0.07% and not difference except trimmed fruit and packing with vacuum. Dissolved oxygen the intact fruit had stable about 0.15 $\mu\text{L/L}$ dissolved O_2 . Trimmed fruit had about 0.2-0.3 $\mu\text{L/L}$ while trimmed fruit and wrapped with any film had less than 0.1 ppm. At 25°C O_2 could not be detected oxygen. At 25°C coconut in all form contain about 200-300 ppm alcohol slightly increased during storage. At 4°C alcohol concentrations were rather stable until after 21 days of storage the concentration increased. Malondialdehyde (MDA) content at 25°C slightly increased during storage in coconut of all forms. At 4°C MDA increased about by 50% higher than that at 25°C. Only saturated fatty acid was found in coconut water at the beginning. During storage small amount of unsaturated fatty acid was detected in the most fruit.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. จิริงแท้ ศิริพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ อาจารย์ ดร. ภาสันต์ ศาลทูลทัต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ รวี เสธฐภักดี ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงษ์นาถ นาทวรรณันต์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา แนะนำตลอดมา รวมถึงตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้คำแนะนำ และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ วรภัทร ลัคนทินวงศ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คุณสมนึก พรหมแดง คุณสายน้ำอ้อย สว่างเมฆ หน่วยวิทยเกษม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้คำแนะนำในงานวิจัยและใช้ห้องปฏิบัติการรวมทั้งอบรมสั่งสอนให้มีศีลธรรมจรรยา และให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม ที่ได้อนุเคราะห์สถานที่รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน ขอขอบคุณคุณ บริษัท K-Fresh Co., LTD. ที่อนุเคราะห์ผลมะพร้าวในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และขอขอบคุณศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และน้องชายทั้งสองของข้าพเจ้าที่คอยช่วยเหลือสนับสนุนและให้โอกาสแก่ข้าพเจ้าจนมีโอกาสดำเนินการในระดับปริญญาโท สุดท้ายนี้ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอมอบแต่ครอบครัวและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และจริยธรรมแก่ข้าพเจ้า หากมีข้อผิดพลาดประการใดในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ข้าพเจ้าขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

เกรียงไกร มีถาวร

มีนาคม 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	17
ผลและวิจารณ์	27
ผล	27
วิจารณ์	80
สรุป	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	93
ภาคผนวก	101
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	121

สารบัญตาราง

ตารางผนวกที่	หน้า
1 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในเปลือกมะพร้าว	108
2 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกมะพร้าว	109
3 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว	110
4 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำมะพร้าว	111
5 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ทั้งหมดที่ละลายในน้ำมะพร้าว	112
6 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อปริมาณ malondialdehyde ในน้ำมะพร้าว	113
7 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว	114
8 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าว	115
9 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อปริมาณ malondialdehyde ในน้ำมะพร้าว	116
10 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าว	117
11 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อค่าการรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าว	118
12 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อสัดส่วนกรดไขมันอิ่มตัวในเนื้อมะพร้าว	119
13 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อมะพร้าว	120

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	มะพร้าวควั่นปอกเปลือกเขียวทั้งหมด (ซ้าย) มะพร้าวควั่นปอกเปลือกเขียว บางส่วนตกแต่งให้มีรูปทรงกระบอกสอบด้านบนเป็นรูปฝ่ามือ (ขวา)	12
2	มะพร้าวเจียวทรงหัวแหลม (ซ้าย) มะพร้าวเจียวฐานทรงกระบอก (ขวา)	12
3	อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่ปอกเปลือกแบบต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25°C	27
4	อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่ปอกเปลือกแบบต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25°C	28
5	การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่ปอกเปลือกแบบต่างๆ ที่อุณหภูมิ 25°C	29
6	การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่ปอกเปลือกแบบต่างๆที่ อุณหภูมิ 25°C	30
7	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ของมะพร้าวผลอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	32
8	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ของมะพร้าวผลอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	32
9	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ของ ผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่อุณหภูมิ 25°C	34
10	ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ของผล มะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่อุณหภูมิ 4°C	34
11	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่อุณหภูมิ 25°C	35
12	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	36
13	ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครั้งที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
14 ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าว อ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	37
15 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	39
16 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	39
17 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	40
18 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	41
19 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	42
20 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	42
21 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	44
22 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	44
23 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	46
24 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	46
25 คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชิ้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	48
27	คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	50
28	คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	50
29	คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	52
30	คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	52
31	ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	53
32	ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบ ต่างๆอายุเนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	55
33	ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าว อ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	55
34	ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	57
35	ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อน รูปแบบต่างๆอายุเนือชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	57
36	สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนือ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	58
37	สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนือ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	61
38	สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนือ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
39 สัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	65
40 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	67
41 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	67
42 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	69
43 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	69
44 คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	71
45 คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	71
46 คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	73
47 คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	73
48 คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	75
49 คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆอายุ เนื้อชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	75
50 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	77
51 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชั้นครึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C	77

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
52 การร่วไหลของไอออนในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	79
53 การร่วไหลของไอออนในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อ ชั้นครึ่งเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C	79
ภาพผนวกที่	
1 สมการและกราฟมาตรฐานของการคำนวณคำนวณความเข้มข้นของ เอทานอลในน้ำมะพร้าว	107

ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวผลมะพร้าวอ่อน

Postharvest Biology of Young Coconut Fruit

คำนำ

ปัจจุบันมะพร้าวอ่อนนอกจากจะจำหน่ายในประเทศแล้ว ตลาดต่างประเทศมีแนวโน้มดีขึ้นเรื่อยๆ จากสถิติที่ผ่านมาในปี 2550/2551 ประเทศไทยส่งออกมะพร้าวน้ำหอมในรูปผลอ่อนไปต่างประเทศมูลค่ากว่า 400 ล้านบาท (กรมศุลกากร, 2552) เนื่องจากข้อได้เปรียบเรื่องการตัดแต่งผลสด และการพัฒนารูปทรงการปอกเปลือกมีการปอกเปลือกแบบควั่นและแบบกลิ้ง (สุพจน์, 2543) แต่คุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะพร้าวน้ำหอมเป็นสิ่งสำคัญในการส่งออกและวางจำหน่าย Consignado *et al.* (1976) ได้ทดลองเก็บรักษามะพร้าวอายุ 6 เดือน และ 7 เดือน ทั้งปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือก โดยเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 และ 17°C พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C ช่วยลดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าวได้แต่จะทำให้เกิดอาการ สะท้านหนาว (chilling injury) ที่ผิวของมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือก มะพร้าวที่ปอกเปลือกมีการสูญเสียน้ำและเสื่อมสภาพเร็วกว่ามะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือกที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17°C ได้รับการยอมรับมากที่สุด นวลจันทร์ (2537) ได้ทดลองเก็บรักษาผลมะพร้าวน้ำหอมปอกเปลือกที่อุณหภูมิห้องและที่ 4°C พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 4°C โดยเก็บรักษาได้นาน 3 สัปดาห์แต่ถ้าย้ายมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจะเก็บไว้ได้เพียง 3 วัน

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการศึกษาด้านการยืดอายุการเก็บรักษาผลมะพร้าวอ่อนพอสมควรแต่ยังขาดความรู้เกี่ยวกับชีววิทยาหลังจากเก็บเกี่ยวของมะพร้าวอ่อนทั้งในรูปแบบผลปกติและผลที่ปอกเปลือก เมื่อทราบข้อมูลต่างๆ เหล่านี้จะช่วยให้สามารถหาวิธีในการเก็บรักษาและจัดการกับมะพร้าวอ่อนที่ตัดแต่งแล้วได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมยิ่งขึ้นและจะทำให้สามารถส่งมะพร้าวอ่อนไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ระยะทางไกลขึ้นและมากขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อให้ทราบถึงลักษณะการหายใจและการผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอ่อน ทราบถึงความสามารถในการแลกเปลี่ยนก๊าซของมะพร้าวอ่อนตลอดจนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีภายในน้ำและเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนและหลังปอกเปลือกในระหว่างการเก็บรักษา



การตรวจเอกสาร

ชนิดและพันธุ์มะพร้าว

มะพร้าวเป็นพืชสกุล *Palmae* หรือ *Aracaceae* (สุพจน์, 2543) มะพร้าวมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* Linn. มีโครมาโซม 32 แท่ง ($2n = 32$) (ณรงค์, 2530) และมีถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ (เดชา, 2544) ปัจจุบันปลูกทั่วไปทั้งทวีปเอเชีย อเมริกากลางและแอฟริกา (Woodroof, 1970) พืชวงศ์นี้ประกอบด้วยพืชชนิดต่างๆ 54 ชนิด และมะพร้าวเป็นพืชที่สำคัญที่สุดในพืชสกุลนี้

การจำแนกชนิดมะพร้าวสามารถจำแนกได้ 2 กลุ่มใหญ่ตามลักษณะพื้นฐานและการเติบโตของมะพร้าวคือกลุ่มมะพร้าวต้นสูง (tall) และกลุ่มมะพร้าวต้นเตี้ย (dwarf) (Woodroof, 1970; Thampan, 1975; De Taffin *et al.*, 1998)

กลุ่มมะพร้าวต้นสูง

มีลักษณะลำต้นสูงใหญ่ บริเวณโคนต้นขยายใหญ่เรียกว่าสะโพก (bole) เติบโตเร็ว มีอายุยืนยาวกว่า 80-90 ปี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมและทุกสภาพอากาศ ให้ผลผลิตช้าโดยให้ผลผลิต 7-10 ปีหลังจากปลูกขึ้นกับปริมาณน้ำที่ได้รับ ติดผลมาก ผลมีขนาดกลางถึงใหญ่ โดยปกติเป็นพืชผสมข้าม มีโอกาสผสมตัวเองบ้างโดยมากเกิดขึ้นในช่วงหน้าแล้งที่ดอกตัวเมียบานคาบเกี่ยวกับดอกตัวผู้ (สุพจน์, 2543)

กลุ่มมะพร้าวต้นเตี้ย

มีลำต้นสูงไม่มากและมีขนาดเล็กบริเวณลำต้นไม่มีสะโพก ให้ผลผลิตเร็วหลังปลูกได้ 3-4 ปี ติดผลดกและให้ผลผลิตต่อเนื่องได้ 30-40 ปี โดยปกติเป็นพืชผสมตัวเอง

สำหรับในประเทศไทยมีการจำแนกมะพร้าวโดยนักวิทยาศาสตร์บางท่านจำแนกมะพร้าวเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มต้นสูงและกลุ่มต้นเตี้ย (พานิชย์, 2544) ตามตำราต่างประเทศที่มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ แต่มีบางท่านจำแนกมะพร้าวเป็นกลุ่มย่อยเป็น 4 กลุ่มเพื่อให้เหมาะสมแต่การศึกษาในประเทศไทยได้แก่ 1. สปิคาตา (*spicata*) 2. ไทปีกา (*typica*) 3. นานา (*nana*) 4. มะพร้าวลูกผสมที่มนุษย์เป็นผู้ผสม (สุพจน์, 2543)

1. Spicata มะพร้าว คือมะพร้าวที่มีช่อดอกแบบสไปค์ (spike) มะพร้าวพันธุ์นี้แตกต่างจากมะพร้าวพันธุ์อื่นตรงที่จั่นของมะพร้าวพันธุ์นี้มีช่อดอกที่ไม่มีระแงเหมือนมะพร้าวทั่วไป ดอกตัวเมียติดที่ก้านช่อดอกค่อนข้างมาทางโคนของช่อ มีลักษณะเหมือนจั่นตัวเมียของตาลโตนด ดอกตัวผู้มีจำนวนน้อยติดอยู่ที่ส่วนปลาย ลักษณะอื่นๆยังคงเหมือนมะพร้าวทั่วไป เช่น ขนาด รูปร่างและสีผล โดยผลหนึ่งหนักประมาณ 1,400 กรัมต่อผล

2. Typica มะพร้าวใหญ่ คือมะพร้าวที่ลำต้นสูงใหญ่ ตกผลเมื่ออายุ 7 – 8 ปีหลังจากปลูก ส่วนใหญ่เป็นพืชผสมข้าม (cross pollination) เกิดการกลายพันธุ์ได้ง่าย ได้แก่ มะพร้าวกะโหลก มะพร้าวใหญ่ และมะพร้าวน้ำตาลเป็นต้น

มะพร้าวกะโหลกหรือมะพร้าวใหญ่พิเศษหรือมะพร้าวยักษ์ โดยทั่วไปไม่นิยมปลูกเป็นการค้า เนื่องจากให้ผลไม่ตก โดยทั่วไปจะให้ผลไม่เกิน 5 ผล/ทะลายหรือปีหนึ่งไม่เกิน 30 ผล/ต้น ตกผลช้าคือ ตกผลเมื่ออายุ 9 – 10 ปี หลังจากปลูก ผลมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์อื่น ผลแก่ยาวประมาณ 30 ซม. กว้าง 25 ซม. เนื้อมะพร้าวสดมีน้ำหนัก 750 – 1,000 กรัม/ผล ทำเป็นมะพร้าวแห้งได้ 354 – 400 กรัม/ผล (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวใหญ่ นิยมปลูกเป็นการค้าโดยทั่วไปเหมาะในการจำหน่ายผลแก่และทำมะพร้าวแห้ง ให้ผลเมื่ออายุ 5 ปีครึ่งเป็นต้นไปและให้ผลเต็มที่เมื่ออายุ 7 ปี ให้ผลดกหนึ่งปีอาจให้ผล 100 ผล/ต้น เนื้อมะพร้าวสดมีน้ำหนัก 540 กรัม/ผล ทำเป็นมะพร้าวแห้งได้ 304 กรัม/ผล (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวน้ำตาล มะพร้าวพันธุ์นี้มีลักษณะพิเศษคือ สามารถให้น้ำตาลมะพร้าว (น้ำตาลจากจั่นเพื่อผลิตน้ำตาลปี๊บ) ได้มากกว่ามะพร้าวปกติ ปลูกมากในเขตจังหวัดสมุทรสาคร และสมุทรสงคราม ลักษณะต้นที่ใช้ทำน้ำตาลจะต้องให้น้ำตาลดี น้ำตาลออกสม่ำเสมอ มีจำนวนจั่นต่อปีมาก จั่นมีขนาดใหญ่ เหนียวและโน้มง่าย (สุพจน์, 2543)

3. Nana เป็นมะพร้าวต้นเตี้ย หรือหมูสนิยมปลูกเพื่อรับประทานผลอ่อนบางพันธุ์น้ำมีรสหวานหอม ระยะบานของดอกตัวผู้และดอกตัวเมียคาบเกี่ยวกัน (วิจิตร, 2546) มะพร้าวพันธุ์ต้นเตี้ยหรือหมูสี มีสีของช่อดอกและผลแตกต่างกัน เช่น สีเหลือง ส้มหรือเขียว แต่ละพันธุ์มีรายละเอียดดังนี้ (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวหฐีเหลือง คนท้องถิ่นทางภาคใต้เรียกว่ามะพร้าวนาฬิกา นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ ผลคล้ายกับมะพร้าวหฐีเขียว จั่นและผลสีเหลืองก้านทางใบสีเหลืองสดและมีสีเขียว นวลเล็กน้อย ทรงผลกลมหรือเหลี่ยมเล็กน้อย น้ำหนักทั้งผล 841 กรัมต่อผล มีเนื้อมะพร้าว 300 กรัมต่อผล บางต้นน้ำอาจมีกลิ่นหอม (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวหฐีส้ม นิยมปลูกเป็นไม้ประดับ ก้านช่อดอกมีสีส้ม ผลมีสีแดงปนส้ม หรือน้ำตาลแดงเข้ม เมื่อเปิดดูได้กลิ่นดอกติดกับผลพบว่าเป็นสีชมพู ทรงผลกลมหรือเหลี่ยมเล็กน้อย น้ำหนักทั้งผล 1,088 กรัมต่อผล (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวหฐีเขียว เป็นมะพร้าวที่เหมาะสมแก่การนำไปปลูกเป็นการค้าและหาซื้อพันธุ์ได้ง่าย ก้านช่อดอกมีสีเขียวแกมเหลือง ผลมีสีเขียว ให้ผลดก 20-25 ผลต่อทะลาย มะพร้าวหฐีเขียวที่สำคัญได้แก่มะพร้าวน้ำหอมซึ่งเชื่อว่ามะพร้าวน้ำหอมนี้กลายพันธุ์มาจากมะพร้าวหฐีเขียว โดยมีลักษณะพิเศษคือ น้ำมะพร้าวมีรสหวานและมีกลิ่นหอมคล้ายกลิ่นใบเตย เป็นพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าเพื่อขายผลอ่อน ในปัจจุบันให้ผลผลิตเร็วผลดก และต้นเตี้ย (กวิศร์, 2539) ในบรรดามะพร้าวน้ำหอมด้วยกัน ชาวสวนมะพร้าวน้ำหอมด้วยกันยังแบ่งออกเป็นสายพันธุ์ย่อยอีก 3 สายพันธุ์ (กวิศร์, 2539) โดยอาศัยความแตกต่างของขนาดผลและลักษณะผลคือ

ชนิดผลยาวหรือผลเล็ก มีขนาดผลค่อนข้างเล็ก ผลยาวมีลักษณะของกะลามีลักษณะหัวแหลมท้ายแหลม เป็นทรงผลที่ตลาดไม่ต้องการ

ชนิดผลกลม เป็นชนิดที่มีผลกลม มีขนาดผลใหญ่ที่สุดในบรรดามะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 สายพันธุ์ย่อย มีเปลือกบางกะลาแตกง่าย และปอกให้ได้รูปทรงตามที่ตลาดต้องการได้ยาก จึงไม่นิยมปลูก

ชนิดผลรีหรือก้นจีบ มีลักษณะกึ่งกลางระหว่างชนิดผลยาวกับชนิดผลกลม มีขนาดผลปานกลาง ทรงผลรีทำให้เมื่อปอกเปลือกจะได้รูปทรงตามที่ตลาดต้องการได้ง่าย กะลาหนาไม่แตกง่าย เป็นที่นิยมของตลาดและชาวสวนนิยมปลูก

4. มะพร้าวลูกผสมเป็นมะพร้าวที่มนุษย์ผสมพันธุ์ขึ้นเพื่อให้ได้มะพร้าวพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะดีเด่นตามที่ต้องการ เช่น ใช้พันธุ์ต้นสูงผสมกับพันธุ์ต้นเตี้ยแล้วนำผลที่ได้ไปเพาะปลูกใหม่ และคัดเลือกต้นที่มีลักษณะระหว่าง 2 พันธุ์คือ มีลำต้นไม่สูงมากนัก ตกผลเร็ว ติดผลดกขึ้น (สุพจน์, 2543) มะพร้าวลูกผสมมีหลายพันธุ์ดังนี้

1. ลูกผสมสวี 1 เป็นชื่อลูกผสมระหว่างต้นแม่มาลาญสีเหลือง กับต้นพ่อ เวสแอฟริกันต้นสูงได้รับการผสมที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ซึ่งแต่เดิมใช้ชื่อศูนย์วิจัยพืชสวนสวี ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรแล้ว ผลขนาดใหญ่ปานกลาง ตกผลเมื่ออายุ 3 – 4 ปี หลังจากปลูก ให้ผลผลิต 1,600 ผล/ไร่/ปี ทำมะพร้าวแห้งได้ 381 กิโลกรัม/ไร่ (นิรนาม, 2546) และมีลักษณะใช้น้ำตาลมะพร้าว อย่างครบถ้วนคือ ให้น้ำตาลสูง สามารถให้น้ำตาลได้ 2 ลิตร/วัน และมีแนวโน้มที่จะให้น้ำตาลเมื่ออายุมากขึ้น มีจั่นค่อนข้างนิ่ม ดก และยาว (สุพจน์, 2543) เป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) จึงไม่สามารถนำไปทำพันธุ์เพื่อปลูกต่อไปได้ (นิรนาม, 2546)

2. ลูกผสมชุมพร 60 มะพร้าวพันธุ์นี้ได้รับการผสมขึ้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เพื่อเป็นพืชในวาระที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงมีพระชนมายุครบ 60 ปี โดยนำพันธุ์พื้นเมืองต้นสูง ผสมกับพันธุ์แอฟริกันต้นสูง เป็นพันธุ์ที่ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรแล้ว ตกผลเมื่ออายุ 5 ปี หลังจากปลูก ให้ผล 2,257 ผล/ไร่ ทำมะพร้าวแห้งได้ 628 กิโลกรัม/ไร่ มีเปอร์เซ็นต์น้ำมัน 65 เปอร์เซ็นต์ (นิรนาม, 2546)

3. ลูกผสมชุมพร 2 ได้รับการผสมระหว่างพันธุ์มาลาญต้นเตี้ยกับมะพร้าวใหญ่ ได้รับการรับรองพันธุ์จากกรมวิชาการเกษตรแล้ว ให้ผลผลิตเมื่ออายุ 4 ผลผลิตให้น้ำมันมะพร้าวแห้ง 500 กิโลกรัม/ไร่ และมีเปอร์เซ็นต์น้ำมันประมาณ 66 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อจำกัดที่เป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F_1) จึงไม่สามารถนำไปทำพันธุ์เพื่อปลูกต่อไปได้ (นิรนาม, 2546)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

เมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมจะเจริญเติบโตเป็นผล ผลมะพร้าวเป็นผลเดี่ยว (simple fruit) แบบ fibrous drupe มีชื่อเรียกเฉพาะว่า nut เป็นผลที่มีเปลือก 3 ชั้น (นพพรและคณะ, 2547) มีน้ำหนักประมาณ 1-2 กิโลกรัม

1) เปลือกชั้นนอก (exocarp) คือเปลือกนอกสุดหรือผนังชั้นนอกเป็นชั้นบางๆ มีลักษณะเรียบมีสีระหว่างสีเขียวจนถึงสีน้ำตาลแดงและเมื่อแก่เป็นเนื้อเยื่อเหนียวและกันน้ำได้มีสีเทา (นพพรและคณะ, 2547; Child, 1974)

2) เปลือกชั้นกลาง (mesocarp) หรือ ฮัสค์ (husk) Child (1974) กล่าวไว้ว่า เมื่อมะพร้าวยังอ่อนผนังส่วนนี้จะมีสีขาวและอ่อนนุ่ม เมื่อแก่จะมีเส้นใยมาก เรียกว่า ฮัสค์ (husk) หรือเรียกว่ากาบมะพร้าว (coir) ผนังส่วนนี้บางพันธุ์สามารถรับประทานได้ เช่นมะพร้าวเปลือกหวาน แต่เมื่อแก่จะมีเส้นใยเหมือนมะพร้าวทั่วไปไม่สามารถรับประทานได้ ซึ่งเส้นใยเหล่านี้สามารถดักอากาศทำให้มะพร้าวลอยน้ำได้ (นพพรและคณะ, 2547)

3) เปลือกชั้นใน (endocarp) หรือกะลา (shell) ผนังชั้นในจะห่อหุ้มเมล็ดและเนื้อเยื่อสะสมอาหาร (endosperm) ไว้ และในระหว่างชั้นในกับเนื้อเยื่อสะสมอาหาร จะมีเนื้อเยื่อสีน้ำตาลบาง ๆ เรียกว่าเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) หรือ (testa) ห่อหุ้มเมล็ดอยู่ (Child, 1974) กะลามีรูปร่างกลมมีเส้นเป็นสันนูน 3 เส้นชัดเจน มีตา 3 ตา อยู่ระหว่างสันนูนที่ขั้วผล เป็นตาแห่ง 2 ตา อีก 1 ตา เป็นตานี้อยู่ตรงกลางเส้นแบ่งของกะลาและเป็นตาที่ใหญ่ที่สุด เมื่อมะพร้าวออกต้นอ่อนจะแทงทะลุผ่านตานี้ออกมา (สุพจน์, 2543)

เมล็ดมะพร้าวเรียกว่า seed หรือเนื้อมะพร้าว หรือเนื้อในเมล็ด (kernel) ได้แก่ เนื้อมะพร้าวที่อยู่ใต้กะลาทั้งหมด นับตั้งแต่เยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat) ถึงเนื้อมะพร้าวสีขาว (coconut meat) และน้ำมะพร้าว (coconut water) เมื่ออ่อนเนื้อมะพร้าวจะบางและอ่อนนุ่มเมื่อแก่เนื้อจะหนาและแข็ง (สุพจน์, 2543) เนื้อมะพร้าวสีขาวเรียกว่า solid endosperm เป็นส่วนที่งอกจากเอนโดสเปิร์มปฐมภูมิ (primary endosperm) และน้ำมะพร้าวเรียกว่า liquid endosperm (เทียมใจ, 2527) ทำหน้าที่สะสมอาหารจำพวก คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และอื่น ๆ (เทียมใจ, 2541) ภายในเมล็ดมีลักษณะกลวง เมื่ออ่อนจะมีน้ำเต็มผล ผลที่แก่ น้ำจะค่อย ๆ แห้งลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งจากเดิม (สุพจน์, 2543) สิ่งสำคัญที่สุดที่อยู่ในเมล็ดคือคัพภะ หรือส่วนที่เป็นต้นอ่อน (embryo) ซึ่งเป็นอวัยวะที่แทรกตัวอยู่ใต้ตานี้นานขนาดเล็กเท่าหัวเข็มหมุดมีสีเหลืองอ่อน (ณรงค์, 2530) เมื่อผลแก่เต็มที่ใบเลี้ยงของต้นอ่อนจะดูดน้ำเข้าไปภายในและค่อย ๆ ขยายขนาดขึ้นจนเต็มผลเรียกว่า จาว (apple) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารสำหรับการงอกของต้นอ่อนต่อไป (นพพรและคณะ, 2547)

การเปลี่ยนแปลงของผลมะพร้าวระหว่างการเจริญเติบโต

ผลมะพร้าวเกิดจากการเจริญเติบโตของดอกตัวเมียที่ผสมแล้ว (button nut) โดยเริ่มพัฒนารูปร่างอย่างช้า ๆ ใน 2 สัปดาห์แรก แล้วจึงมีการเปลี่ยนแปลงขนาดผลอย่างรวดเร็วต่อไป (รัชนี, 2532) การเปลี่ยนแปลงของผลมะพร้าวระหว่างการเจริญเติบโตมีดังนี้

เปลือกมะพร้าวชั้นนอก (exocarp) เมื่อมะพร้าวยังอ่อนจะมีสีต่างๆ ตั้งแต่ เขียว เหลือง ส้ม น้ำตาล น้ำตาลแดง (ณรงค์, 2530) เมื่อผลแก่เต็มที่จนผลแห้ง สีผิวไม่ว่าแต่เดิมจะมีสีใดจะกลายเป็นสีน้ำตาลไหม้หรือสีค่อนข้างดำ (พร, 2541) สอดคล้องกับ Child (1974) ที่ว่าเนื้อมะพร้าวเมื่อเริ่มแก่สีเปลือกจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลอมเทา

เปลือกมะพร้าวชั้นกลาง (mesocarp) เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีความชื้นสูงอัดแน่นและมีสีขาว เมื่อผลแก่จะมีลักษณะเป็นเส้นใยมีความยืดหยุ่นและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน (พร, 2541)

เปลือกมะพร้าวชั้นใน (endocarp) เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีขาวและอ่อนนุ่มและจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลจนถึงดำเมื่อแก่เต็มที่เช่นเดียวกับความแข็งคือเพิ่มความแข็งเมื่ออายุมากขึ้น (พร, 2541) และในขณะที่ยังอ่อนสามารถนำมารับประทานได้ โดยรับประทานแบบ ผักสดจิ้มน้ำพริกหรือแกงได้ (สุพจน์, 2543)

มะพร้าวอ่อนข้างในผลประกอบด้วยน้ำปริมาณมากที่สุด ซึ่งจะเพิ่มปริมาณขึ้นระหว่างการเจริญเติบโต แต่เมื่อมะพร้าวแก่ขึ้นปริมาณน้ำจะลดลงจากร้อยละ 54.7 เหลือ ร้อยละ 31.5 ของน้ำหนักผล (Dolendo *et al.*, 1967) ทำให้มีอากาศเกิดขึ้นภายในผลจึงมีเสียงน้ำคละนดังเกตได้โดยการเขย่า การที่น้ำมะพร้าวลดลงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าเกิดจากการดูดซับน้ำของเนื้อเยื่อสะสมอาหาร (endosperm) หรือสาเหตุจากการระเหย (Child, 1974) น้ำมะพร้าวอายุ 5 เดือนหลังจากดอกบานมีรสอมเปรี้ยว ส่วนความหวานของน้ำมะพร้าวจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมีความหวานมากที่สุดเมื่อมะพร้าวมีอายุ 7 เดือน แต่เมื่อมะพร้าวมีอายุ 9 เดือนน้ำมะพร้าวเริ่มมีรสข่าและมีไขมันลอยอยู่ในน้ำมะพร้าว หลังจากนั้นความหวานเริ่มลดลง (จุลพันธุ์, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับ Child (1974) ที่กล่าวว่าเมื่อมะพร้าวมีอายุมากขึ้น พบว่าน้ำมะพร้าวมีน้ำตาลลดลง เนื่องจาก

มีการใช้น้ำตาลเป็นสารตั้งต้นเพื่อผลิตเป็นกรดไขมันและใช้กรดไขมันสร้างไขมันในเนื้อมะพร้าวต่อไป

เนื้อมะพร้าวส่วนที่เรียกว่า kernel meat หรือ solid endosperm ซึ่งใช้เป็นอาหารบริโภคหรือนำมาทำน้ำมัน เริ่มมีการพัฒนาเมื่อมีอายุ 5 เดือน 2 สัปดาห์ ถึง 6 เดือน หลังจากดอกตัวเมียได้รับการผสมแล้ว (รัชนี, 2532) และ Child (1974) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาของเนื้อมะพร้าว โดยอธิบายการเกิดเนื้อมะพร้าวไว้ว่า ชั้นแรกสุดในน้ำมะพร้าวมีเซลล์ที่มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ ซึ่งต่อมาเซลล์นี้จะรวมตัวกัน เป็นเซลล์ของเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร (endosperm) โดยในตอนแรกมีลักษณะเป็น mono – nucellar jelly เมื่อเซลล์นี้มีการพัฒนาและเกิดเซลล์ของเนื้อเยื่อที่สะสมอาหารแผ่กว้างไปทั้งผลและเริ่มมีความแข็งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ประกอบกับโครงสร้างของเซลล์มีการตกตะกอนของส่วนประกอบที่เป็นไขมันร่วมด้วย และพบว่าเนื้อมะพร้าวจะถูกสร้างขึ้นจากส่วนตรงข้ามหัวผลและขยายไปรอบๆ ภายในผล โดยในช่วงแรกเนื้อมะพร้าวจะบางและมีลักษณะเป็นวุ้น ต่อมาจะมีความหนาและความแข็งเพิ่มขึ้น (จุลพันธ์, 2544 ; Child, 1974) นอกจากนี้ยังพบว่าในผลมะพร้าวอายุ 8 เดือนเนื้อนิ่มและมีน้ำอยู่มากและเมื่อผลเริ่มแก่เนื้อมะพร้าวมีความชื้นน้อยลงและมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น (Dolendo *et al.*, 1967)

ผลมะพร้าวที่อายุมากขึ้นความหวานจะมากขึ้นตามไปด้วย (Wijaranam *et al.*, 2006) ในขณะที่ผลมะพร้าวยังอ่อนอยู่จะมีรสเปรี้ยวเล็กน้อยเกิดจากการสะสมกรดอินทรีย์ชนิดต่างๆ และเมื่อแก่ความเปรี้ยวจะลดลง มะพร้าวที่อายุประมาณ 190 – 200 วัน (ประมาณ 6 เดือนครึ่งถึง 7 เดือน) หลังจากดอกบานเป็นระยะที่นิยมบริโภคเนื่องจากมีความหวานประมาณ 6.6 – 7.0 องศาบริกซ์ (พานิชย์, 2544) แต่ถ้าความหวานต่ำกว่า 6.0 องศาบริกซ์ น้ำจะไม่ค่อยหวาน น้ำมะพร้าวอาจมีความหวานมากกว่า 8.0 องศาบริกซ์แต่ผลที่มีความหวานขนาดนี้เนื้อจะเริ่มหนาเกินไป ผลที่มีอายุมากกว่า 9 เดือน ความหวานจะเริ่มน้อยลงและมีรสขำอีกด้วย (จุลพันธ์, 2544)

ความหอมของมะพร้าวน้ำหอมที่ไม่พบในมะพร้าวอ่อนทั่วไปทำให้ได้รับความนิยมบริโภคมากมะพร้าวพันธุ์นี้ (จุลพันธ์, 2544) เมื่อพิจารณาส่วนต่างๆ ของมะพร้าวน้ำหอมพบว่าส่วนที่สามารถทดสอบความหอมได้ ได้แก่ ปลายรากอ่อนมะพร้าว น้ำมะพร้าว และเนื้อมะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนอื่นๆ ที่แสดงความหอมแต่ไม่สามารถทดสอบได้ด้วยการดม ต้องใช้เทคนิคอื่นๆ มาช่วยอย่างเช่นการใช้เครื่อง gas chromatograph และ mass-spectrometer ที่

Lin and Walkens (1970) วิเคราะห์หาชนิดของสารเคมีที่ให้กลิ่นมะพร้าวโดยพบว่าเนื้อมะพร้าวมีสารประกอบที่ให้กลิ่นได้แก่ delta lactone และ n-octanol เป็นองค์ประกอบหลัก

เกษตรกรผู้ปลูกมะพร้าวน้ำหอมหรือผู้บริโภคมะพร้าวน้ำหอมมักพบปัญหาเกี่ยวกับความแห้งของสายพันธุ์มะพร้าวเนื่องจากความหอมหายไปโดยไม่ทราบสาเหตุแม้จะใช้ต้นพันธุ์น้ำหอมแท้มาปลูก จุลพันธ์ (2544) ได้อธิบายสาเหตุที่ความหอมของมะพร้าวหายไประหว่างปลูกว่าผลมะพร้าวที่จะคงความหอมได้นั้นต้องเกิดจากการผสมของเรณูและไขในดอกตัวเมียของต้นที่เป็นมะพร้าวน้ำหอมแท้ทั้งคู่ ถ้าเกิดมีการผสมจากเรณูที่ไม่ใช่มะพร้าวน้ำหอมแท้ ผลมะพร้าวที่ได้ความหอมจะหายไป ดังนั้นในสวนมะพร้าวน้ำหอมเพื่อการค้าไม่ควรมีมะพร้าวพันธุ์อื่นปลูกปะปนอยู่ด้วยเพราะในบางครั้งอาจเกิดการผสมข้ามได้

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวอ่อน

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมเป็นมะพร้าวอ่อน (young coconut) จะต้องเก็บไม่ให้อ่อนหรือแก่จนเกินไป แต่ผลมะพร้าวในทะลายหนึ่งๆมีผลมาก อาจมีมากถึง 15 – 20 ผล เวลาเก็บต้องเก็บทั้งทะลายไม่เก็บเพียงผลใดผลหนึ่ง ทั้งนี้เพราะการเก็บเกี่ยวมะพร้าวทั้งทะลายสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานวันกว่าการเก็บเกี่ยวทีละผล (สุพจน์, 2543)

การเก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมต้องเก็บเกี่ยวให้ได้มะพร้าวที่มีวัยตรงตามวัตถุประสงค์ที่นำไปใช้ประโยชน์ เช่น น้ำมะพร้าวบรรจุถุง มะพร้าวเผา หรือมะพร้าวอ่อนทั้งผล วัยมะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวมีอยู่ 3 วัย (พานิชย์, 2544) คือ

1 มะพร้าวชั้นเดียว คือ มะพร้าวที่เริ่มสร้างเนื้อภายในกะลา เนื้อมีลักษณะเป็นรูปร่างๆประมาณครึ่งผลในด้านตรงข้ามกับตา ถือเป็นมะพร้าวที่อ่อนเกินไปยังไม่ควรเก็บเกี่ยวโดยการเกิดเนื้อจะเกิดจากบริเวณปลายผลแล้วหนาไปเรื่อยๆจนถึงหัวผล เมื่อเปิดปลายผลดูจะเห็นกะลาด้านเดียวกับตามีสีเหลืองอ่อนชัดเจน ผลมะพร้าวระยะนี้มีอายุหลังจากจันทานประมาณ 6 เดือน

2 มะพร้าวชั้นครึ่ง คือ มะพร้าวอ่อนที่มีเนื้อมากขึ้นจนเกือบจะเต็มผล เมื่อตัดเปิดที่ปลายผลและมองลงไปตรงๆ จะเห็นกะลาบริเวณหัวผลด้านที่มีตาเพียงเล็กน้อย มะพร้าวอ่อน

ระยะนี้มีอายุหลังจากดอกบานประมาณ 6 เดือนครึ่ง เนื่องจากหัวผลยังมีเนื้อบางมาก มะพร้าว น้ำหอมระยะนี้ยังถือว่าอ่อนไม่เหมาะกับการขายเป็นมะพร้าวอ่อนแต่เหมาะกับการบรรจุแก้วใส่ ตู้เย็น ชนิดที่มีน้ำและเนื้ออยู่ด้วยกัน แต่มีผู้บริโภคส่วนหนึ่งชอบบริโภคมะพร้าวแบบชั้นครึ่ง เนื่องจากเนื้อนุ่มไม่แข็ง

3 มะพร้าวสองชั้น คือ มะพร้าวที่มีเนื้อเต็มผลแล้ว แต่ยังไม่แก่จนเกินไป หรือไม่แก่จนเนื้อภายในผลแข็ง เมื่อตัดปลายผลแล้วมองลงไปจะเห็นเนื้อมะพร้าวอยู่เต็มผล มองไม่เห็นกะลาเหมือนสองชนิดแรก มะพร้าวน้ำหอมที่ดีควรตัดส่งตลาดในระยะที่เป็นมะพร้าวสองชั้น เพราะเนื้อหนานุ่ม น้ำมีรสหวาน มะพร้าวระยะนี้นับอายุจากจั่นบานได้ประมาณ 7 เดือน

การจัดจำหน่าย

มะพร้าวอ่อนที่จำหน่ายผลสดเพื่อการบริโภคนั้นต้องได้รับการตัดแต่งผลเพื่อให้ผลมีความสวยงาม สะดวกแก่การแกะผลเพื่อรับประทาน ซึ่งมีการตัดแต่งผลเป็น 2 แบบคือ

มะพร้าวควั่น (trimmed coconut) หมายถึง มะพร้าวที่นำมาปอกเปลือกเขียว (exocarp) ออกทั้งหมดหรือบางส่วน ตกแต่งให้มีรูปทรงกระบอกสอบ ด้านบนเป็นรูปฟ้ายี่ด้านหัวตัดตรง เพื่อให้ตั้งอยู่ได้ ดังภาพที่ 1 (มกอช, 2551)



ภาพที่ 1 มะพร้าวควั่นปอกเปลือกเขียวทั้งหมด (ซ้าย) มะพร้าวควั่นปอกเปลือกเขียวบางส่วนตกแต่งให้มีรูปทรงกระบอกสอบด้านบนเป็นรูปฟาสี (ขวา)

มะพร้าวเจีย (กลึง) (polished/ground coconut) หมายถึง มะพร้าวที่นำมาปอกเปลือกขาว (mesocarp) ออกทั้งหมด หรือเหลือบางส่วนไว้เป็นฐานแล้วเจีย และแต่งผิวกะลาให้เรียบ ดังภาพที่ 2 (มกอช, 2551)



ภาพที่ 2 มะพร้าวเจียทรงหัวแหลม (ซ้าย) มะพร้าวเจียฐานทรงกระบอก (ขวา)

ปัจจัยในการเก็บรักษา

ผลมะพร้าวที่เก็บเกี่ยวมาแล้วนั้นยังคงมีชีวิตและยังคงมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพเน่าเสียได้ง่ายและมีอายุการเก็บรักษาสั้นลง การคงสภาพความสดของมะพร้าวให้อยู่ได้นานจำเป็นต้องเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมที่สามารถ

ลดกระบวนการและกิจกรรมของเซลล์เช่นการหายใจ การผลิตเอทีพี การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและการเกิดเชื้อรา ปัจจัยที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลมะพร้าวมีดังนี้

นวลจันทร์ (2537) ได้ทำการทดลองปอกเปลือกมะพร้าวแบบต่างๆ คือ ปอกเปลือกสีเขียวออกทั้งหมด (แบบควั่น) ปอกเปลือกจนถึง endocarp และเว้นหัวผลไว้ (แบบเจีย) และปอกเปลือกจนถึง endocarp ทั้งผล จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C และที่อุณหภูมิห้อง พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นมีปริมาณ total soluble solid (TSS) ปริมาณ titratable acidity (TA) คะแนนความหวาน คะแนนความเปรี้ยวคงที่และมีอายุการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ส่วนผลที่ปอกแบบเจียและผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกจนถึง endocarp ทั้งผลมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่มีอายุการเก็บรักษา 3 สัปดาห์ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C หลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแบบควั่นมีอายุการเก็บรักษาเพียง 3 วันหลังจากเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 สัปดาห์ ถ้าเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 2 สัปดาห์แล้วย้ายมาเก็บที่อุณหภูมิห้องมีราขึ้นไม่สามารถยอมรับได้ ในขณะที่ผลที่ปอกเปลือกแบบเจียและผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกจนถึง endocarp ทั้งผลมีอายุการเก็บรักษาเพียง 1 วันหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นาน 1 สัปดาห์โดยการเก็บรักษายาวนานกว่านี้ผลมะพร้าวมีเชื้อราขึ้น

Consignado *et al.*, (1976) ทดลองศึกษามะพร้าวอ่อนอายุ 6 และ 7 เดือน ทั้งที่ปอกเปลือกและไม่ปอกเปลือกโดยเก็บรักษาที่ 0 และ 17°C ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทุก 7 วันจนครบ 28 วัน พบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 17°C ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในผลทั้ง 2 แบบลดลงในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C มีปริมาณคงที่ ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ของผลที่ไม่ปอกเปลือกในทั้ง 2 อุณหภูมิคงที่ แต่ผลที่ปอกเปลือกออกมีค่าเพิ่มขึ้น สัดส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไตเตรตได้และ pH มีค่าไม่แน่นอน การสูญเสียน้ำหนักสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงและผลที่ปอกเปลือกออกสูญเสียน้ำหนักและเสื่อมสภาพเร็วกว่าผลที่ไม่ปอกเปลือก ผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0°C เกิดสีน้ำตาลขึ้นที่ผิวหลังเก็บรักษาได้นาน 7 วัน เนื่องจากเกิดอาการสะท้อนหนาว chilling injury และการเก็บรักษาผลมะพร้าวทั้งผลอายุ 7 เดือนที่อุณหภูมิ 17°C ได้รับการยอมรับมากที่สุด

Wijaranam *et al.*, (2006) ทำการทดลองเก็บรักษามะพร้าวอ่อนพันธุ์พื้นเมือง (*Cocos nucifera* var. *auranta*) อายุตั้งแต่ 5-8 เดือนหลังดอกบานที่อุณหภูมิ 13.5°C เป็นเวลา 28 วัน

และที่ 28°C เป็นเวลา 10 วันแล้วตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางสรีระและทางเคมีพบว่า การเก็บรักษาที่ 13.5°C ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าลดลงและมะพร้าวที่อายุมากมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่ามะพร้าวที่มีอายุน้อย ส่วน pH วิตามินซี ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm และออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวมีค่าลดลงในมะพร้าวที่อายุมากขึ้นและระหว่างการเก็บรักษา การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 28°C ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ pH และค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 nm มีค่าและการเปลี่ยนแปลงไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิต่ำ แต่วิตามินซีมีค่าสูงขึ้นทั้งในระหว่างการเก็บรักษาและในมะพร้าวที่อายุมากขึ้น และออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวมีความเข้มข้นต่ำกว่าที่อุณหภูมิต่ำแต่มีการเปลี่ยนแปลงเหมือนที่อุณหภูมิต่ำ และในระหว่างการเก็บรักษาจะพบปัญหาเช่นการเกิดขี้ผลเน่ามีสาเหตุจากเชื้อ *Botryodiplodia* sp. และหลุดร่วง การเปลี่ยนสีผิวและการสูญเสียน้ำหนักซึ่งการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำเกิดน้อยกว่าอุณหภูมิสูง

การเคลือบผิวผลไม้ลดการซึมผ่านหรือแพร่ผ่านของก๊าซเข้ามาในผลไม้เพราะสารที่เคลือบผิวจะอุดช่องว่างที่ไขแตกเปลี่ยนก๊าซ เป็นผลให้ความเข้มข้นของออกซิเจนลดลงและมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาและมีความแตกต่างจากผลไม้ที่ไม่ได้เคลือบผิว (Hangenmaier, 2005) ถ้าต้องการเก็บรักษาผลผลิตให้อยู่ได้นานจำเป็นต้องมีการควบคุมสมดุลของก๊าซชนิดต่างๆให้คงอยู่ในสภาพที่สามารถชะลอกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆภายในผลผลิตให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด

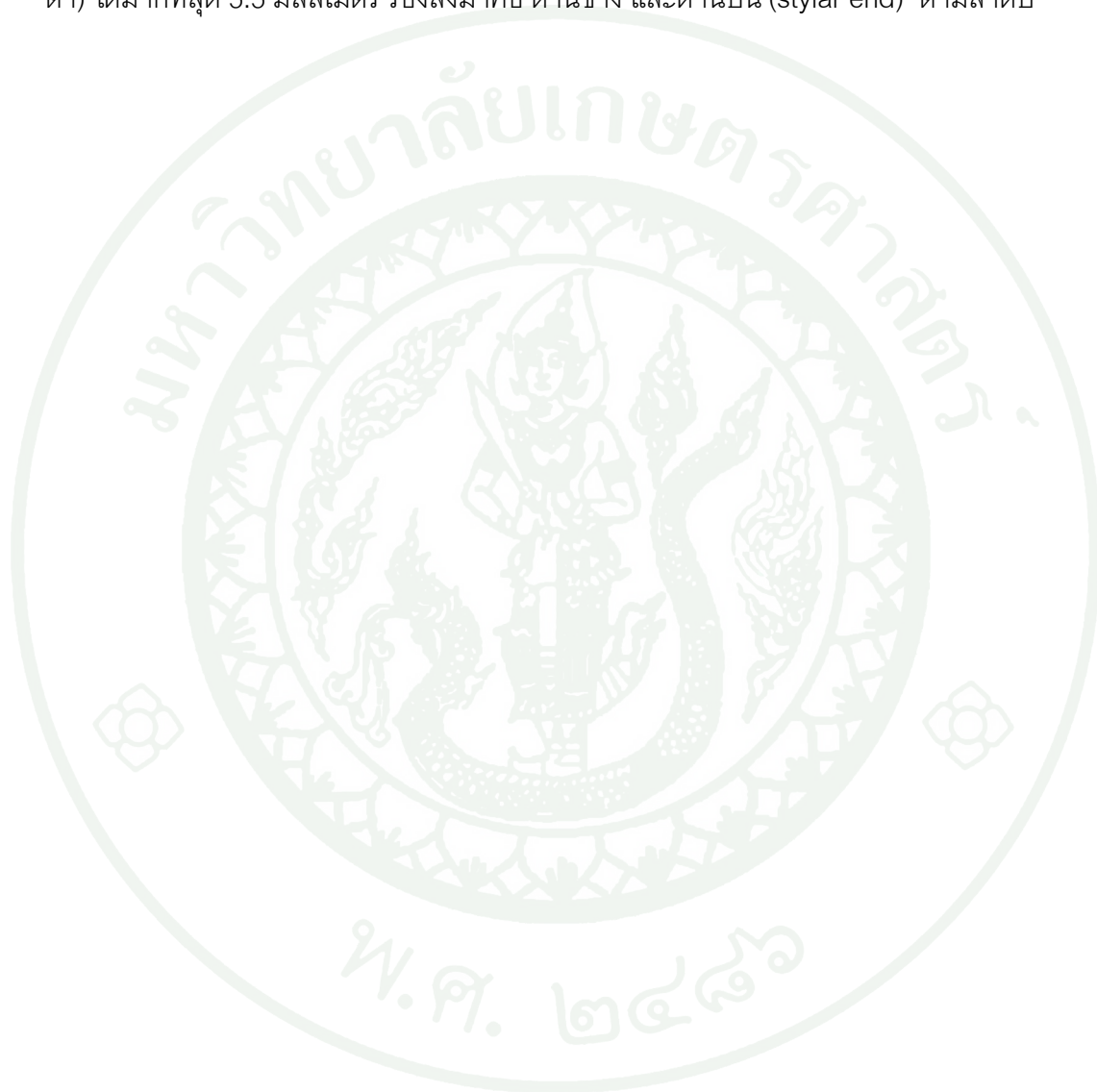
ประชิด (2540) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของมะพร้าวอ่อนที่ปอกเปลือกแบบคว้น เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 8°C นาน 4 สัปดาห์ และที่อุณหภูมิ 22°C นาน 1 สัปดาห์ โดยห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ฟิล์ม PE ชนิดบาง (ความหนา 0.033mm) และ PE ชนิดหนา (ความหนา 0.067mm) พบว่าน้ำมะพร้าวในผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และวิตามินซีลดลง pH มีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีค่าลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ส่วนในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวทุกแบบมี pH และวิตามินซีลดลงและปริมาณกรดที่ไทเทรตได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้ฟิล์มพลาสติก PVC ห่อหุ้มผลเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าการใช้ฟิล์ม PE อย่างมีนัยสำคัญ

การปอกเปลือกมะพร้าวแบบต่างๆออกนั้นมักพบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกจากสีขาวของผลที่ปอกเปลือกแล้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลได้อย่างรวดเร็ว ทำให้อายุการวางจำหน่ายและ

เก็บรักษาสับลง ดังนั้นจึงมีการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (sodium metabisulphite) ควบคุมและป้องกันการเกิดสีน้ำตาลบนมะพร้าวอ่อนที่ปอกเปลือกแบบต่างๆ สารนี้จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบซัลไฟต์ นิยมใช้กันมากในการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลในผัก ผลไม้ และอาหารต่าง ๆ โดยควบคุมการทำงานของเอนไซม์ PPO และมีคุณสมบัติในการฟอกสี นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ต้องใช้เอนไซม์ (non-enzymatic browning) ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้อีกด้วย (จริงแท้, 2550) ความเข้มข้นของสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ใช้สำหรับมะพร้าวอ่อนเพื่อส่งออกต่างประเทศอยู่ที่ 2-4 เปอร์เซ็นต์ โดยจะทำการแช่ผลทันทีที่ปอกเปลือกเสร็จ (Tongdee *et al.*, 1991) แต่ในปัจจุบันการใช้สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีข้อจำกัดในการใช้มากขึ้นโดย Codex Alimentarius Commission (2009) ได้กำหนดปริมาณสารตกค้างสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในผลไม้ที่ใช้สารประกอบซัลไฟต์ภายหลังการเก็บเกี่ยวไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมทำให้มีความพยายามลดปริมาณการใช้สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ลง จากการทดลองของโสภิตา (2549) พบว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับเกลือ 4 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มะพร้าวอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงสีผิวน้อยที่สุด และเกิดเชื้อราใกล้เคียงกับการใช้สารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์

ไพลิน (2550) ได้ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบหาปริมาณสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ตกค้างในผลมะพร้าวอ่อนภายหลังการจุ่มผลในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นต่างกัน พบสารตกค้างในมะพร้าวอ่อนบางผลและในบางความเข้มข้นเท่านั้น และการจุ่มผลในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ความเข้มข้นเท่ากันแต่ระยะเวลาในการจุ่มผลต่างกันคือ 0 1 5 และ 9 นาที ไม่พบสารโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ตกค้างในผลมะพร้าวอ่อนแต่อย่างใด และจากการสุ่มตรวจปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆ จากตลาดไทพบสารตกค้างในเนื้อและน้ำของผลมะพร้าวทุกชนิด โดยพบในมะพร้าวควั่น 7.1 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ยเฉพาะผลที่ตรวจพบเท่ากับ 0.19 mg/kg มะพร้าวเจียดิบตรวจพบ 9.23 % มีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ยเฉพาะผลที่ตรวจพบเท่ากับ 0.35 mg/kg มะพร้าวเจียต้มและแตกตรวจพบ 100 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ยเท่ากับ 7.82 mg/kg และมะพร้าวเผาตรวจพบ 55.9 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณสารตกค้างเฉลี่ยเฉพาะผลที่ตรวจพบเท่ากับ 5.34 mg/kg ส่วนกิรนนท์ (2553) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และระยะเวลาในการแช่ผลมะพร้าวอ่อนปอกเปลือกต่อปริมาณสารตกค้างในส่วนที่บริโภคได้ พบว่าการแช่ผลมะพร้าวในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ความเข้มข้นสูงและระยะเวลานานมีสารตกค้างสูงกว่าผลที่แช่ในสารละลายความเข้มข้นต่ำและแช่ในระยะเวลาสั้นและในมะพร้าวอ่อนเนื้อชั้นเดียว

(ประมาณ 170 วันหลังดอกบาน) มีโอกาสพบสารตกค้างในส่วนของเนื้อและน้ำสูงกว่ามะพร้าว เนื้อชั้นครึ่ง (ประมาณ 180-185 วันหลังดอกบาน) และสองชั้น (ประมาณ 200-210 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการซึมของสารผ่านเปลือกภายหลังการแช่ผลด้วยสารละลาย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ พบว่าสารสามารถซึมผ่านเปลือกบริเวณด้านล่าง (stem end หรือด้านที่มี ตา) ได้มากที่สุด 5.5 มิลลิเมตร รองลงมาคือ ด้านข้าง และด้านบน (stilar end) ตามลำดับ



อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอ่อนที่ 25°C

เก็บเกี่ยวมะพร้าวน้ำหอมอายุ 6.5 เดือน และ 7 เดือน หลังจากดอกบาน (เนื้อชั้นครึ่ง/สองชั้น) จากแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แล้วปอกเปลือกมะพร้าวแบบต่างๆ คือไม่ปอกเปลือกมะพร้าวอ่อน ปอกเปลือกแบบควั่น และปอกเปลือกแบบเฉี้ยนถึงกะลา นำผลมะพร้าวจุ่มในสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3% นาน 5 นาที ผึ่งให้พอร่ม จากนั้นนำมะพร้าวน้ำหอมทั้ง 3 ชนิดใส่ภาชนะปิดสนิทขนาด 8 L และต่อกับอุปกรณ์ควบคุมให้อากาศไหลผ่านตลอดเวลา ในอัตรา 200 ml/นาที่ ที่อุณหภูมิ 25°C โดยจัดสิ่งทดลอง 1 ผลต่อภาชนะแต่ละชุดมี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ผลดังนี้ ชุดที่ 1 ผลมะพร้าวน้ำหอมที่ไม่ปอกเปลือก ชุดที่ 2 ผลมะพร้าวน้ำหอมที่ปอกเปลือกแบบควั่น และชุดที่ 3 ผลมะพร้าวน้ำหอมที่ปอกเปลือกแบบเฉี้ยน

เก็บตัวอย่างก๊าซจากทางอากาศออกทุกๆ วัน เป็นเวลา 2 สัปดาห์ เพื่อตรวจวัดความเข้มข้นของ คาร์บอนไดออกไซด์และเอทิลีนด้วยเครื่อง gas chromatography ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 8 A สำหรับ คาร์บอนไดออกไซด์ ใช้คอลัมน์ porapak Q และ detector ชนิด thermal conductivity ส่วนเอทิลีนใช้คอลัมน์ porapak Q และ detector ชนิด flame ionization (FID) นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

วิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการปอกเปลือก ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS)

การทดลองที่ 2 การแลกเปลี่ยนก๊าซของเปลือกผลและคุณภาพมะพร้าวอ่อน

นำผลมะพร้าวน้ำหอมอายุเนื้อชั้นครึ่ง จากแปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยจัดแบ่งผลมะพร้าวเป็นผลที่ไม่ปอกเปลือก และผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแบบควั่น โดยผลที่ปอกเปลือกจัดให้มีการหุ้มด้วยฟิล์ม

พลาสติกชนิด polyvinylchloride (PVC) หนา 11 ± 1 μm บรรจุแบบสุญญากาศ (vacuum) และไม่หุ้มพลาสติก จากนั้นนำผลมะพร้าวมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและ 4°C บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุกๆ 3 วัน จนกว่าผลมะพร้าวจะเสื่อมคุณภาพ ทำการสุ่มตรวจสิ่งทดลองละ 5 ผล ผลละ 1 ซ้ำ

ทำการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลง ดังนี้

1. ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนภายในเปลือกชั้น mesocarp ของผลมะพร้าว

การเก็บตัวอย่างก๊าซ

นำผลมะพร้าวแต่ละตัวอย่างใส่ใน desiccator ที่มีน้ำอยู่เต็ม จากนั้นนำภาชนะเก็บก๊าซครอบผลมะพร้าว ไล่อากาศออกจากภาชนะให้หมดแล้วให้จมน้ำ ปิดฝา desiccator ที่ต่อกับปั๊มดูดอากาศ จากนั้นเปิดปั๊มดูดอากาศเพื่อให้ภายใน desiccator เป็นสุญญากาศประมาณ 10 นาที ก๊าซที่อยู่ภายในผลจะออกมาและถูกกักเก็บไว้ในภาชนะเก็บก๊าซ เมื่อครบกำหนดเปิดฝา desiccator แล้วให้เข็มเก็บตัวอย่างก๊าซในภาชนะไปวิเคราะห์วิเคราะห์ก๊าซออกซิเจนด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 8 A ใช้ detector ชนิด thermal conductivity (TCD)

2. ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเปลือกชั้น mesocarp ของผลมะพร้าว

เก็บตัวอย่างก๊าซเช่นเดียวกับวิธีการเก็บก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp วิเคราะห์ก๊าซออกซิเจนด้วยเครื่อง gas chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC 8 A ใช้ column porapak Q และ detector ชนิด thermal conductivity (TCD)

3. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำมะพร้าว โดยเครื่องวัดออกซิเจน (Dissolved Oxygen meter: D.O. meter)

การเตรียมเครื่องมือ (D.O. meter)

ก่อนใช้เครื่องต้อง calibration เครื่องวัดออกซิเจนในน้ำกลั่นที่ระดับอุณหภูมิที่ต้องการตรวจสอบความเข้มข้นของออกซิเจน หลังจาก calibration เสร็จแล้วสามารถนำเครื่องไปใช้ตรวจวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวได้

การตรวจวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว

เตรียมผลมะพร้าวที่ต้องการตรวจวัดและต้องตรวจวัดในอุณหภูมิที่เก็บรักษา โดยเปิดกะลาของผลมะพร้าวให้มีขนาดพอดีให้หัววัด (probe) สามารถผ่านเข้าไปได้ จากนั้นนำหัววัดที่ผ่านการ calibration แล้วแช่ในน้ำมะพร้าวผ่านทางกะลาที่เปิด แล้วรอกระทั่งตัวเลขที่แสดงบนหน้าจอนิ่งแล้วอ่านค่าที่ได้ หน่วยเป็น $\mu\text{L/L}$

4. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ของน้ำมะพร้าว

นำน้ำมะพร้าว มาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วย hand refractometer ยี่ห้อ Atago ปรับค่า 0 ด้วยน้ำกลั่นก่อนใช้ อ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เป็นเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายน้ำได้ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย

5. ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ของน้ำมะพร้าว ใช้วิธีของ (A.O.A.C., 2000)

นำน้ำมะพร้าวปริมาตร 20 ml ไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐานความเข้มข้น 0.10 N จนถึงจุดยุติโดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็น indicator นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปกรดมาลิกต่อ 100 g ของน้ำหนัสดโดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานดังนี้

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.10 N ปริมาตร 1 ml ทำปฏิกิริยาสมมูลพอดีกับกรดมาลิก 0.067 g

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้} = \frac{A \times B \times 0.067 \times 100}{C}$$

โดยที่ A = ความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.10 N
 B = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ml)
 C = ปริมาตรของตัวอย่าง (ml)

6. ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวตัดแปลงมาจากวิธีหาแอลกอฮอล์ของ (ศศิธร และคณะ, 2539)

นำน้ำมะพร้าวปริมาตร 30 μ l บรรจุลงในขวดแก้วขนาด 20 ml ไม่มีฝาปิดนำไปบรรจุในขวดแก้วขนาด 250 ml ที่มีสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในสารละลายกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ปริมาตร 300 μ l ปิดฝาขวด 250 ml ให้สนิท วางไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดปริมาณเอทานอลโดยนำสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ได้ไปวัดค่าการกลืนแสงด้วยเครื่อง UV visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 590 nm นำค่าการกลืนแสงที่ได้คำนวณหาความเข้มข้นของเอทานอลโดยแทนค่าในสูตรที่ได้จากกราฟมาตรฐาน (ดังภาพผนวกที่ 1) ซึ่งได้จากเตรียมสารละลายเอทานอลความเข้มข้นต่างๆคือ 200, 400, 600, 800, และ 1000 ppm จากนั้นทำตามวิธีหาความเข้มข้นของเอทานอลข้างต้นที่ได้กล่าวมา แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาวาดกราฟมาตรฐาน

7. Malonyldialdehyde ตามวิธีของ (Cakmak and Horst, 1991)

นำตัวอย่างน้ำมะพร้าวปริมาตร 10 ml ใส่หลอดทดลอง เติมสารละลาย trichloroacetic acid ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 10 ml เขย่าให้เข้ากัน หลังจากนั้นดูดสารผสมปริมาตร 1 ml แล้วเติมลงในหลอดทดลองอีกหลอดที่มีสารละลาย thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.5 % และมีปริมาตรอยู่ 3 ml แล้วเขย่าให้เข้ากัน นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 10 นาทีแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 และ 600 nm โดยใช้ blank เป็น

สารละลาย trichloroacetic acid ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 1 ml ผสมกับสารละลาย
thiobarbituric acid ความเข้มข้น 0.5 % ปริมาตร 3 ml

การคำนวณ

$$\text{MDA (nmol/ml)} = \frac{A_{532} - A_{600} \times 10^6}{155}$$

เมื่อ A532 = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 nm
A600 = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 nm

8. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้ประเมินน้ำ
มะพร้าว

ใช้จำนวนผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกจำนวน 5 คน โดยให้การให้คะแนน 0-10 คะแนน
เมื่อ (10 = ดีเยี่ยม, 8 = ดีมาก, 6 = พอใช้, 4 = ต่ำกว่าเกณฑ์ และ 0 = เลวมาก) โดยพิจารณาจาก
กลิ่นหอม กลิ่นผิดปกติ ความหวาน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม วิธีการทดสอบทำโดย
นำน้ำมะพร้าวใส่แก้วประมาณ 50 ml แล้วให้ผู้ทดสอบชิมที่อุณหภูมิห้อง

9. การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการห่อหุ้มผลมะพร้าวและอุณหภูมิในการเก็บ
รักษา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความ
แตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม
สำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS)

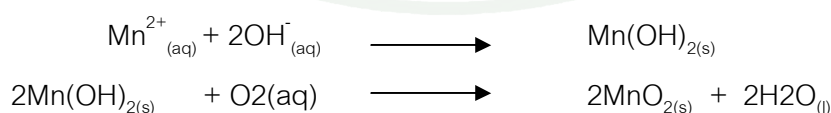
การทดลองที่ 3 ผลของรูปแบบการเก็บรักษาผลมะพร้าวอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและกลิ่นรส

การทดลองที่ 3.1 ผลของอุณหภูมิ การปกและการห่อหุ้มผลมะพร้าวอ่อนด้วยฟิล์มแบบต่างๆ

นำผลมะพร้าวน้ำหอมอายุเนื้อขึ้นครึ่ง จำนวน 550 ผลมาจากโรงคัดบรรจุและส่งออกมะพร้าว K- Fresh จำกัด อ.บ้านแพ้ว จ.สมุทรสาคร แบ่งผลมะพร้าวออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มแรกไม่ปกเปลือกรจำนวน 110 ผล ส่วนที่เหลือปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิดต่างๆ คือ polyvinylchloride (PVC) หนา $11 \pm 1 \mu\text{m}$ polyethylene (PE) หนา $15 \pm 1 \mu\text{m}$ polyvinylidenechloride (PVDC) $15 \pm 1 \mu\text{m}$ หรือไม่หุ้มพลาสติกเลย จากนั้นนำผลมะพร้าวทุกรูปแบบมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ทุกๆ 3 วัน สุ่มผลมะพร้าวกลุ่มละ 5 ผล ผลละ 1 ซ้ำ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าว โดยวิธีมาตรฐานเอชไตต์ปรับปรุง (มันสิน, 2543) ดังนี้

1) บรรจุน้ำมะพร้าวลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำให้เต็มโดยใช้สายยางขนาดเล็กดูดน้ำมะพร้าวแบบกาลักน้ำอย่างช้าๆ และปล่อยให้ น้ำดันพื้นคอขวดออกมาสักพัก ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ แล้วเติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟตความเข้มข้น 4% ปริมาตร 1.5 ml และสารละลายอัลคาไล-ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ปริมาตร 1.5 ml โดยให้ปิเปตอยู่ใต้ผิวของตัวอย่างน้ำมะพร้าวในขวดปรีดี ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจะทำปฏิกิริยากับแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) เกิดเป็นตะกอน MnO_2 ภายใต้สภาวะที่เป็นดังปฏิกิริยา



(สารละลายอัลคาไล-ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เตรียมโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 g และโซเดียมไฮโอไดด์ (NaI) 135 g ในน้ำกลั่นเจือจางเป็น 1 L แล้วละลายโซเดียมเอไซด์ (NaN_3) 10 g ในน้ำกลั่น 40 ml แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น)

2. ปิดจุกและระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าโดยการกลับขวดไปมา ประมาณ 15 ครั้ง จนเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน (ถ้าเกิดตะกอนสีขาวแสดงว่าน้ำไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำ)

3. เปิดจุกออกแล้วเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (36 N) ปริมาตร 2.0 ml โดยปล่อยไว้ให้

กรดค่อยๆ ไหลลงไปตามข้างๆขวด โดยให้ปลายปิเปตอยู่เหนือผิวน้ำปิดจุกเขย่าให้เข้ากันโดยกลับไปกลับมาจนกระทั่งตะกอนละลายหมดตั้งทิ้งไว้ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที แล้วจึงนำไปไตเตรต (สารละลายที่เติมกรดแล้วนั้นสามารถเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง) การเปลี่ยนสารละลายให้เป็นกรดทำให้ MnO_2 ออกซิไดส์ไอโอไดไดออกไซด์ที่เติมลงไปเป็นไอโอดีนดังปฏิกิริยา



4. ไตรเตตรตสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.0250 N มีน้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์ ที่จุดยุติ I_2 ถูกเปลี่ยนเป็น I^- ดังสมการข้างล่าง ทำให้สีน้ำเงินที่เกิดจากน้ำแบ่งเปลี่ยนเป็นไม่มีสี



การไตเตรตสารละลายตัวอย่างด้วยโซเดียมไฮโอซัลเฟตความเข้มข้น 0.025 N ปริมาณ 1 ml จะเท่ากับปริมาณของออกซิเจน 1 mg ที่ละลายในน้ำ 1L

2. ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าววัดแปลงจากวิธีของ (ศศิธรและคณะ, 2539) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

3. Malonyldialdehyde ตามวิธีของ (Cakmak and Horst, 1991) เช่นเดียวกับการทดลองที่ 2

4. การวิเคราะห์ไขมัน (A.O.A.C., 1995)

4.1 การวิเคราะห์ไขมันในน้ำมันมะพร้าว

นำน้ำมันมะพร้าวปริมาตร 100 ml ใส่ในกรวยแยก แล้วสกัดด้วยสารละลาย คลอโรฟอร์ม-เมทานอล 2:1 (CH_2Cl_2 : MeOH 2:1) จำนวน 3 ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะเกิดการแยกชั้น ของสารละลายภายในกรวยแยก ชั้นบนเป็นน้ำผสมกับเมทานอล ส่วนชั้นล่างเป็นไขมันละลายใน คลอโรฟอร์ม เก็บรวบรวมสารละลายไขมันในคลอโรฟอร์ม (ส่วนล่างของกรวยแยก) จนครบ 3 ครั้ง แล้วนำมาแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary vacuum evaporator ยี่ห้อ Eyala รุ่น NE-1 ของบริษัท Tokyo Rikakikai จำกัด ประเทศญี่ปุ่น จนแห้งเหลือแต่ไขมันทั้งหมด แล้วนำไขมัน ทั้งหมดมาทำปฏิกิริยา saponification เพื่อแยก fatty acid ออกจาก triglyceride หลังจากนั้น นำไปทำปฏิกิริยา methylation เพื่อทำให้จุดเดือดของไขมันต่ำลง แล้วนำสารละลายที่ได้ไป วิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography ยี่ห้อ Chrompack รุ่น CP 9001 ใช้ detector ชนิด flame ionization โดยใช้อุณหภูมิ injector port 270°C และอุณหภูมิ detector 280°C ใช้ GC-capillary column ยี่ห้อ Varian phase WCOT silica ขนาด 50 m x 0.25 mm ID coating CP-sil 88 tailor made frame

ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้น 140°C คงที่ไว้ 5 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นทีละ 5°C จนกระทั่งอุณหภูมิ ถึง 200°C แล้วคงที่ไว้ 15 นาที

4.2 การวิเคราะห์ไขมันในเนื้อมะพร้าว

นำเนื้อมะพร้าว 5 g มาบดให้ละเอียดในสารละลายคลอโรฟอร์ม-เมทานอล 2:1 (CH_2Cl_2 : MeOH 2:1) จากนั้นนำไปสกัดแบบเดียวกันกับการวิเคราะห์ไขมันในน้ำมันมะพร้าว

5. การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้ประเมินต่อน้ำ มะพร้าว

ใช้จำนวนผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกจำนวน 5 คน โดยใช้การให้คะแนน 0-10 คะแนน เมื่อ (10 = ดีเยี่ยม, 8 = ดีมาก, 6 = พอใช้, 4 = ต่ำกว่าเกณฑ์ และ 0 = เลวมาก) โดยพิจารณาจาก

กลิ่นหอม กลิ่นผิดปกติ ความหวาน ความเปรี้ยว และการยอมรับโดยรวม วิธีการทดสอบทำโดย
นำน้ำมะพร้าวใส่แก้วประมาณ 50 ml แล้วให้ผู้ทดสอบชิมที่อุณหภูมิห้อง

6. การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการห่อหุ้มผลมะพร้าวและอุณหภูมิในการเก็บ
รักษา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความ
แตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม
สำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS)

การทดลองที่ 3.2 ผลของการปกและการห่อหุ้มผลมะพร้าวอ่อนต่อการนำไฟฟ้าในน้ำและการ
รั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าว

เก็บเกี่ยวผลมะพร้าวน้ำหอมอายุเนื้อชั้นครึ่ง จำนวน 180 ผลมาจากแปลงทดลอง 2
ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แบ่ง
ผลมะพร้าวออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรกไม่ปกเปลือกจำนวน 60 ผล ส่วนที่เหลือปกเปลือกแบบ
ควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกชนิด polyvinylchloride (PVC) $11 \pm 1 \mu\text{m}$ และไม่หุ้มพลาสติก
เลย จากนั้นนำผลมะพร้าวทุกรูปแบบมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ และ $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ทุกๆ 7
วัน สุ่มผลมะพร้าวกลุ่มละ 5 ผล ผลละ 1 ซ้ำ วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีดังนี้

1. การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าว (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004)

นำน้ำมะพร้าวปริมาตร 10 ml ใส่หลอดทดลองแล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย
เครื่อง electrolyte conductivity ยี่ห้อ Consort รุ่น C 831 ของประเทศเบลเยียม มีหน่วยเป็น μS

2. การวิเคราะห์การรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าว (Gonzalez-Aguilar *et al.*, 2004)

ตัดเนื้อมะพร้าวให้มีขนาดเท่าๆ กันแล้วล้างในน้ำกลั่นให้สะอาด จากนั้นนำไปแช่ใน
สารละลายแมนนิทอลนาน 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง electrolyte conductivity
ยี่ห้อ Consort รุ่น C 831 ของประเทศเบลเยียม มีหน่วยเป็น μS เสร็จแล้วนำไปต้มที่ 100°C นาน

10 นาทีแล้วนำกลับไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่อง electrolyte conductivity อีกครั้ง แล้วคำนวณค่าการรั่วไหลของประจุจากสมการ

$$\% \text{ การรั่วไหลของประจุ} = \frac{\text{ค่าการการนำไฟฟ้าที่วัดได้ก่อนต้ม} \times 100}{\text{ค่าการการนำไฟฟ้าที่วัดได้หลังจากต้มแล้ว}}$$

3. การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของรูปแบบการห่อหุ้มผลมะพร้าวและอุณหภูมิในการเก็บรักษา ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Analysis System (SAS)

สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงทดลอง 2 ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

2. ศูนย์เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยและพัฒนากำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

ระยะเวลาในการวิจัย

ตุลาคม 2550 – กันยายน 2553

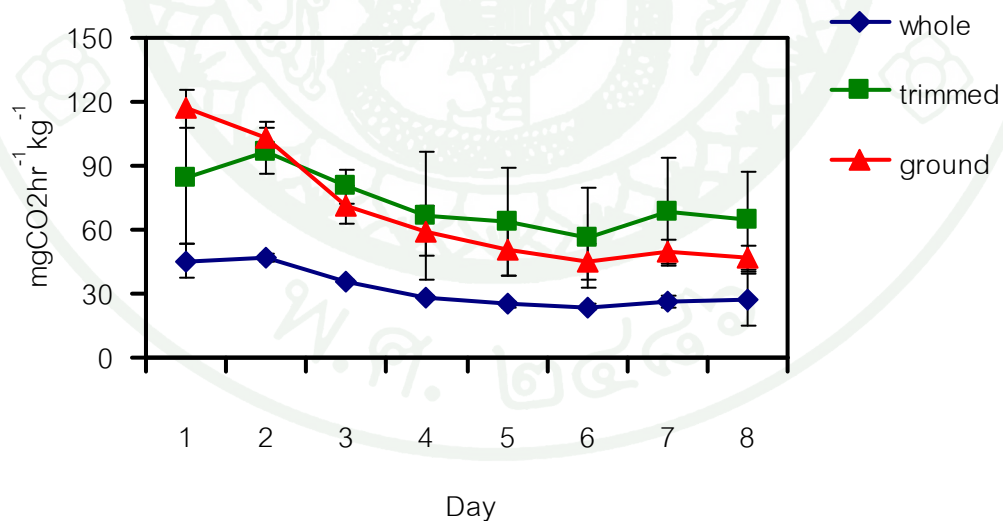
ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1 อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอ่อน

อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่อุณหภูมิ 25°C

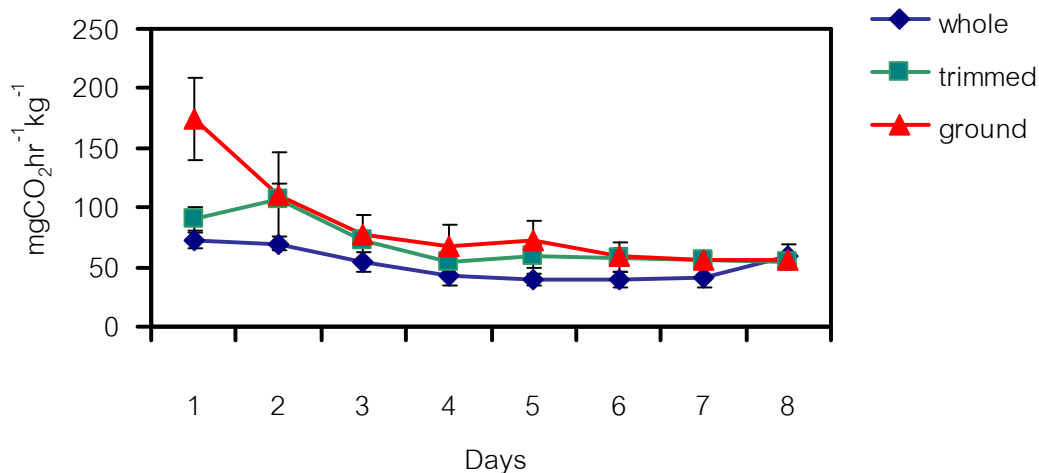
ผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครั้งที่ไม่ปอกเปลือก มีอัตราการหายใจต่ำประมาณ 45 $\text{mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้ว 1 วัน และมีแนวโน้มลดลงจนถึงวันที่ 4 จึงมีอัตราการหายใจคงที่ประมาณ 25 $\text{mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ เมื่อปอกเปลือกแบบควั่น พบว่ามีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าของผลที่ไม่ปอกเปลือกและลดลงจนกระทั่งถึงวันที่ 5 จึงมีอัตราการหายใจคงที่ประมาณ 60 $\text{mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบเฉีย พบว่ามีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นกว่า 2.5 เท่าของผลที่ไม่ปอกเปลือก แต่อัตราการหายใจลดลงค่อนข้างรวดเร็วจนถึงวันที่ 6 ซึ่งมีอัตราการหายใจต่ำกว่าผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นและคงที่ที่ประมาณ 50 $\text{mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่ปอกเปลือกแบบต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่อุณหภูมิ 25°C

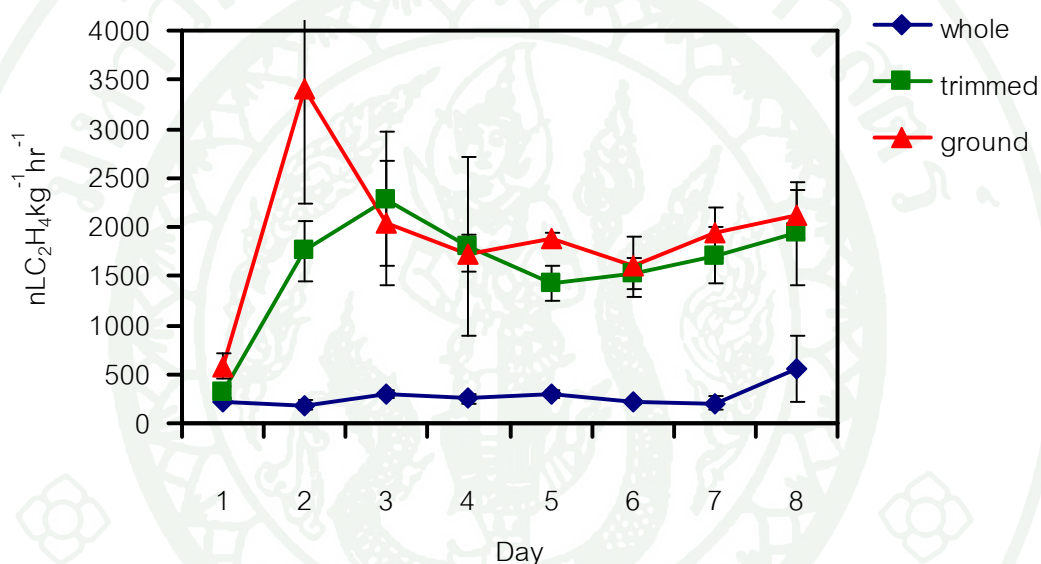
อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นในผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือก มีอัตราการหายใจต่ำมีค่าประมาณ $70 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้ว 1 วัน และมีแนวโน้มลดลงจนถึงวันที่ 4 จึงมีอัตราการหายใจคงที่ประมาณ $40 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ เมื่อปอกเปลือกแบบควั่นแล้วพบว่า มีอัตราการหายใจประมาณ $90 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ เมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้ว 1 วัน แล้วเพิ่มขึ้นเป็น $105 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ในวันที่ 2 จากนั้นลดลงเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 4 จึงมีอัตราการหายใจคงที่ที่ประมาณ $60 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบเจีย พบว่ามีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นกว่า 2.5 เท่าของผลที่ไม่ปอกเปลือก แต่อัตราการหายใจลดลงค่อนข้างรวดเร็วจนถึงวันที่ 4 จึงมีอัตราการหายใจคงที่ที่ประมาณ $60 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ซึ่งอัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นมีค่าสูงกว่ามะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งประมาณ $10 \text{ mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ในผลที่ไม่ปอกเปลือกและผลที่ปอกเปลือกแบบเจียแต่ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นทั้ง 2 อายุมีอัตราการหายใจใกล้เคียงกันมาก (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 อัตราการหายใจของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่ปอกเปลือกแบบต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่อุณหภูมิ 25°C

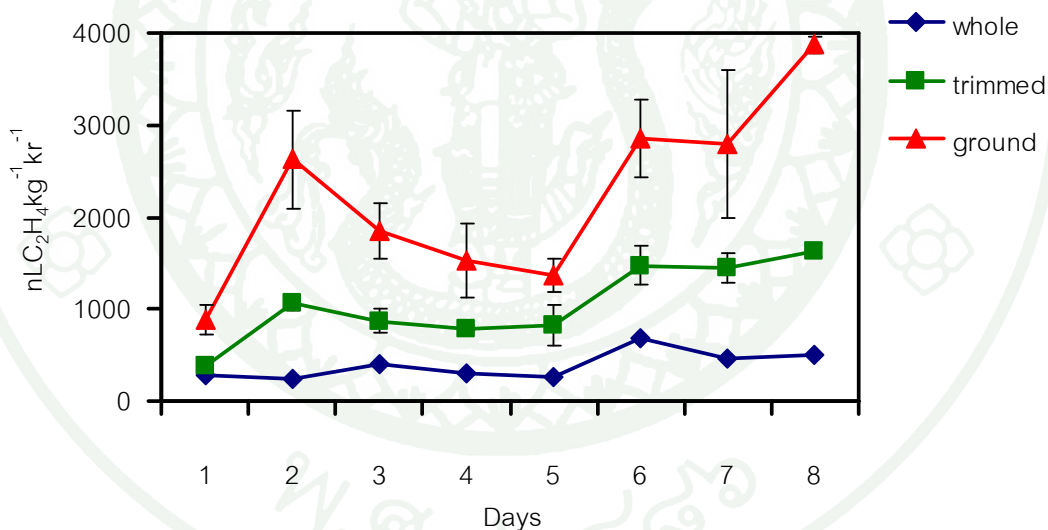
ผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือก มีการผลิตเอทิลีนต่ำประมาณ $200 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ และค่อนข้างคงที่ ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 8 วันแต่ในวันสุดท้ายมีอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อปอกเปลือกแบบควั่นหรือแบบเจียมะพร้าวมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นกว่ามะพร้าวไม่ปอกเปลือกเล็กน้อยในวันแรกและเพิ่มขึ้นเป็น 8 และ 14 เท่าในวันที่ 2 ตามลำดับ ก่อนที่จะลดลงมาอยู่ในระดับประมาณ $1600 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ ราววันที่ 4-6 หรือประมาณ 8 เท่าของผลที่ไม่ปอกเปลือกหลังจากนั้นอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครั้งที่ปอกเปลือกแบบต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่อุณหภูมิ 25°C

ผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือกอายุเนื้อสองชั้นมีการผลิตเอทิลีนต่ำใกล้เคียงกับอายุเนื้อชั้นครึ่งโดยมีค่าประมาณ $200 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ และค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 8 วัน เมื่อปอกเปลือกแบบควั่นมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นกว่าผลไม่ปอกเปลือกเล็กน้อย ในวันแรกและเพิ่มขึ้นเป็น 6 เท่าในวันที่ 2 ก่อนที่จะลดลงมาอยู่ในระดับ $1000 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ หรือประมาณ 5 เท่าของผลที่ไม่ปอกเปลือก โดยใน 5 วันแรกนี้การผลิตเอทิลีนมีค่าใกล้เคียงกับมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งแต่หลังจากนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ $1700 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ ในวันสุดท้าย ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบเจียมีการผลิตเอทิลีนเพิ่มสูงขึ้นกว่าผลไม่ปอกเปลือกประมาณ 4 เท่า ในวันแรกและเพิ่มขึ้นเป็น 13 เท่าในวันที่ 2 ก่อนที่จะลดลงมาอยู่ในระดับ $1500 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ ในวันที่ 5 ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างจากมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งมากนัก แต่หลังจากนั้นการผลิตเอทิลีนมีเพิ่มขึ้นถึงประมาณ $2800 \text{ nLC}_2\text{H}_4\text{kg}^{-1}\text{hr}^{-1}$ แล้วคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่ปอกเปลือกแบบต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

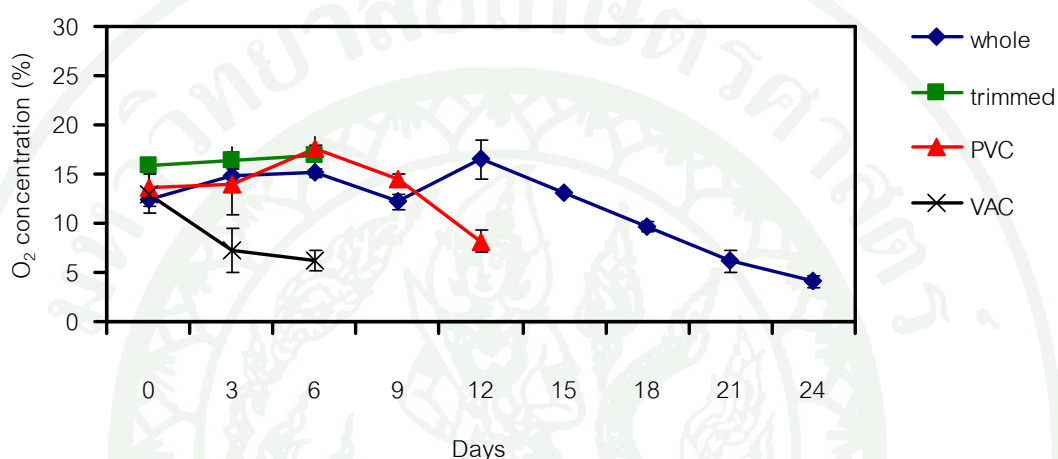
การทดลองที่ 2 การแลกเปลี่ยนก๊าซของเปลือกผลและคุณภาพมะพร้าวอ่อน

ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp

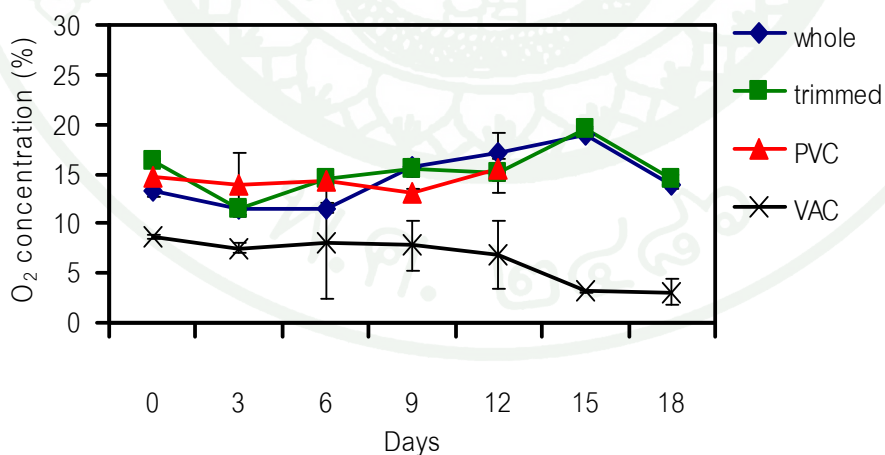
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 7) ในวันเริ่มต้นผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 13% (ภาพที่ 7) แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 15% ในช่วงวันที่ 3-6 และลดลงเล็กน้อยเหลือ 13% ในวันที่ 9 จากนั้นเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนมีค่าประมาณ 17% ในวันที่ 12 หลังจากนั้นมียาลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือเพียง 5% ในวันที่ 24 ของการเก็บรักษา ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 15% ในวันแรกและมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp เพิ่มขึ้นจาก 13% ในวันเริ่มต้นจนสูงสุดในวันที่ 6 ที่ 17% หลังจากนั้นมียาลดลงจนเหลือเพียง 7% เมื่อเก็บรักษาได้ 12 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 13% ในวันแรกของการเก็บรักษาลดลงจนเหลือเพียง 6% เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเพียงวันที่ 6 (ภาพที่ 7)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (ภาพที่ 8) ในวันแรกผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 14% คงที่ถึงวันที่ 6 จากนั้นเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าประมาณ 20% ในวันที่ 15 แล้วลดลงอีกครั้งเหลือประมาณ 15% ในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 16% ในวันแรกแล้วลดลงเหลือ 12% ในวันที่ 3 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 15% ในวันที่ 6 และคงที่จนถึงวันที่ 12 แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 20% ในวันที่ 15 แล้วลดลงอีกครั้งเหลือประมาณ 15% ในวันที่ 18 ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 15% ในวันแรกแล้วคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศเริ่มต้นมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 9% คงที่จนถึงวันที่ 9 วัน จากนั้นลดลงอย่างต่อเนื่องจนเหลือเพียง 3% ในวันที่ 15 หลังจากนั้นคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาถึง 12 วันแรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ใกล้เคียงกับที่อุณหภูมิ 25°C แต่หลังจากนั้นจนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนมากกว่าที่อุณหภูมิ 25°C ประมาณ 10% ยกเว้นผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดต่ำลงต่อเนื่องและไม่ต่างจากการเก็บรักษาที่ 25°C



ภาพที่ 7 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ของมะพร้าวผลอ่อน อายุเนื้อมันครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

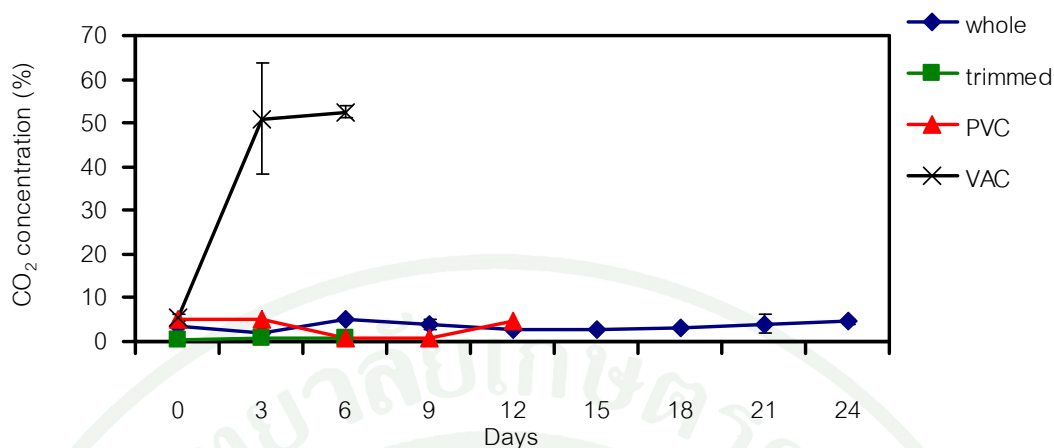


ภาพที่ 8 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp ของมะพร้าวผลอ่อน อายุเนื้อมันครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

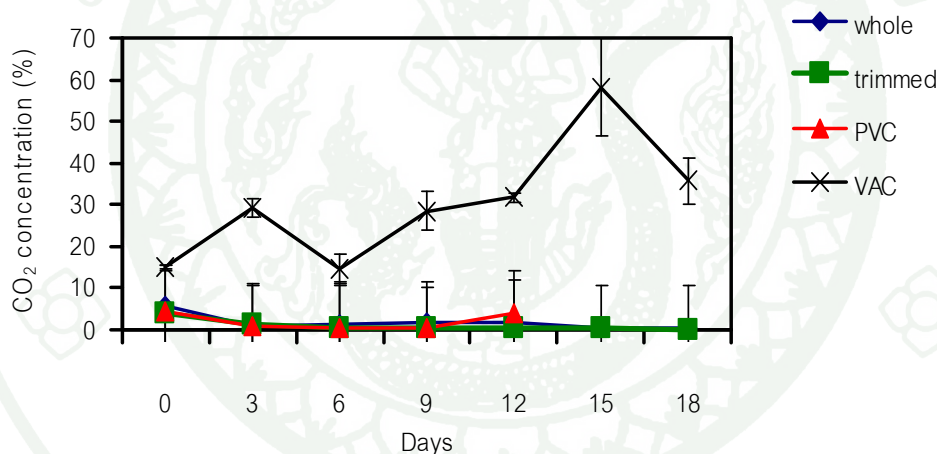
ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันแรกผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 1.2% และค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มในวันแรกมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในเปลือกชั้น mesocarp ในวันแรกประมาณ 0.9% และคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 วัน ขณะที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือกจนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือกในวันแรกแต่เพิ่มขึ้นจนมีค่ามากกว่า 50% ในวันที่ 3 แล้วคงที่จนหมดอายุการเก็บรักษา 6 วัน (ภาพที่ 9)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันแรกผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ประมาณ 0.9% ลดลงเหลือ 0.5% ในวันที่ 3 หลังจากนั้นคงที่ตลอดอายุของการเก็บรักษา 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ในวันแรกใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือกและคงที่ตลอดของอายุการเก็บรักษาเพียง 18 และ 12 วัน ตามลำดับ ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp สูงถึง 13% ตั้งแต่วันแรกและเพิ่มขึ้นจนมีความเข้มข้น 35% ในช่วงวันที่ 3 -12 จากนั้นเพิ่มขึ้นจนสูงสุดประมาณ 60% ในวันที่ 15 แล้วลดลงเหลือประมาณ 40% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นั้นผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ใกล้เคียงกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ยกเว้นผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศ โดยมีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 6 วันแรกของการเก็บรักษาต่ำกว่าที่ 25°C แต่หลังจากนั้นมีความเข้มข้นสูงขึ้นมาก (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



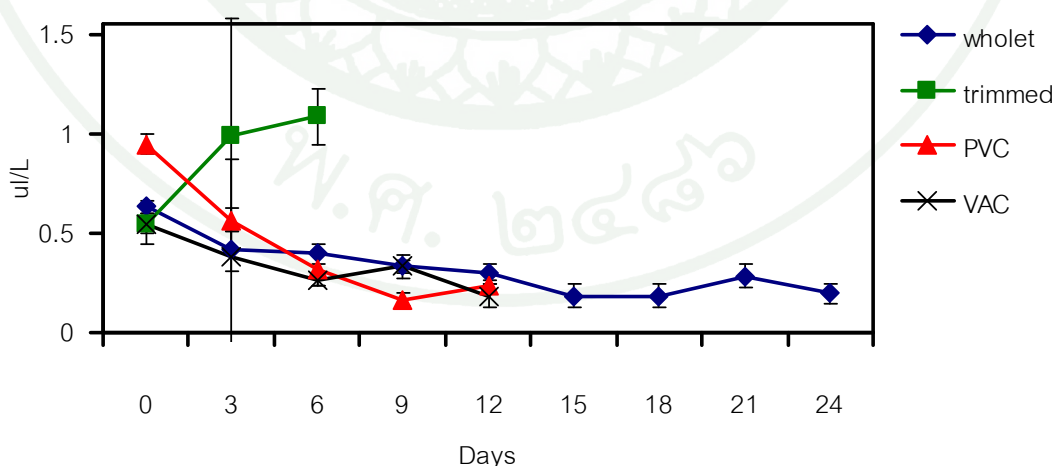
ภาพที่ 10 ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกชั้น mesocarp ของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าว

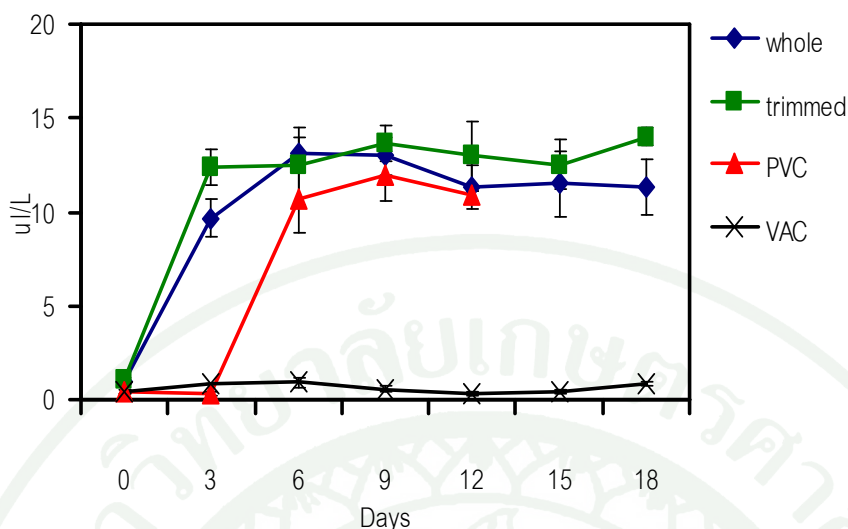
ในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันแรกผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวประมาณ 0.6 $\mu\text{L/L}$ จากนั้นลดลงจนมีค่าประมาณ 0.2 $\mu\text{L/L}$ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้น

จาก 0.6 $\mu\text{L/L}$ ในวันเริ่มต้นเป็น 1.2 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 3 จากนั้นลดลงเหลือ 1 $\mu\text{L/L}$ เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นประมาณ 1 $\mu\text{L/L}$ ในวันเริ่มต้น จากนั้นลดลงจนเหลือประมาณ 0.2 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 9 แล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 12 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นประมาณ 0.6 $\mu\text{L/L}$ ในวันแรก จากนั้นลดลงเหลือ 0.1 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 3 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 0.4 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 9 แล้วลดลงเหลือ 0.3 $\mu\text{L/L}$ ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 12 วัน (ภาพที่ 11)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันแรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนประมาณ 1 $\mu\text{L/L}$ หลังจากนั้นผลที่ไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 9 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 3 แล้วเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยระหว่างวันที่ 6-9 แล้วมีความเข้มข้นคงที่อยู่ที่ประมาณ 11 $\mu\text{L/L}$ จนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 13 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 3 แล้วคงที่จนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นคงที่จนถึงวันที่ 3 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 10 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 6 แล้วคงที่จนถึงสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาเพียง 12 วัน ซึ่งผลมะพร้าวทั้ง 3 แบบนี้มีความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวมากกว่าที่อุณหภูมิ 25°C ประมาณ 7 เท่า ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นคงที่ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน และมีความเข้มข้นไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 °C (I แสดงค่า SD)



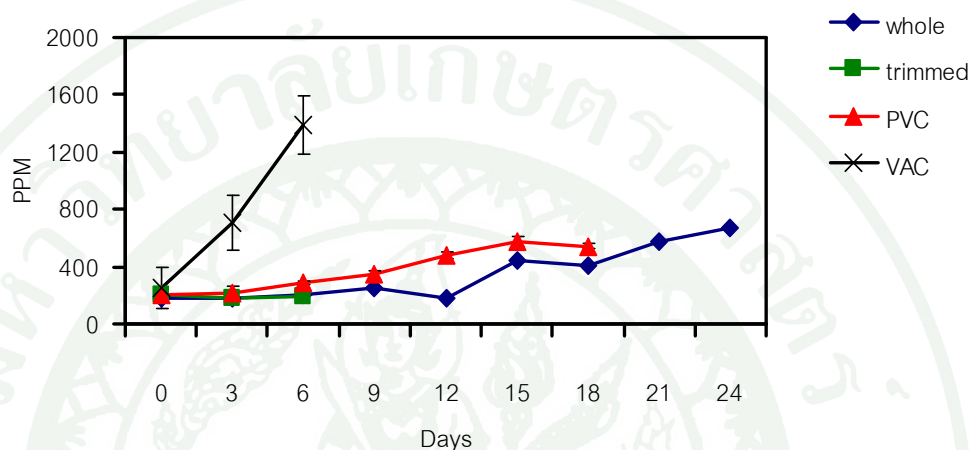
ภาพที่ 12 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ เนื้อชิ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 °C (I แสดงค่า SD)

ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าว

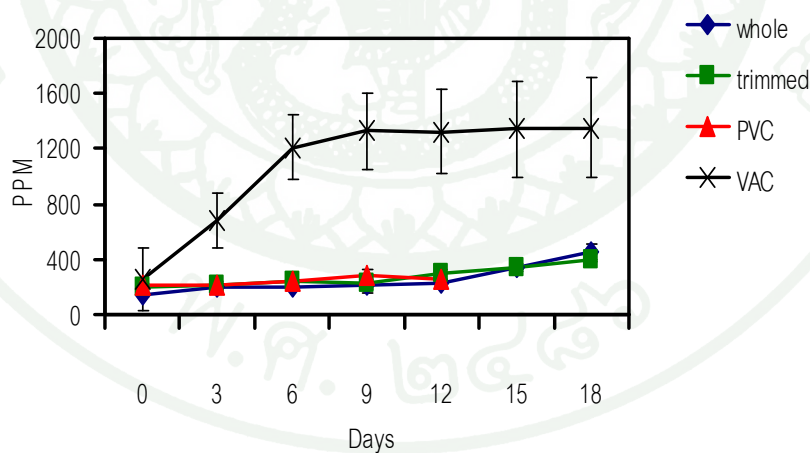
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันที่แรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวประมาณ 200 ppm ผลที่ไม่ปกเปลือกความเข้มข้นค่อยๆเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างจนมีค่าประมาณ 600 ppm ในวันที่ 24 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นคงที่จนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษาเพียง 6 วัน เพราะมีเชื้อราเกิดขึ้นมาก ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 500 ppm ในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษา 6 วัน จนมีค่าประมาณ 1500 ppm (ภาพที่ 13)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันที่แรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 200 ppm หลังจากนั้นผลที่ไม่ปกเปลือกและผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีค่าประมาณ 400 ppm ในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 250 ppm ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียง 12 วัน ซึ่งผลมะพร้าว

ทั้ง 3 แบบนี้มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 25°C เล็กน้อยส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 1300 ppm ในวันที่ 6 โดยใน 6 วันแรกนี้มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 25°C หลังจากนั้นมีความคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื่อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

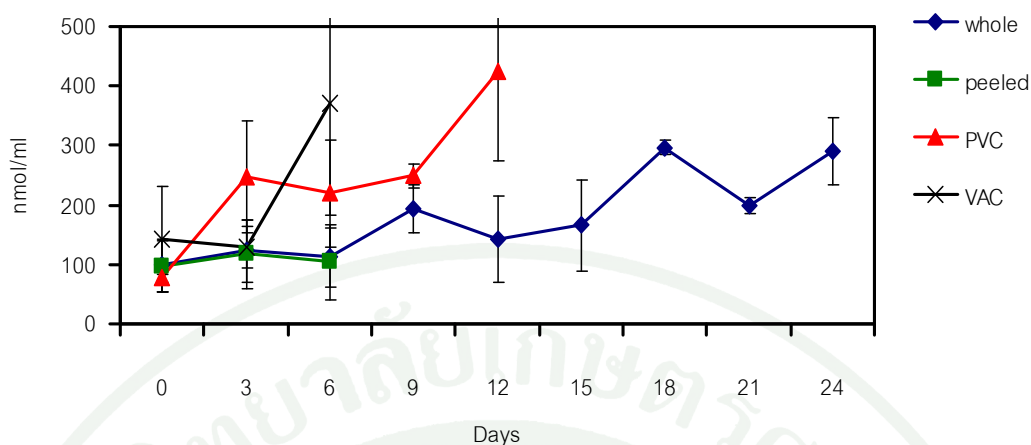


ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื่อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

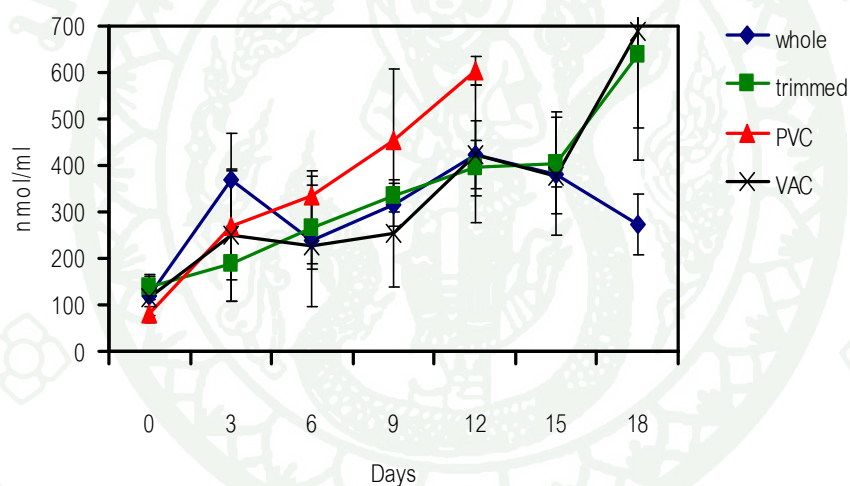
ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าในวันแรกของการเก็บรักษาผลที่ไม่ปกเปลือกมีปริมาณ MDA ในน้ำมะพร้าวประมาณ 100 nmol/ml จากนั้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 300 nmol/ml ในวันที่ 24 ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีค่าคงที่ประมาณ 100 nmol/ml ตั้งแต่วันแรกจนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษาโดยมีเวลาเพียง 6 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นจาก 100 nmol/ml ในวันแรกจนมีค่าประมาณ 250 nmol/ml ในวันที่ 3 จากนั้นคงที่จนถึงวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 400 nmol/ml ในวันที่ 12 ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีปริมาณ MDA ลดลงเล็กน้อยจากประมาณ 150 nmol/ml ในวันแรกเหลือประมาณ 100 nmol/ml ในวันที่ 3 จากนั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากจนมีค่าประมาณ 400 nmol/ml ในวันที่ 6 (ภาพที่ 15)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันแรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณ MDA ประมาณ 100 nmol/ml ผลที่ไม่ปกเปลือกมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 380 nmol/ml ในวันที่ 3 จากนั้นลดลงเหลือ 250 nmol/ml ในวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 400 nmol/ml ในวันที่ 12 แล้วลดลงจนมีค่าประมาณ 250 nmol/ml เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีปริมาณเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 400 nmol/ml ในวันที่ 15 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 600 nmol/ml ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนมีค่าประมาณ 600 nmol/ml ใน 12 วัน ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้ม และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ไม่ปกเปลือกและผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีปริมาณ MDA มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปกเปลือกแบบควั่นบรรจุแบบสุญญากาศมีปริมาณ MDA ไม่ต่างจากการเก็บรักษาที่ 25°C (ภาพที่ 16)



ภาพที่ 15 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ เนื้อชิ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



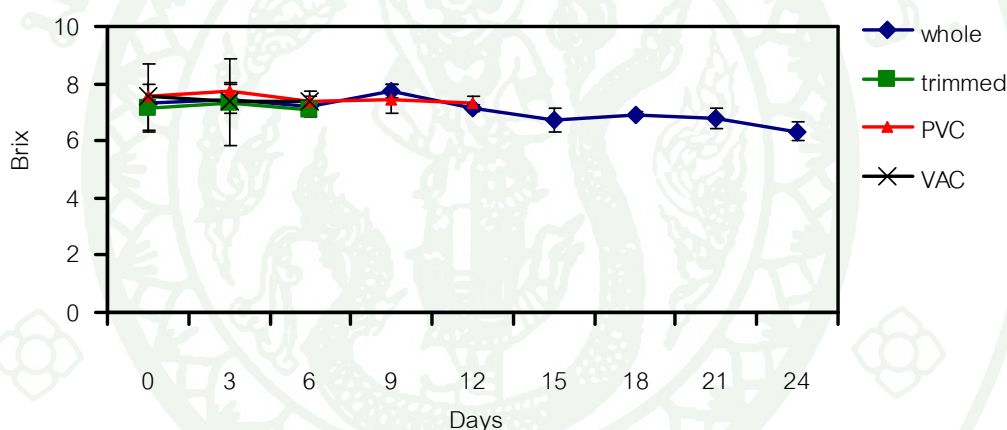
ภาพที่ 16 ปริมาณ Malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ เนื้อชิ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในน้ำมะพร้าว

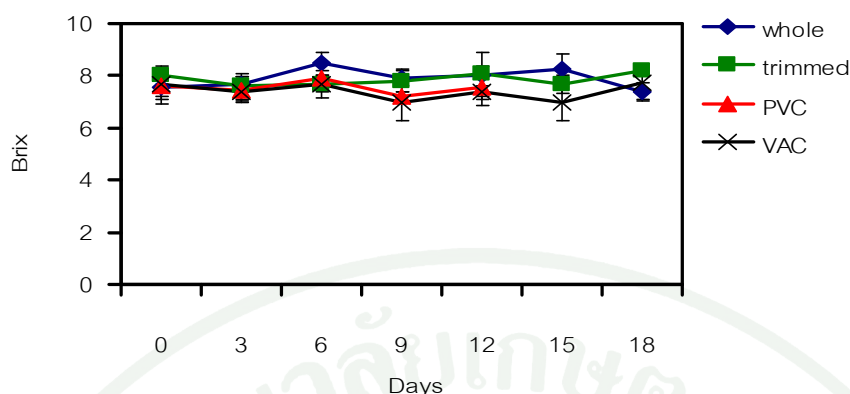
ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันแรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 7.6 °Brix ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ค่อยๆลดลงเหลือประมาณ 6.5 °Brix และมีอายุการเก็บรักษา 24 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้ว

ห่อหุ้มแบบสุญญากาศ มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้คงที่ประมาณ 7 °Brix และมีอายุการเก็บรักษาได้นาน 6 วัน 12 วัน และ 6 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 17)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันที่แรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 7.6 °Brix หลังจากนั้นผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่มากนักและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้ม ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน 12 วัน และ 18 วัน ตามลำดับ และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C นี้ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 18)



ภาพที่ 17 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ
เนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



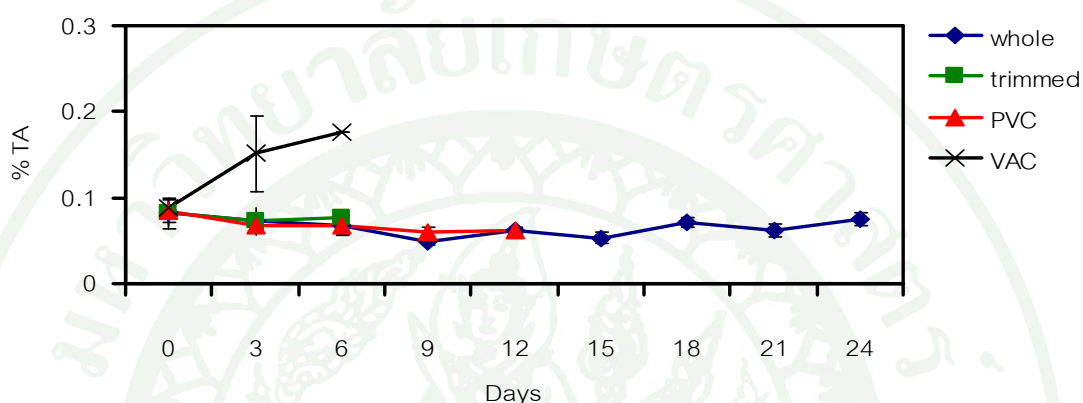
ภาพที่ 18 ของแข็งที่ละลายน้ำได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้

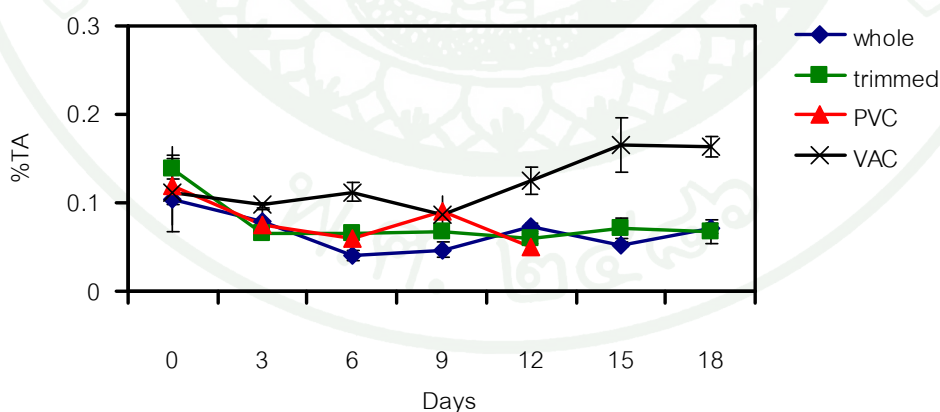
การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันแรกผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ประมาณ 0.08% ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ลดลงเหลือ 0.05% ในวันที่ 9 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 0.08% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบคว้นไม่ห่อหุ้มและผลที่ปอกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือก แต่มีอายุการเก็บรักษาได้ 6 และ 12 วันตามลำดับ ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้เพิ่มสูงขึ้นตลอดอายุการเก็บรักษาจนมีค่าประมาณ 0.18% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 6 วัน ซึ่งมีค่าประมาณ 2 เท่าจากผลที่ไม่ได้ปอกเปลือก (ภาพที่ 19)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ประมาณ 0.1% ในวันเริ่มต้นการเก็บรักษาแล้วลดลงเหลือประมาณ 0.04% ในวันที่ 9 หลังจากนั้นเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยจนมีค่าประมาณ 0.07% วันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลที่ปอกเปลือกแบบคว้นไม่ห่อหุ้มมีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้สูงกว่าผลที่ไม่ปอกเปลือกตั้งแต่วันแรกโดยมีค่าประมาณ 0.14% แล้วลดลงจนมีค่าประมาณ 0.07% ในวันที่ 3 แล้วคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ประมาณ 0.12% ในวันเริ่มต้นแล้วลดลงจนมีค่าประมาณ 0.07% ในวันที่ 6 จากนั้นเพิ่มสูงขึ้นเป็น 0.08% ในวันที่ 9 แล้วลงต่ำลงอีกครั้งเป็น 0.05% ในวันสุดท้ายของการเก็บ

รักษาที่ 12 วัน ซึ่งผลมะพร้าวทั้ง 3 รูปแบบนี้มีปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25° ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ประมาณ 0.12% ในวันเริ่มต้นแล้วคงที่ถึงวันที่ 6 ซึ่งมีค่าสูงกว่าผลแบบอื่นๆ และสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C แล้วลดลงเล็กน้อยเหลือ 0.08% ในวันที่ 9 หลังจากนั้นเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าประมาณ 0.15% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน (ภาพที่ 20)



ภาพที่ 19 ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ
เนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



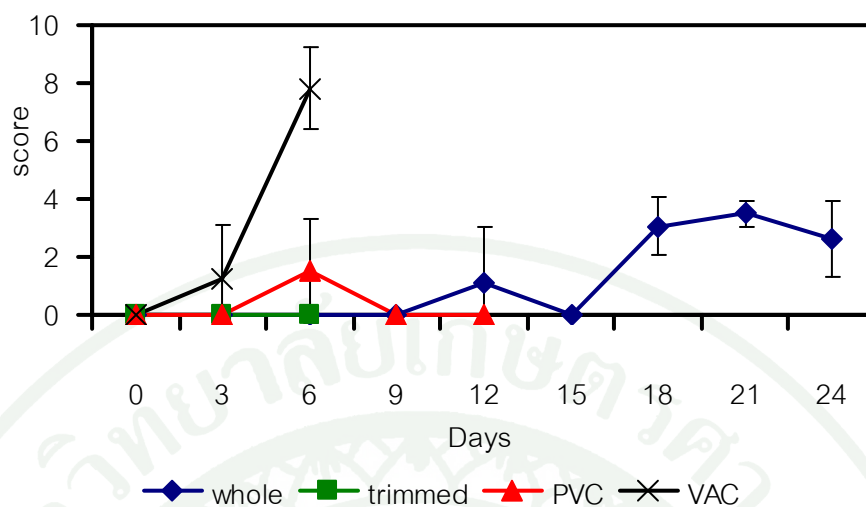
ภาพที่ 20 ปริมาณกรดที่ไทเตรตได้ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ
เนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

การประเมินรสชาติด้วยประสาทสัมผัส

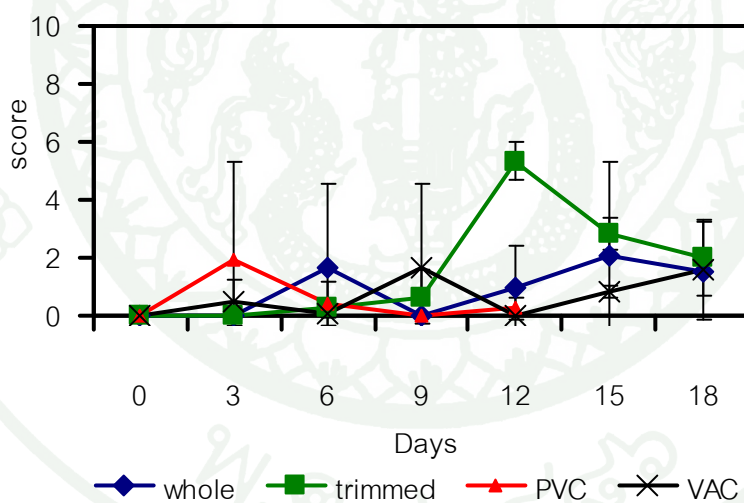
กลิ่นผิดปกติ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันเริ่มต้นผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์หรือไม่มีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้น ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์จนถึงวันที่ 9 หลังจากนั้นคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 1 คะแนนในวันที่ 12 แล้วลดลงเหลือศูนย์ในวันที่ 15 จากนั้นมีคะแนนสูงขึ้นจนมีคะแนน 3 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มไม่มีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นในการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์ถึงวันที่ 3 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนนในวันที่ 6 แล้วลดลงเป็นศูนย์อีกครั้งตั้งแต่วันที่ 9 จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 12 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนเพิ่มขึ้นอย่างมากจนมีคะแนนประมาณ 8.5 คะแนนเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาเพียง 6 วัน (ภาพที่ 21)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์ในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 3 และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 2 คะแนนในวันที่ 6 หลังจากนั้นค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 ในวันที่ 15 แล้วลดลงเหลือ 1.5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน เนื่องจากไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ชิมเพราะกลิ่นที่ผิดปกติและรสสัมผัสที่ผิดแปลกออกไปจากผลสด ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์ในวันเริ่มต้นและเพิ่มขึ้นจนมีคะแนน 5 คะแนนในวันที่ 12 แล้วลดลงเล็กน้อยจนเหลือ 1.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วันเช่นเดียวกับผลไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนการชิมเป็นศูนย์ในวันเริ่มต้นแล้วเพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนนในวันที่ 3 แล้วลดลงจนเหลือประมาณ 0.5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 12 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนการชิมเป็นศูนย์ถึงวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนนในวันที่ 9 หลังจากนั้นจะลดลงในวันที่ 12 แล้วค่อยเพิ่มขึ้นอีกครั้งจนเป็น 2 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน (ภาพที่ 22)



ภาพที่ 21 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

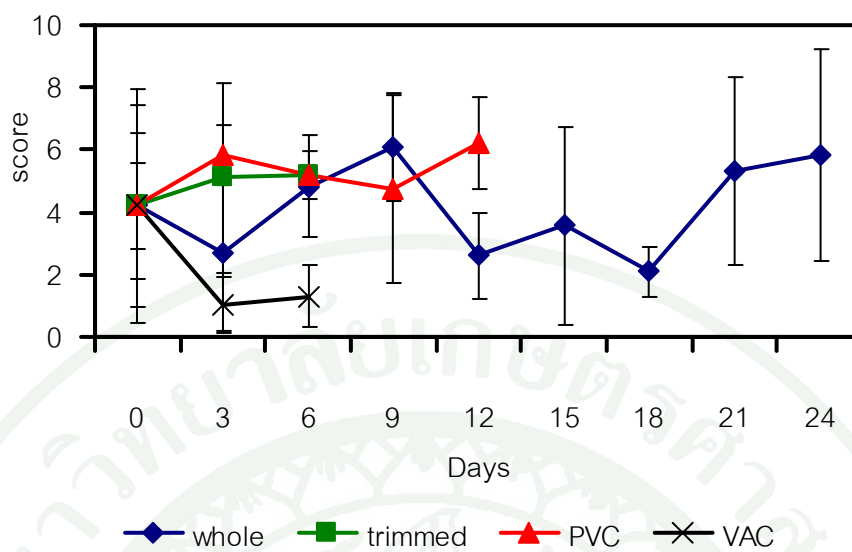


ภาพที่ 22 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

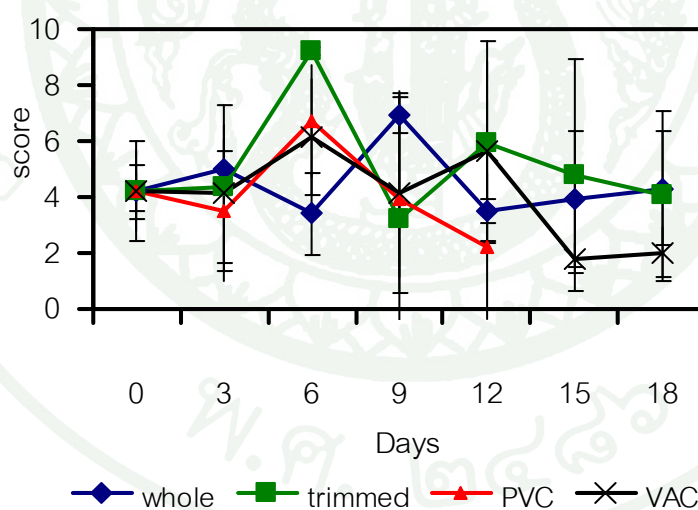
ความหอม

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความหอมในวันเริ่มต้นโดยเฉลี่ย 4.2 คะแนน ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนลดลงเหลือ 2.2 คะแนนในวันที่ 3 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีคะแนนประมาณ 6 คะแนนในวันที่ 9 จากนั้นลดลงเหลือประมาณ 2 คะแนนในวันที่ 18 แล้วมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 6 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีคะแนนความหอมไม่เปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 6 คะแนนในวันที่ 3 จากนั้นลดลงเล็กน้อยจนมีคะแนนประมาณ 5 คะแนนในวันที่ 9 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีคะแนนประมาณ 7 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 12 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนลดลงเหลือประมาณ 1 คะแนนในวันที่ 3 หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็นประมาณ 1.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียง 6 วัน (ภาพที่ 23)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความหอมในวันเริ่มต้นโดยเฉลี่ย 4.2 คะแนน ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 5 คะแนนในวันที่ 3 หลังจากนั้นลดลงเหลือ 3.5 คะแนนในวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 6.5 คะแนนในวันที่ 9 แล้วลดลงเหลือ 3.5 คะแนนในวันที่ 12 จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มพลาสติกและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนความหอมไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกและเก็บรักษาได้ 18 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกแต่เก็บรักษาได้เพียง 12 วัน ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนั้นมีคะแนนความหอมไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิสูงโดยมีคะแนนความหอมอยู่ระหว่าง 3-6 คะแนน ยกเว้นผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วบรรจุแบบสุญญากาศเก็บรักษาที่ 25°C มีคะแนนลดลงต่ำลงมาก (ภาพที่ 24)



ภาพที่ 23 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

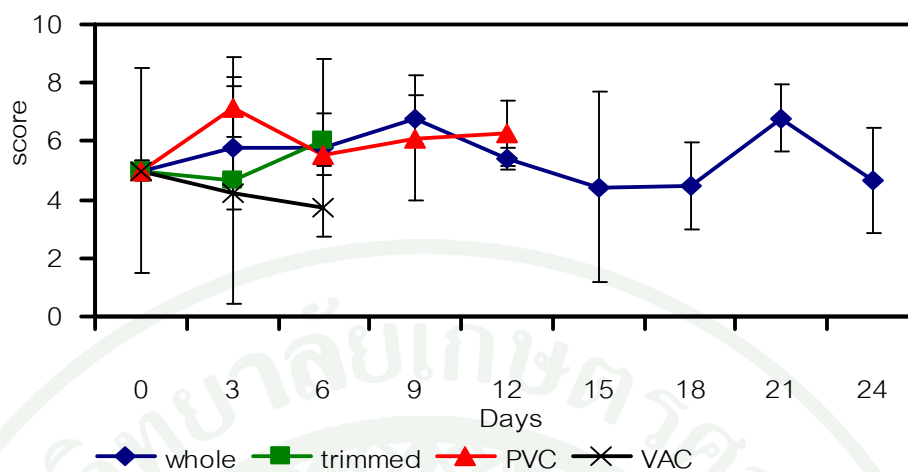


ภาพที่ 24 คะแนนความหอมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

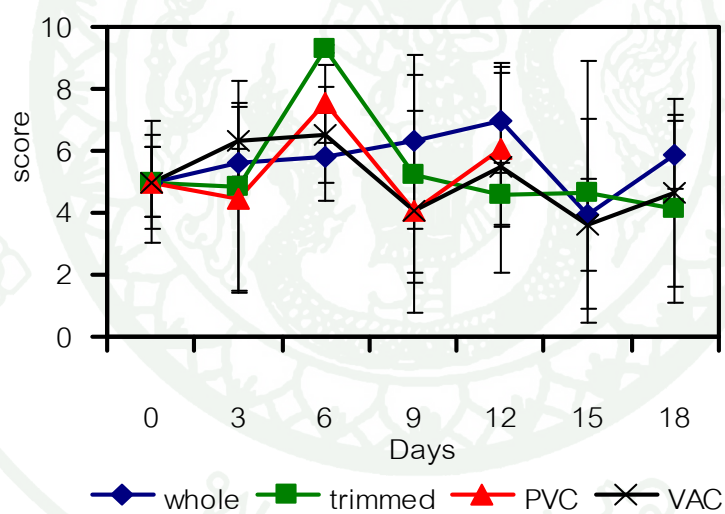
ความหวาน

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความหวานเฉลี่ยในวันเริ่มต้นประมาณ 5 คะแนน ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนเพิ่มขึ้นเป็น 6 คะแนนในวันที่ 3 จากนั้นคงที่ถึงวันที่ 6 แล้วจึงเพิ่มขึ้นเป็น 7 คะแนนในวันที่ 9 แล้วลดลงจนเหลือประมาณ 4.5 คะแนนในวันที่ 15 จากนั้นคงที่ถึงวันที่ 18 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 6 คะแนนอีกครั้งในวันที่ 21 จากนั้นลดลงเหลือ 4.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกและผลที่ปอกเปลือกห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนความหวานไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกแต่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 และ 12 วันตามลำดับ ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนความหวานไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกแต่มีคะแนนลดลงมากในช่วงการเก็บรักษาเพียง 6 วัน (ภาพที่ 25)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความหวานในวันเริ่มต้นประมาณ 5 คะแนน โดยผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนการเพิ่มขึ้นเป็น 7 คะแนนในวันที่ 12 จากนั้นลดลงเหลือ 4 คะแนนในวันที่ 15 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 6 คะแนนในวันที่ 18 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มพลาสติก ผลที่ปอกเปลือกห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนความหวานไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษา 18, 12 และ 18 วันตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีคะแนนความหวานไม่แตกต่างจากที่อุณหภูมิ 25°C โดยมีคะแนนเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 4-8 คะแนน (ภาพที่ 26)



ภาพที่ 25 คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

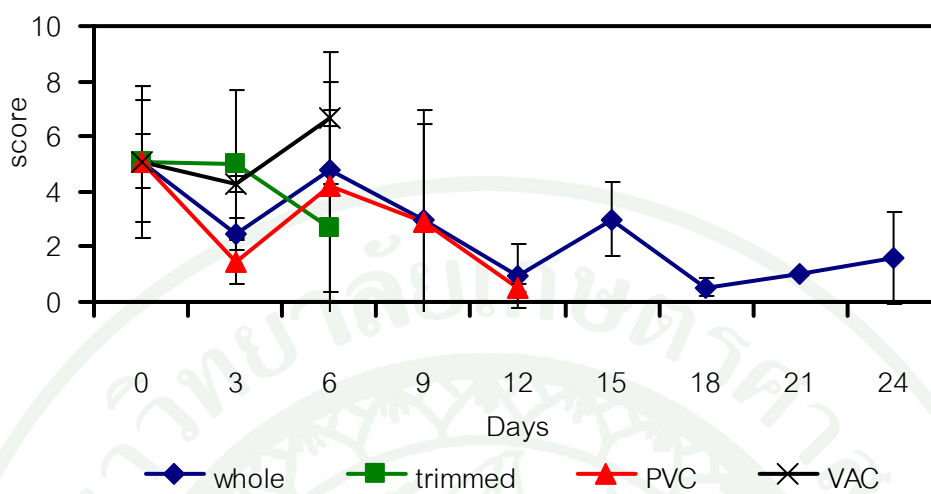


ภาพที่ 26 คะแนนความหวานในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

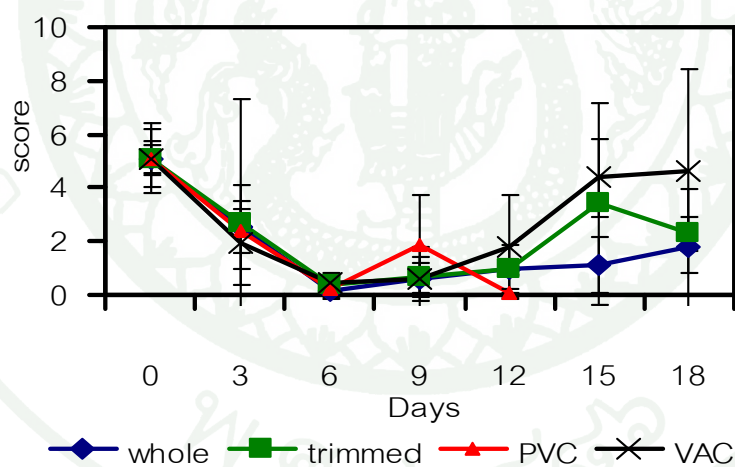
ความเปรี้ยว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความเปรี้ยวโดยเฉลี่ยในวันเริ่มต้นประมาณ 5 คะแนน ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนลดลงเหลือประมาณ 2.2 คะแนนในวันที่ 3 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 4.5 คะแนนในวันที่ 6 แล้วลดลงเหลือ 1 คะแนนในวันที่ 12 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 3 คะแนนในวันที่ 15 จากนั้นลดลงเหลือ 0.5 คะแนนในวันที่ 18 แล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนมีคะแนนประมาณ 1.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษา 6 และ 12 วันตามลำดับ ส่วนผลที่ปอกเปลือกห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนเพิ่มสูงขึ้นจนมีคะแนนอยู่ประมาณ 7 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียง 6 วันแต่มีคะแนนไม่แตกต่างจากผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 27)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนความเปรี้ยวในวันเริ่มต้นประมาณ 5 คะแนนโดยเฉลี่ย ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนลดลงเหลือ 3 คะแนนในวันที่ 3 จากนั้นลดลงเหลือ 0.5 คะแนนในวันที่ 6 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 2 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาในวันที่ 18 ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มพลาสติก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยพลาสติก PVC และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษา 18, 12 และ 18 วัน ตามลำดับ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีคะแนนความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากอุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 28)



ภาพที่ 27 คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

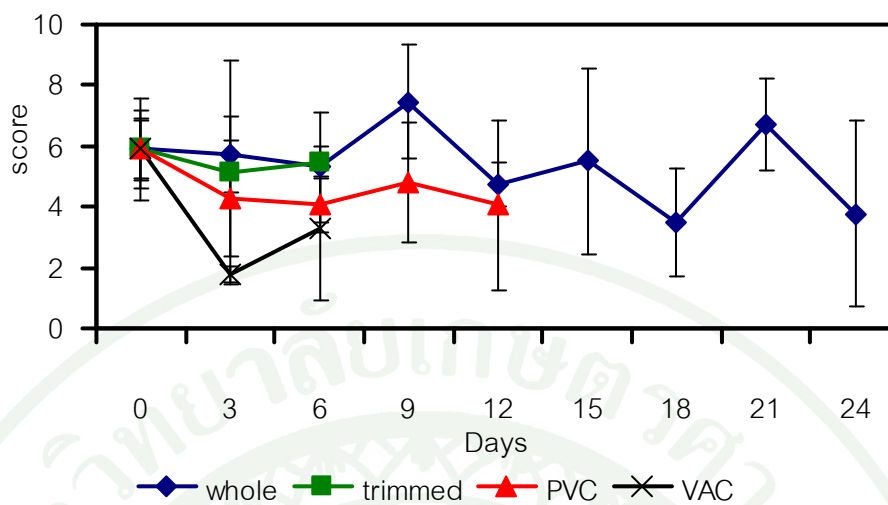


ภาพที่ 28 คะแนนความเปรี้ยวในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

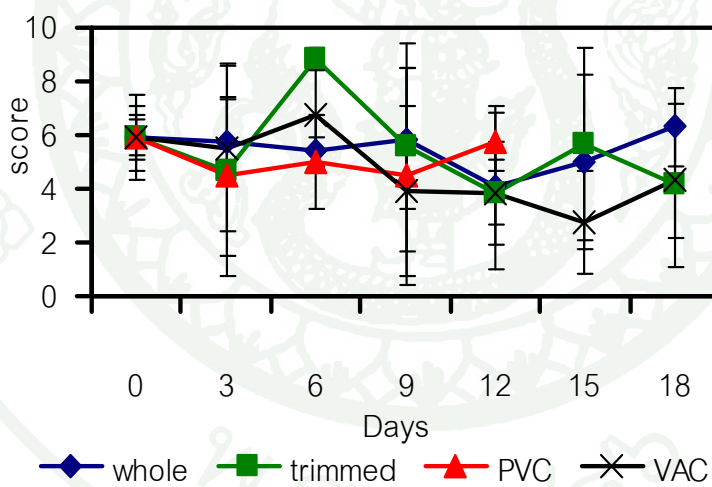
การยอมรับโดยรวม

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนการยอมรับในวันเริ่มต้นประมาณ 6 คะแนนโดยเฉลี่ย ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนคงที่ถึงวันที่ 6 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีคะแนนประมาณ 7.5 คะแนนในวันที่ 9 จากนั้นลดลงเหลือประมาณ 4 คะแนนในวันที่ 18 แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 6.5 คะแนนอีกครั้งในวันที่ 21 แล้วลดลงเหลือ 3 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 24 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกแต่มีอายุการเก็บรักษาเพียง 6 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนการยอมรับลดลงเหลือ 4 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียง 12 วันแต่ไม่แตกต่างจากผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือก ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับลดลงเหลือประมาณ 3.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาเพียง 6 วัน (ภาพที่ 29)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีคะแนนการยอมรับในวันเริ่มต้นประมาณ 6 คะแนนโดยเฉลี่ย ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนการยอมรับคงที่ถึงวันที่ 9 แล้วลดลงเหลือ 4 คะแนนในวันที่ 12 จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 6.5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 18 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มแบบสุญญากาศมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษา 18, 12 และ 18 วัน ตามลำดับ (ภาพที่ 30)



ภาพที่ 29 คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อขึ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



ภาพที่ 30 คะแนนการยอมรับโดยรวมในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอายุเนื้อขึ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

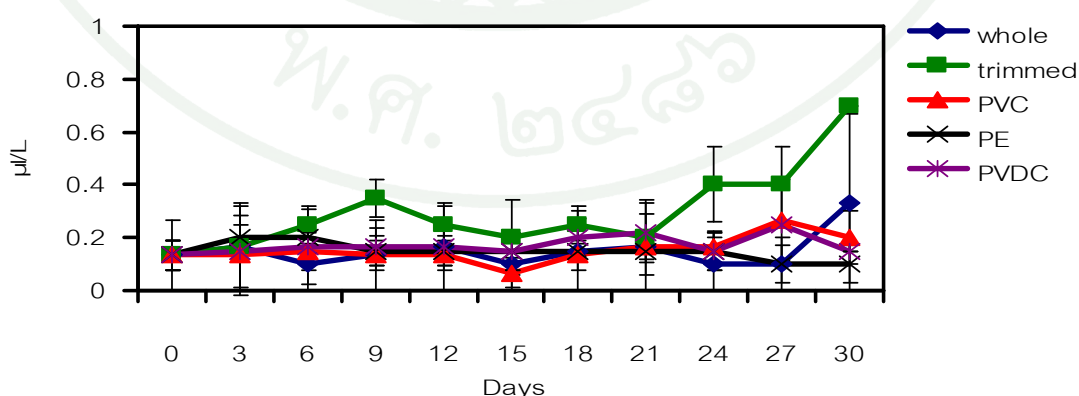
การทดลองที่ 3 ผลของรูปแบบการเก็บรักษาผลมะพร้าวอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพและกลิ่นรส

การทดลองที่ 3.1 ผลของอุณหภูมิ การปกและการห่อหุ้มผลมะพร้าวอ่อนด้วยฟิล์มแบบต่างๆ

ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว

การตรวจวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C ไม่พบออกซิเจนในน้ำมะพร้าวในทุกรูปแบบการห่อหุ้ม

ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C ของผลที่ไม่ปกเปลือกค่อนข้างต่ำประมาณ 0.15 $\mu\text{L/L}$ ในวันแรกและคงที่จนถึงวันที่ 27 ก่อนเพิ่มขึ้นเป็น 0.35 $\mu\text{L/L}$ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา เมื่อทำการปกเปลือกแบบคั่นไม้ห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกความเข้มข้นของออกซิเจนมีค่าเพิ่มขึ้นจากประมาณ 0.15 $\mu\text{L/L}$ ในวันแรกของการเก็บรักษาจนมีค่าประมาณ 0.25 และ 0.35 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 6 และ 9 หลังจากนั้นมีความลดลงเหลือ 0.25 $\mu\text{L/L}$ ในวันที่ 12 และมีค่าคงที่จนถึงวันที่ 21 หลังจากนั้นมีความเพิ่มขึ้นสูงสุด 0.7 $\mu\text{L/L}$ เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษา ส่วนผลที่ปกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาความเข้มข้นของออกซิเจนไม่แตกต่างทางสถิติจากผลมะพร้าวไม่ปกเปลือกโดยพบว่าอยู่ในช่วง 0.1-0.25 $\mu\text{L/L}$ (ภาพที่ 31)



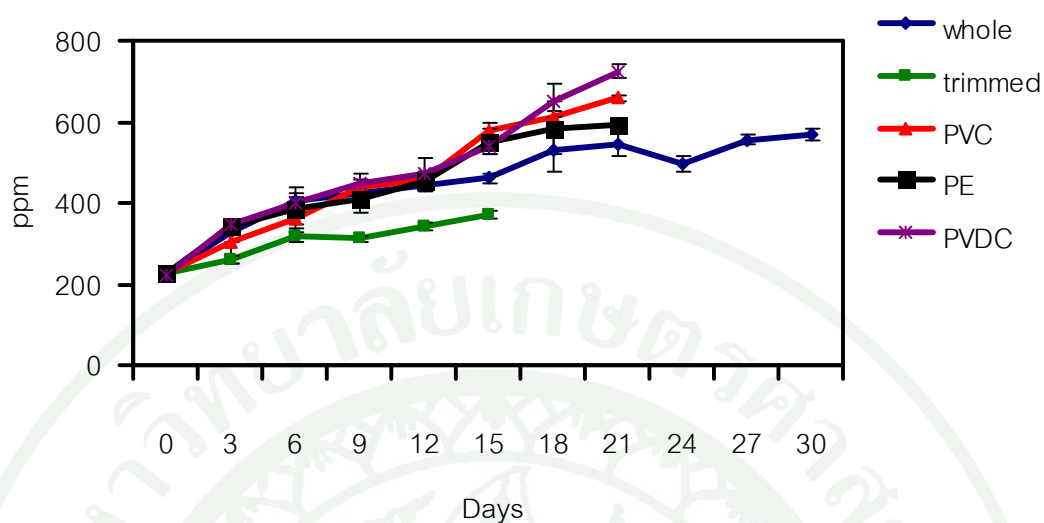
ภาพที่ 31 ความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื่อชิ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าว

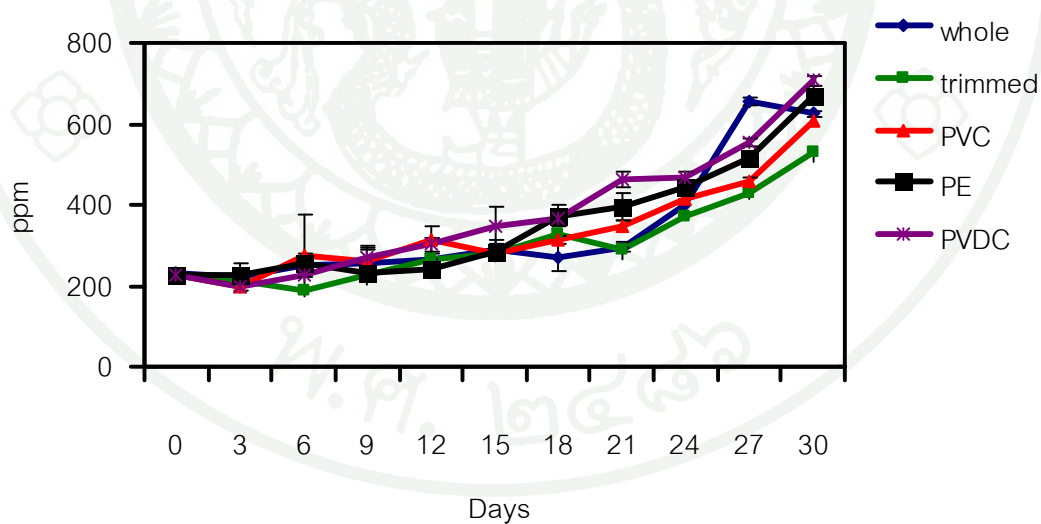
ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆมีค่าประมาณ 220 ppm ผลที่ไม่ปกเปลือกมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากวันแรกที่เก็บรักษาจนมีความเข้มข้น 500 ppm ในวันที่ 18 แล้วคงที่จนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษาในเวลา 30 วัน ในผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นน้อยกว่าผลไม่ปกเปลือกจนมีความเข้มข้น 350 ppm เมื่อสิ้นสุดอายุการเก็บรักษาที่ 15 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆ ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับผลไม่ปกเปลือกในช่วง 12 วันแรก จากนั้นมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมากกว่าผลไม่ปกเปลือกจนมีความเข้มข้น 600-700 ppm เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในเวลา 21 วัน (ภาพที่ 32)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ในวันแรกความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวรูปแบบต่างๆมีค่าประมาณ 220 ppm ผลที่ไม่ปกเปลือกมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นจากวันแรกจนมีค่าประมาณ 300 ppm ในวันที่ 21 ซึ่งช่วงนี้การเพิ่มขึ้นของเอทิลแอลกอฮอล์น้อยกว่าการเก็บรักษาที่ 25°C ประมาณ 300 ppm จากนั้นความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 550 ppm ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกและผลที่ปกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆมีระดับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นคล้ายกับผลที่ไม่ปกเปลือก และมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์น้อยกว่าที่ 25°C ประมาณ 150-200 ppm แต่ในช่วง 21-30 วันของการเก็บรักษาผลที่ปกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มฟิล์มมีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ต่ำที่สุด ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVDC มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์สูงกว่าผลที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE, PVC และผลที่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มตามลำดับ (ภาพที่ 33) ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C ในช่วง 18 วันแรกมีค่าต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 25°C แต่หลังจากนั้นมีความเข้มข้นสูงขึ้นจนมีค่าใกล้เคียงกับที่ 25°C เมื่อเทียบที่วันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 33)

ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25 และ 4°C ของการทดลองครั้งนี้ไม่แตกต่างจากการทดลองที่ 2 ยกเว้นผลมะพร้าวที่ปกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มแบบสุญญากาศในการทดลองที่ 2 มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์สูงกว่ามาก



ภาพที่ 32 ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อ
ชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

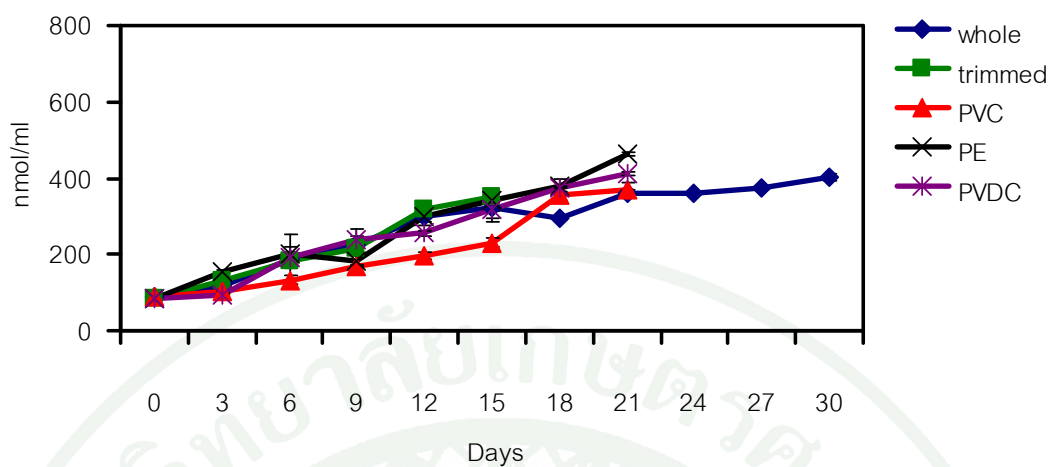


ภาพที่ 33 ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อ
ชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

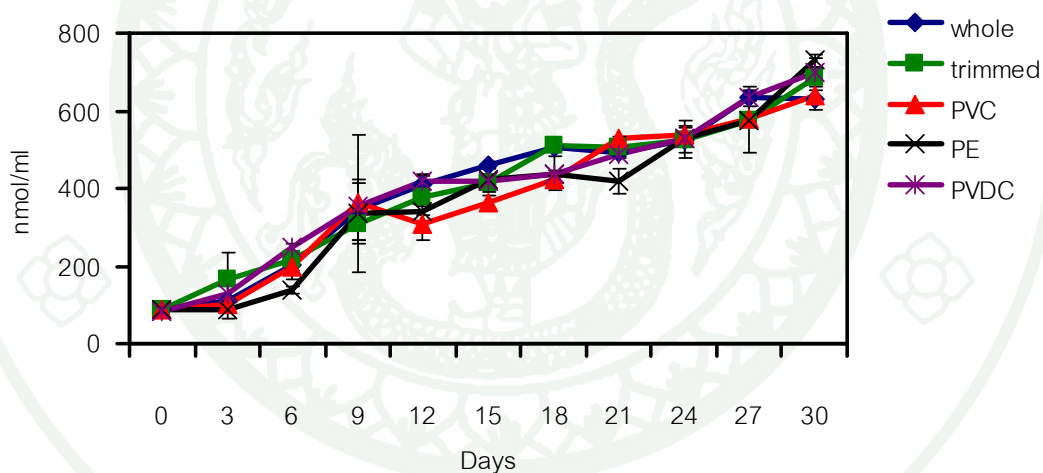
ปริมาณ malondialdehyde

ในวันเริ่มต้นผลมะพร้าวทุกชนิดมีปริมาณ MDA ใกล้เคียงกันประมาณ 100 nmol/ml การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ทำให้ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 350 nmol/ml ในวันที่ 21 จากนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 400 nmol/ml ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ขณะที่ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มฟิล์มมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 350 nmol/ml เมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาในเวลา 15 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVC, PE และ PVDC มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 350, 450 และ 450 nmol/ml ตามลำดับเมื่อสิ้นสุดการเก็บรักษาที่ 21 วัน (ภาพที่ 34)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์ม และผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆมีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นตลอดการเก็บรักษา โดยมีค่าเพิ่มขึ้นจากประมาณ 100 nmol/ml ในวันเริ่มต้นของการเก็บรักษาจนมีค่าประมาณ 700 nmol/ml ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วันและมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ MDA ในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C นั้นมีปริมาณ MDA ประมาณ 400 nmol/ml ตั้งแต่วันที่ 12 ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ปริมาณ MDA ที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับ 400 nmol/ml ต้องใช้เวลาประมาณ 18 วันในผลที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มหรือห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆ ส่วนผลที่ไม่ปอกเปลือกต้องใช้เวลา 30 วัน (ภาพที่ 35) และปริมาณ MDA ของการทดลองครั้งนี้มีค่าไม่แตกต่างจากปริมาณ MDA ที่วัดได้ในการทดลองที่ 2



ภาพที่ 34 ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุ เนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



ภาพที่ 35 ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อ ชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

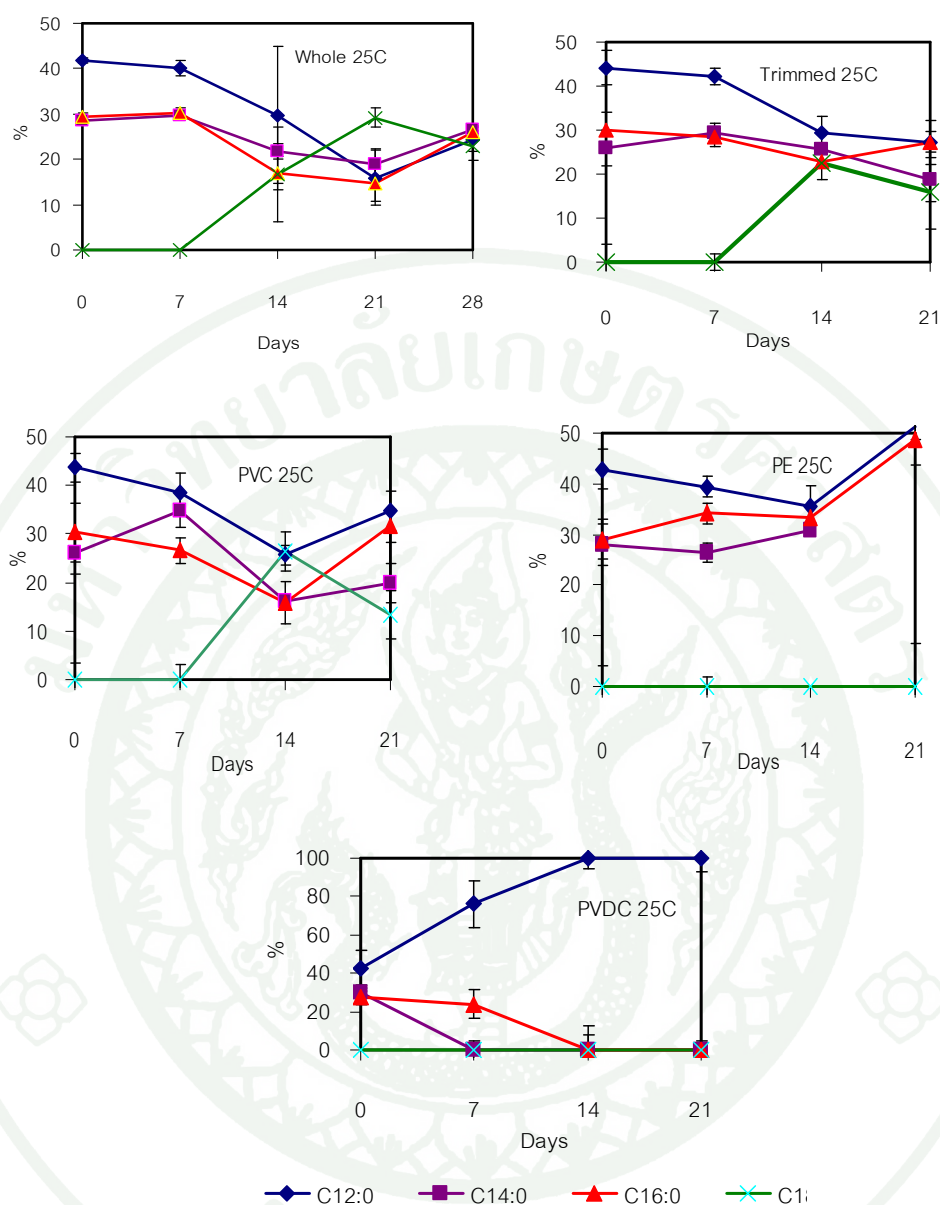
การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเมื่อเก็บรักษาผลมะพร้าวที่ 25°C

ในผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 36 ก) เมื่อเริ่มต้นน้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันเพียง 3 ชนิดคือ lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด โดยมีปริมาณร้อยละ 42, 28 และ 30 ของกรดไขมันที่มีในน้ำมันมะพร้าว และพบว่ากรดไขมันเหล่านี้มีสัดส่วนลดน้อยลงระหว่างการเก็บรักษาเมื่อเก็บรักษาไว้ 21 วัน และในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28 วันมีกรดไขมันทุกชนิดประมาณร้อยละ 27 สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) จะปรากฏขึ้น เมื่อเก็บรักษาได้ 14 วัน โดยมีค่าประมาณร้อยละ 17 และเพิ่มขึ้นเป็นเกือบ 30% เมื่อเก็บรักษาได้ 21 วัน หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อย

ในผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก (ภาพที่ 36 ข) หรือห่อด้วยฟิล์ม PVC (ภาพที่ 36 ค) มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันชนิดต่างๆใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือกแต่วันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วัน มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) ต่ำกว่าผลไม่ปอกเปลือกประมาณร้อยละ 10

ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ภาพที่ 36 ง) ปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวที่พบทั้งสามชนิดไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในการเก็บรักษา 14 วันแรก หลังจากนั้นพบกรดไขมันอิ่มตัว lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0) เพิ่มขึ้นแต่ไม่พบ palmitic acid (C16:0) ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วัน ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) ตรวจไม่พบแต่อย่างใด

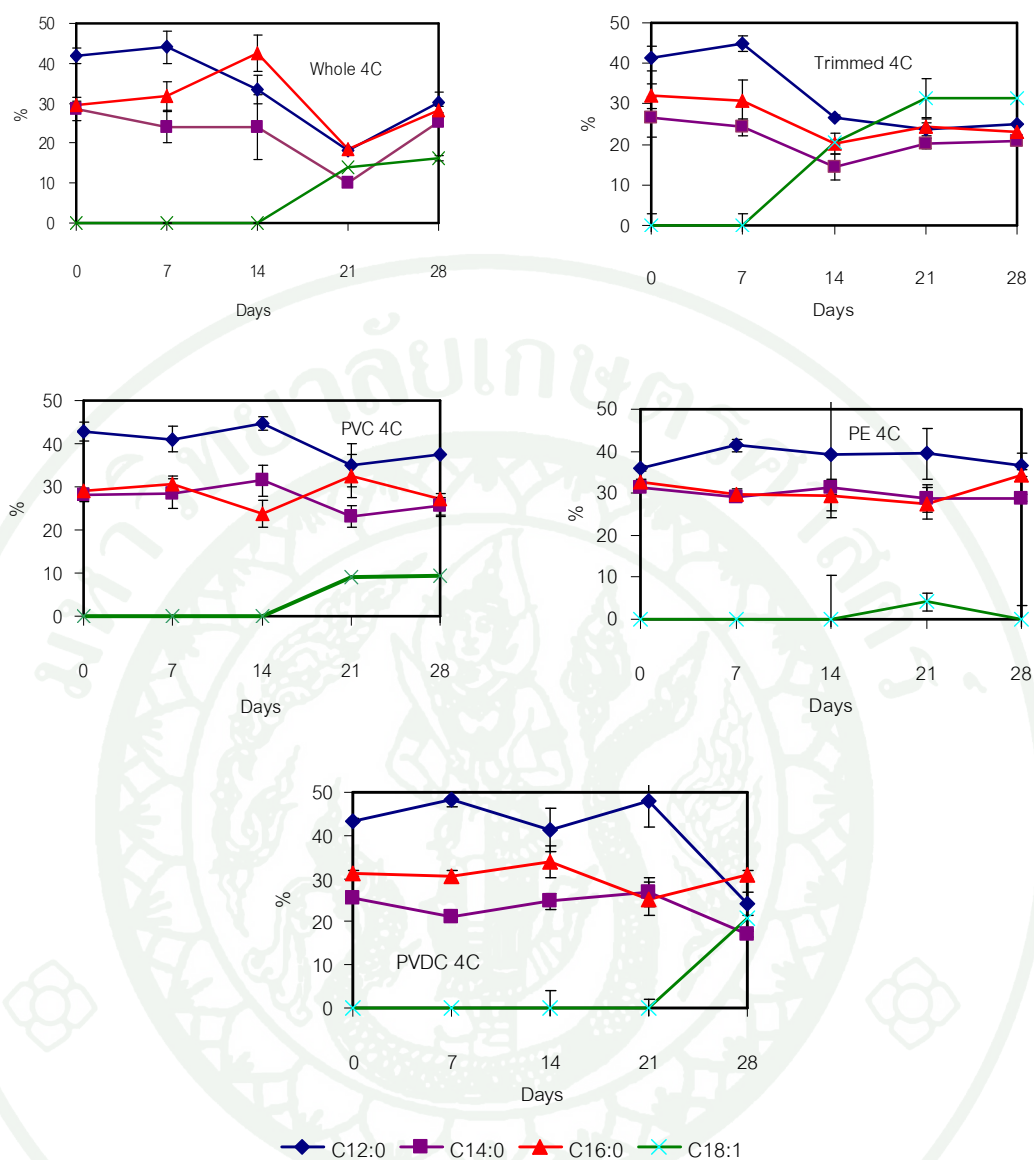
ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC (ภาพที่ 36 จ) กรดไขมันอิ่มตัว lauric acid (C12:0) เพิ่มขึ้นจนถึงวันสุดท้าย ในขณะที่ myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) ลดลงจนหายไปหมดเมื่อเก็บรักษาได้ 7 และ 14 วัน ตามลำดับ ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) ตรวจไม่พบแต่อย่างใด



ภาพที่ 36 สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวจากผลไม้ไม่เปลือก (ก) ผลเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้ม (ข) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ค) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ง) และห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเมื่อเก็บรักษาผลมะพร้าวที่ 4°C

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวในผลที่เก็บรักษาที่ 4°C พบว่าใกล้เคียงกับที่ 25°C กล่าวคือ ผลที่ไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีปริมาณไขมันอิ่มตัวทั้งหมดคงที่ในช่วง 2-3 สัปดาห์แรกหลังจากนั้นจึงลดลง ในขณะที่ไขมันไม่อิ่มตัวไม่ปรากฏในช่วงแรก แต่ตรวจพบภายหลังการเก็บรักษา 2-3 สัปดาห์ในผลที่ไม่ปอกเปลือก และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้ม (ภาพที่ 37 ก และ ข) ในผลปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวชนิดต่างๆคงที่อยู่ที่ 3-4 สัปดาห์ และมีกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) เพิ่มขึ้นในช่วงท้ายเล็กน้อย (ภาพที่ 37 ค) ในผลปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE มีปริมาณของกรดไขมันอิ่มตัวคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา และมีกรด oleic acid ปรากฏขึ้น เพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 37 ง) ส่วนผลที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC (ภาพที่ 37 จ) การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวแตกต่างอย่างสิ้นเชิงจากที่ 25°C กล่าวคือ กรดไขมันอิ่มตัว lauric acid (C12:0) มีค่าคงที่ประมาณร้อยละ 42 ถึงวันที่ 21 จากนั้นลดลงเหลือร้อยละ 20 ในสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษา ในขณะที่ myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักมีค่าประมาณร้อยละ 25-30 ส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) ตรวจพบเฉพาะในช่วงสัปดาห์สุดท้ายของการเก็บรักษาโดยมีประมาณร้อยละ 20

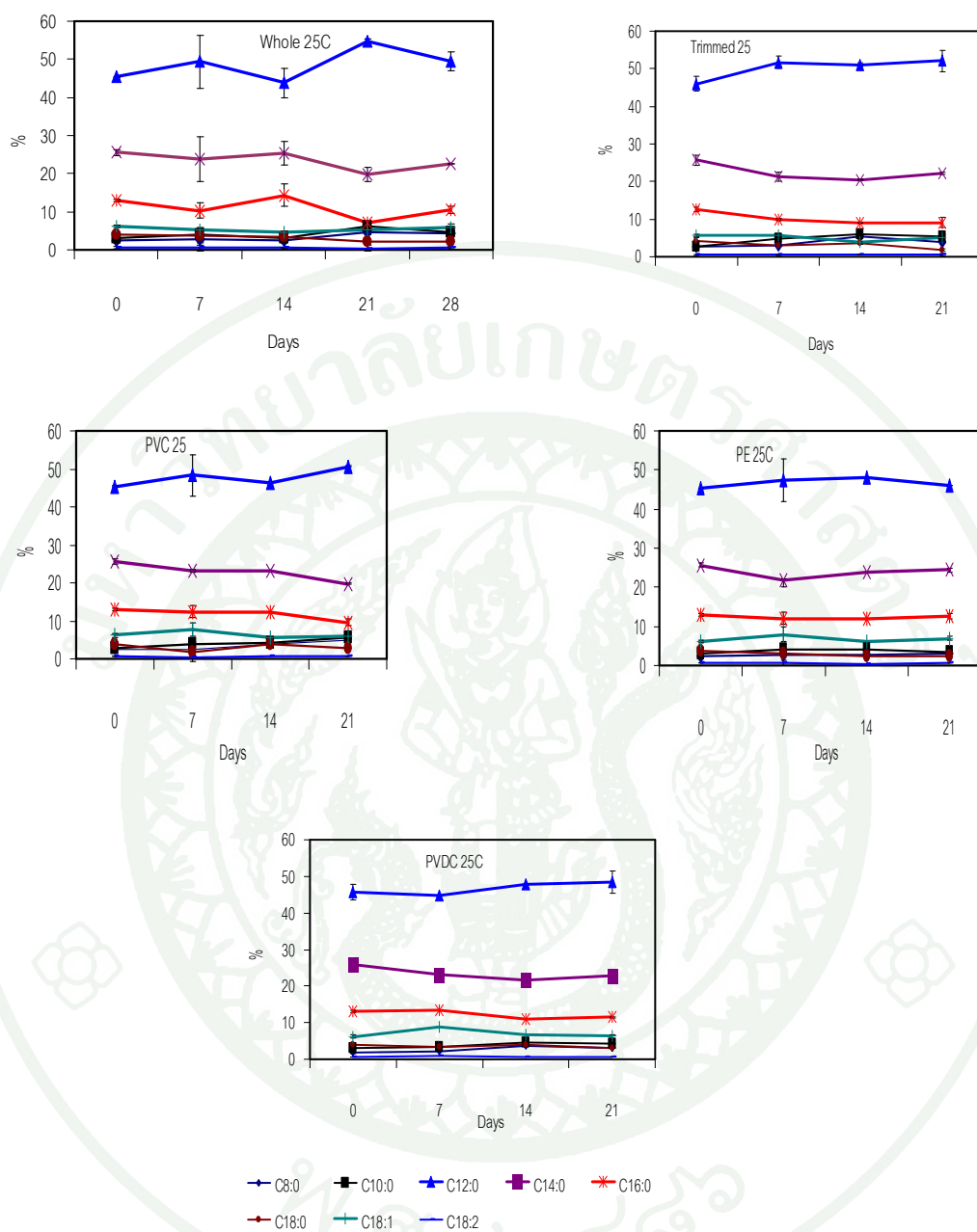


ภาพที่ 37 สัดส่วนของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวจากผลที่ไม่ปอกเปลือก (ก) ผลปอกเปลือก แต่ไม่ห่อหุ้ม (ข) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ค) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ง) และห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวเมื่อเก็บรักษาผลมะพร้าวที่ 25°C

ในผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 38 ก) เมื่อเริ่มต้นพบกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวรวมกัน 8 ชนิดโดยมีกรดไขมันอิ่มตัวคือ caprylic acid (C8:0), capric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ oleic acid (C18:1) และ linoleic acid (C18:2) ซึ่งกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมดนี้ พบ lauric acid (C12:0), myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) มีปริมาณร้อยละ 45, 25 และ 15 ของกรดไขมันที่มีในเนื้อมะพร้าว และพบว่ากรดไขมันเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากโดย lauric acid (C12:0) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยระหว่างการเก็บรักษาและในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28 วันมีประมาณร้อยละ 50 ส่วนกรดไขมัน myristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) มีค่าลดลงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28 วัน สำหรับกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวชนิดอื่นๆพบในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 10 และไม่พบการเปลี่ยนแปลง

สำหรับผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก (ภาพที่ 38 ข) หรือห่อด้วยฟิล์ม PVC (ภาพที่ 38 ค) ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ภาพที่ 38 ง) และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC (ภาพที่ 38 จ) พบกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับผลที่ไม่ปอกเปลือก

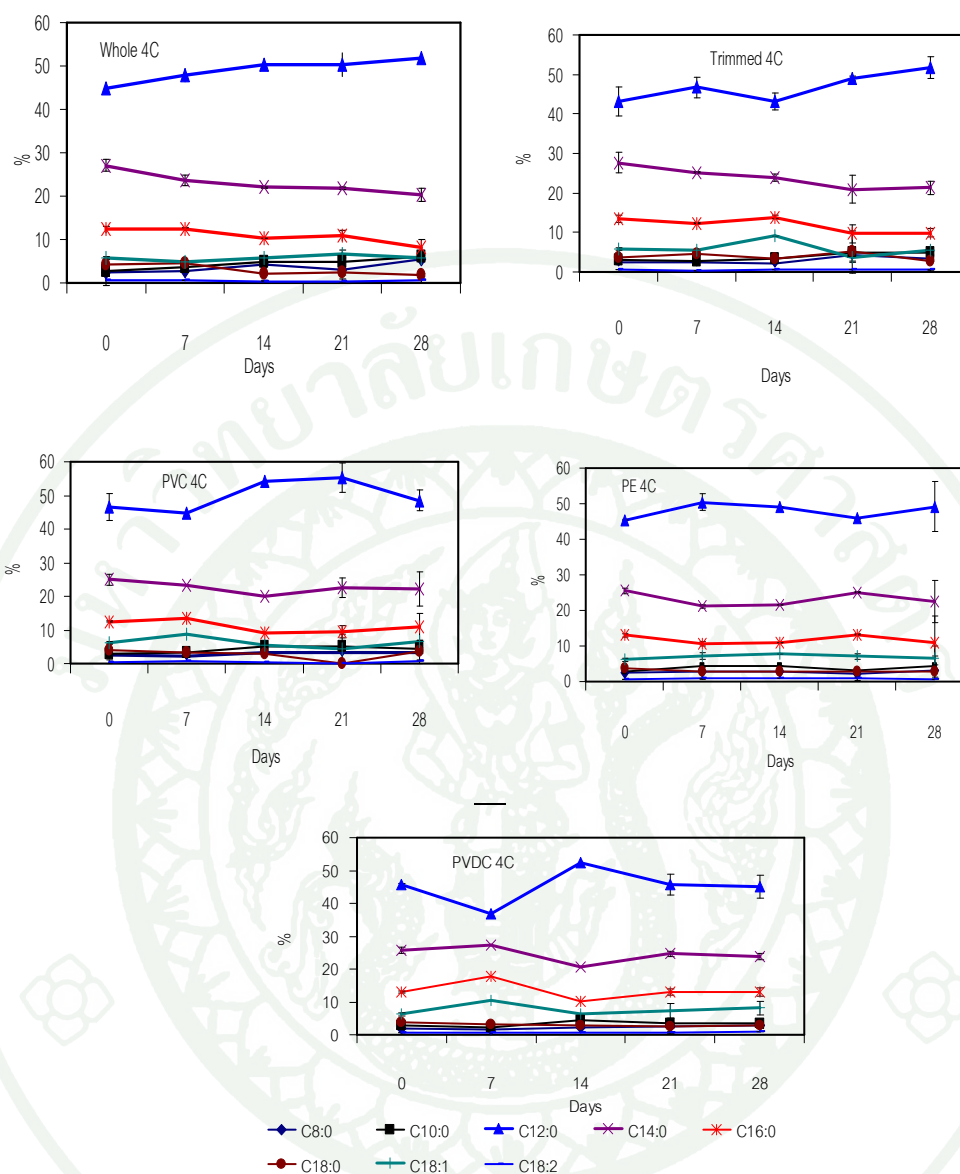


ภาพที่ 38 สัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวจากผลไม้ไม่ปอกเปลือก (ก) ผลปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้ม (ข) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ค) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ง) และห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวเมื่อเก็บรักษาผลมะพร้าวที่ 4°C

ในผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 39 ก) ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก (ภาพที่ 39 ข) หรือห่อด้วยฟิล์ม PVC (ภาพที่ 39 ค) ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ภาพที่ 39 ง) และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC (ภาพที่ 39 จ) พบว่ามีชนิดและการเปลี่ยนแปลงของกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวคล้ายกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C แต่มีแนวโน้มว่า lauric acid และ myristic acid มีสัดส่วนเพิ่มขึ้น





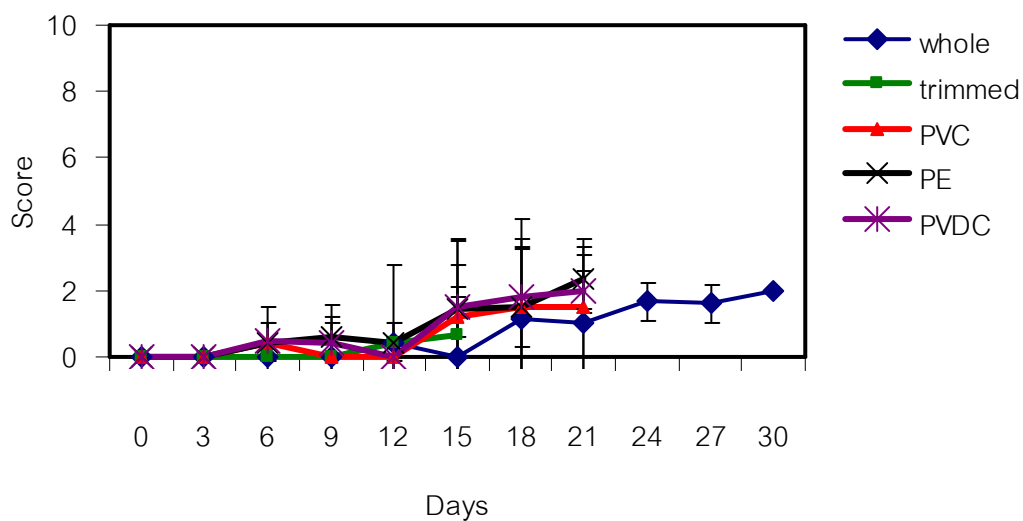
ภาพที่ 39 สัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อมะพร้าวจากผลที่ไม่ปอกเปลือก (ก) ผลปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้ม (ข) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC (ค) ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PE (ง) และห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVDC เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

การประเมินรสชาติด้วยประสาทสัมผัส

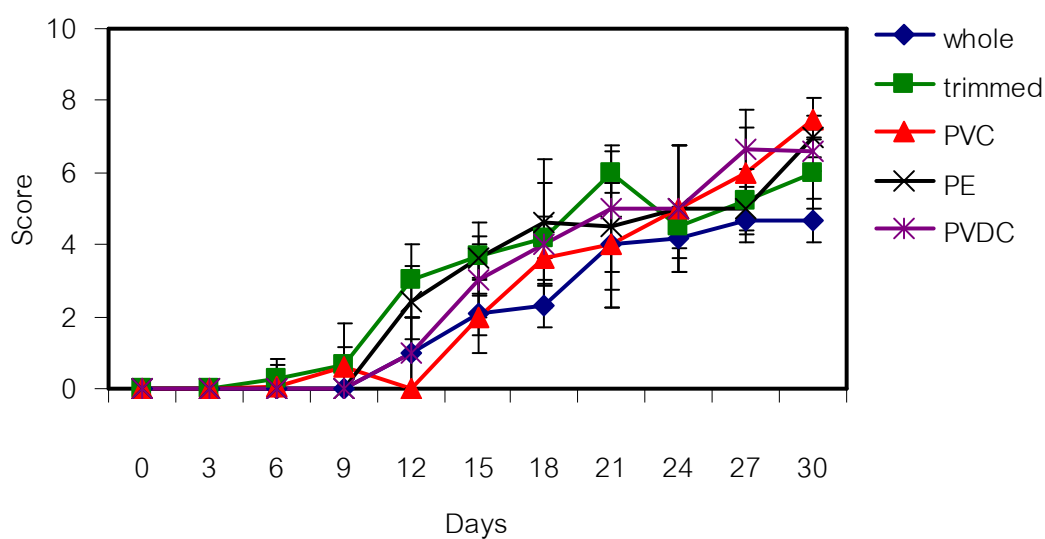
กลิ่นผิดปกติ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ในวันแรกผลมะพร้าวไม่มีกลิ่นกลิ่นผิดปกติโดยมีคะแนนเป็นศูนย์ และพบว่าผลที่ไม่ปกเปลือกมีคะแนนเป็นศูนย์ถึงวันที่ 12 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นจนเป็น 2 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน และมีเชื้อราเข้าทำลายผลมาก นอกจากนี้ผลมะพร้าวไม่ปกเปลือกยังเหี่ยวเนื่องจากการสูญเสีย น้ำ ขณะที่ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีกลิ่นกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นก่อนผลไม่ปกเปลือก โดยเริ่มมีขึ้นในวันที่ 12 มีระดับคะแนน 1 คะแนนแล้วคงที่ถึงวันที่ 15 ซึ่งเป็นวันสุดท้ายของการเก็บรักษา หลังจากนั้นผลมะพร้าวเสียหายจากเชื้อรามาก สำหรับผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC มีกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นก่อนผลไม่ปกเปลือกโดยเริ่มเกิดในวันที่ 6 มีคะแนนประมาณ 1 คะแนนหลังจากนั้นเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วง 0-1.5 คะแนนจนกระทั่งมีคะแนนประมาณ 2 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วัน หลังจากนั้นกลิ่นและรสสัมผัสเปลี่ยนแปลงจากผลสดมากจนผู้ชิมไม่ยอมรับ และมีเชื้อราเข้าทำลายมาก (ภาพที่ 40)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวเกือบทุกรูปแบบที่เก็บรักษาไม่มีคะแนนกลิ่นผิดปกติในวันเริ่มต้นจนถึงวันที่ 6 แต่ผลที่ไม่ปกเปลือกและผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVDC มีคะแนนกลิ่นผิดปกติเป็นศูนย์ถึงวันที่ 9 จากนั้นผลมะพร้าวทุกแบบมีคะแนนเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 4.5 - 7 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน หลังจากนั้นผู้ชิมไม่ยอมรับรวมทั้งมีเชื้อราเข้าทำลายผล นอกจากนี้ผลมะพร้าวที่ไม่ปกเปลือกและผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกจะสูญเสีย น้ำมากจนผลมีลักษณะเหี่ยว และพบว่าผลที่ไม่ปกเปลือกมีคะแนนกลิ่นผิดปกติต่ำที่สุด ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนสูงที่สุด และในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำพบกลิ่นผิดปกติสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C โดยในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา ผลมะพร้าวแต่ละแบบที่อุณหภูมิต่ำมีคะแนนกลิ่นผิดปกติสูงกว่าผลมะพร้าวที่เก็บรักษาที่ 25°C กว่าเท่าตัว (ภาพที่ 41)



ภาพที่ 40 คะแนนกลิ่นผิดปกติในน้ำมะพร้าวอ่อนของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อมะพร้าวอ่อนชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

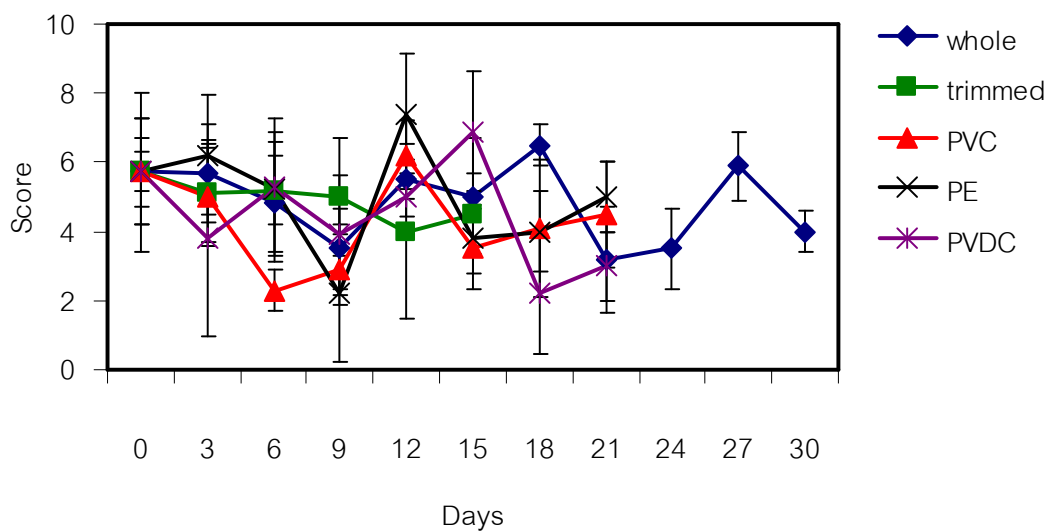


ภาพที่ 41 คะแนนกลิ่นเหม็นหืนของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อมะพร้าวอ่อนชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

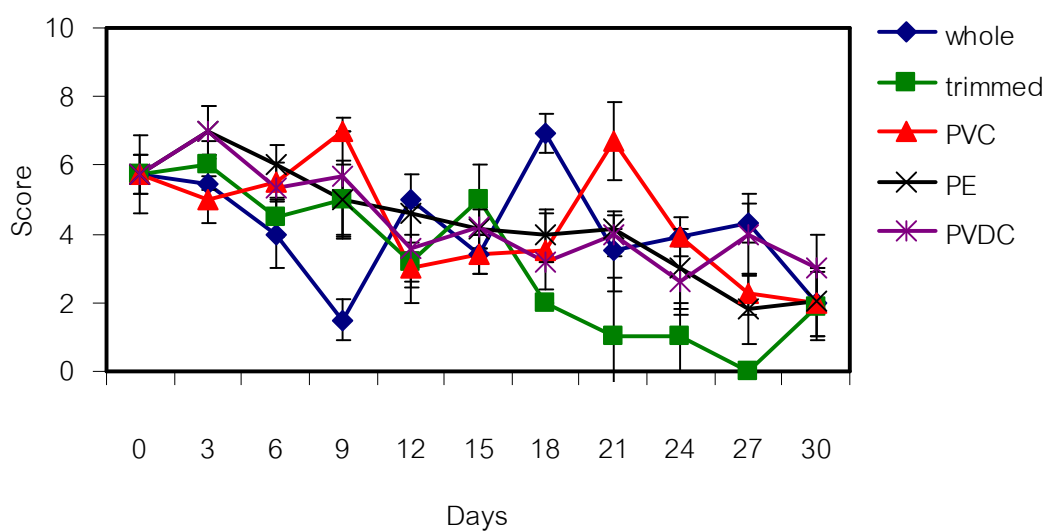
ความหอม

การเก็บรักษาผลมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลมะพร้าวมีคะแนนความหอมในวันเริ่มต้นโดยเฉลี่ยประมาณ 6 คะแนน ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนความหอมเปลี่ยนแปลงผันแปรตลอดอายุการเก็บรักษาโดยอยู่ระหว่าง 4-6 คะแนนและมีอายุการเก็บรักษา 30 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีคะแนนความหอมลดลงเล็กน้อยจนมีคะแนนประมาณ 4.5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 15 วันและมีคะแนนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากผลไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC มีคะแนนเปลี่ยนแปลงตลอดอายุการเก็บรักษาลดลงคล้ายกับผลที่ไม่ปอกเปลือกแต่มีคะแนนความหอมต่ำกว่าเล็กน้อยโดยมีคะแนนอยู่ระหว่าง 2-6 คะแนนและมีอายุการเก็บรักษา 18 วัน (ภาพที่ 42)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนความหอมลดลงเหลือประมาณ 1.5 คะแนนในวันที่ 9 หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 5 คะแนนในวันที่ 12 แล้วลดลงเหลือ 3.5 คะแนนในวันที่ 15 จากนั้นเพิ่มขึ้นเป็น 7 คะแนนในวันที่ 18 แล้วลดลงเหลือประมาณ 4 คะแนนในวันที่ 21 แล้วคงที่ถึงวันที่ 27 จากนั้นลดลงเหลือประมาณ 2 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีคะแนนความหอมในช่วง 15 วันแรกไม่แตกต่างทางสถิติจากผลไม่ปอกเปลือกแต่หลังจากนั้นมีคะแนนความหอมลดลงจนมีคะแนนน้อยกว่าผลไม่ปอกเปลือกมากจนถึงวันที่ 27 แต่มีคะแนนใกล้เคียงกับผลไม่ปอกเปลือกในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ขณะที่ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนความหอมเปลี่ยนแปลงมากแต่มีคะแนนไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกจนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC มีคะแนนความหอมลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาที่ 30 วันและมีคะแนนความหอมไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือก การเก็บรักษาผลมะพร้าวแต่ละแบบที่อุณหภูมิ 4°C มีคะแนนความหอมต่ำกว่าที่ 25°C ประมาณ 2 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา (ภาพที่ 43)



ภาพที่ 42 คะแนนความหอมของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อขึ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

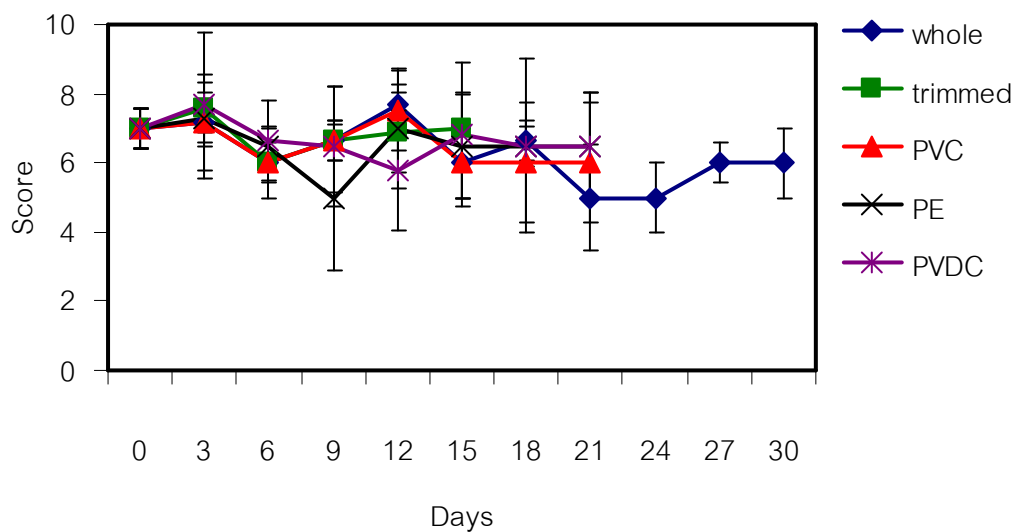


ภาพที่ 43 คะแนนความหอมของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อขึ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

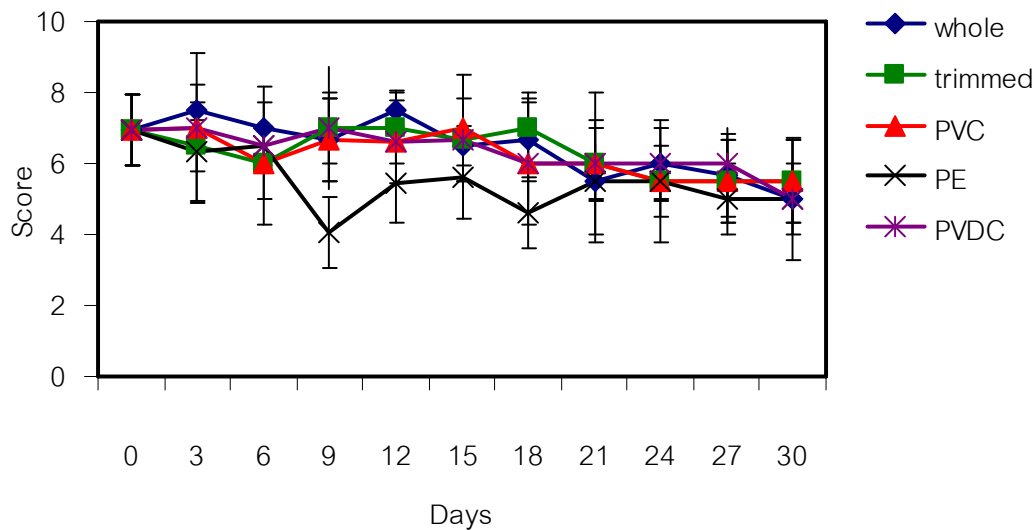
ความหวาน

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลมะพร้าวมีคะแนนความหวานประมาณ 7 คะแนนในวันเริ่มต้น ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนลดลงเล็กน้อยจนสุดท้ายมีคะแนนอยู่ประมาณ 6 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ขณะที่ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มมีคะแนนคงที่จนถึงวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 15 วันและไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ปอกเปลือก สำหรับผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC มีคะแนนลดลงเหลือ 6 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วัน และผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC มีคะแนนลดลงเหลือ 6.5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วันซึ่งผลที่ห่อหุ้มพลาสติกแต่ละแบบมีคะแนนความหวานไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 44)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าผลที่ไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้ม ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE มีคะแนนความหวานใกล้เคียงกัน และมีคะแนนความหวานไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนความหวานลดลงจนมีคะแนนอยู่ประมาณ 5 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVDC มีความหวานลดลงต่ำกว่าผลมะพร้าวแบบอื่นๆ ตั้งแต่เก็บรักษาได้ 9 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีคะแนนความหวานในช่วงเริ่มต้นการเก็บรักษาถึงวันที่ 15 ไม่แตกต่างจากอุณหภูมิ 25°C แต่หลังจากนั้นคะแนนความหวานที่ 4°C มีคะแนนลดลงมากกว่าที่ 25°C เล็กน้อย (ภาพที่ 45)



ภาพที่ 44 คะแนนความหวานของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

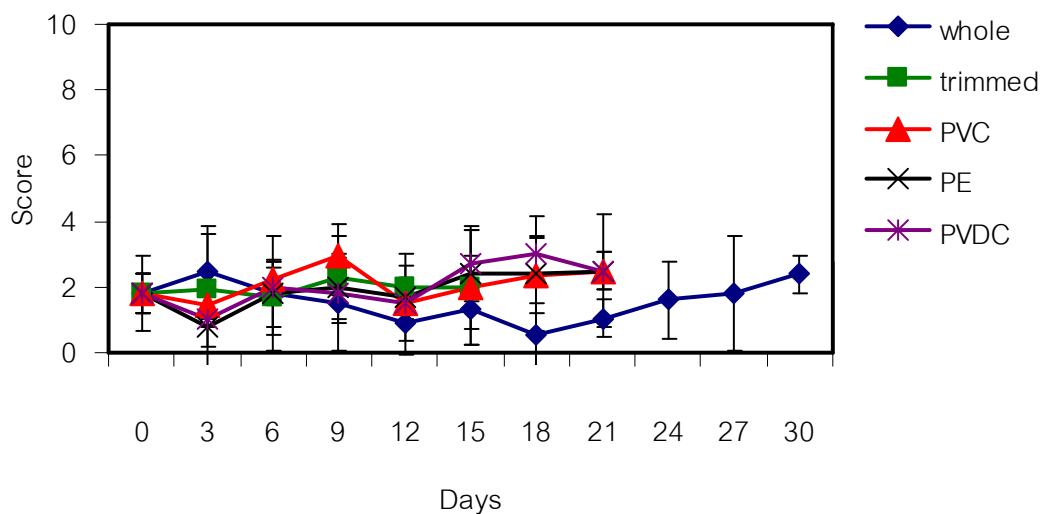


ภาพที่ 45 คะแนนความหวานของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

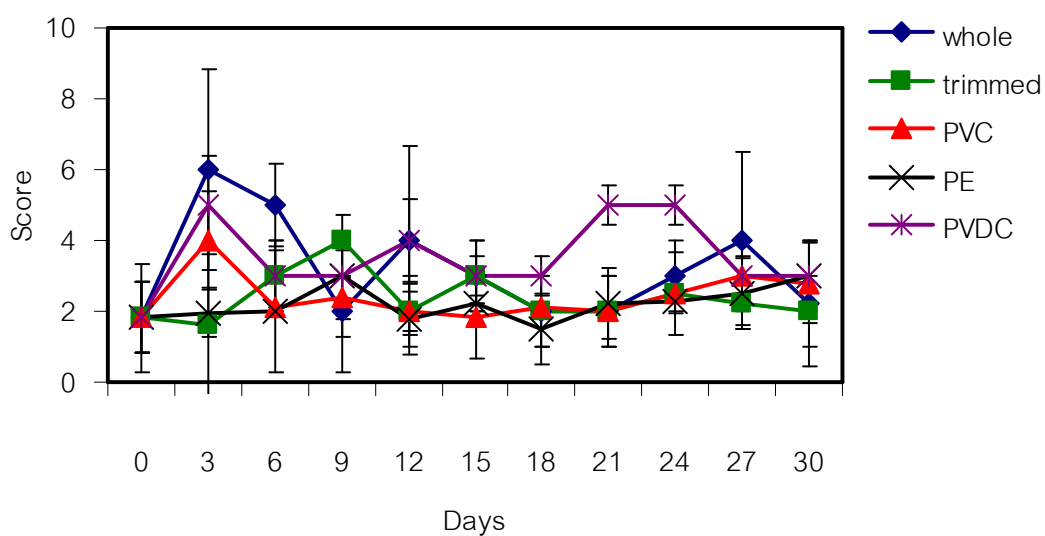
ความเปรี้ยว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลมะพร้าวมีคะแนนความเปรี้ยวโดยเฉลี่ยประมาณ 2 คะแนนในวันเริ่มต้น โดยผลที่ไม่ปกเปลือกมีคะแนนความเปรี้ยวลดลงเหลือ 0.5 ในวันที่ 18 จากนั้นเพิ่มขึ้นจนสุดท้ายมีคะแนนประมาณ 2.2 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ขณะที่ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นไม้ห่อหุ้ม ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC มีคะแนนความเปรี้ยวคงที่ต่างทางสถิติจากผลที่ไม่ปกเปลือกที่ช่วงเวลาเดียวกันแต่มีอายุเก็บรักษาเพียง 15 และ 18 วันตามลำดับ (ภาพที่ 46)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าผลที่ไม่ปกเปลือกมีคะแนนความเปรี้ยวเพิ่มขึ้นเป็น 6 คะแนน ในวันที่ 3 จากนั้นลดลงเหลือ 2 คะแนนในวันที่ 9 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีคะแนนประมาณ 4 คะแนนในวันที่ 27 แล้วลดลงเหลือประมาณ 2.2 ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ขณะที่ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นไม้ห่อหุ้ม ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE มีคะแนนความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ปกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษาที่ 30 วันเท่ากัน ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVDC คะแนนความเปรี้ยวมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น จนในช่วงวันที่ 18-24 ของการเก็บรักษามีคะแนนแตกต่างจากผลที่ไม่ปกเปลือกแต่หลังจากนั้นมีคะแนนลดลงจนมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปกเปลือกและมีอายุการเก็บรักษาที่ 30 วัน สำหรับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่ามีคะแนนความเปรี้ยวไม่แตกต่างจากผลมะพร้าวที่เก็บรักษาที่ 25°C แต่ในช่วง 3-6 วันแรกในผลมะพร้าวที่ไม่ปกเปลือก ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC และ PVDC ของการเก็บรักษาที่ 4°C มีคะแนนความเปรี้ยวสูงขึ้นมากกว่าที่ 25°C และในช่วงวันที่ 21-24 ผลที่ปกเปลือกแบบคว้นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVDC ของการเก็บรักษาที่ 4°C มีคะแนนความเปรี้ยวสูงขึ้นมากกว่าที่ 25°C (ภาพที่ 47)



ภาพที่ 46 คะแนนความเปรี้ยวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)

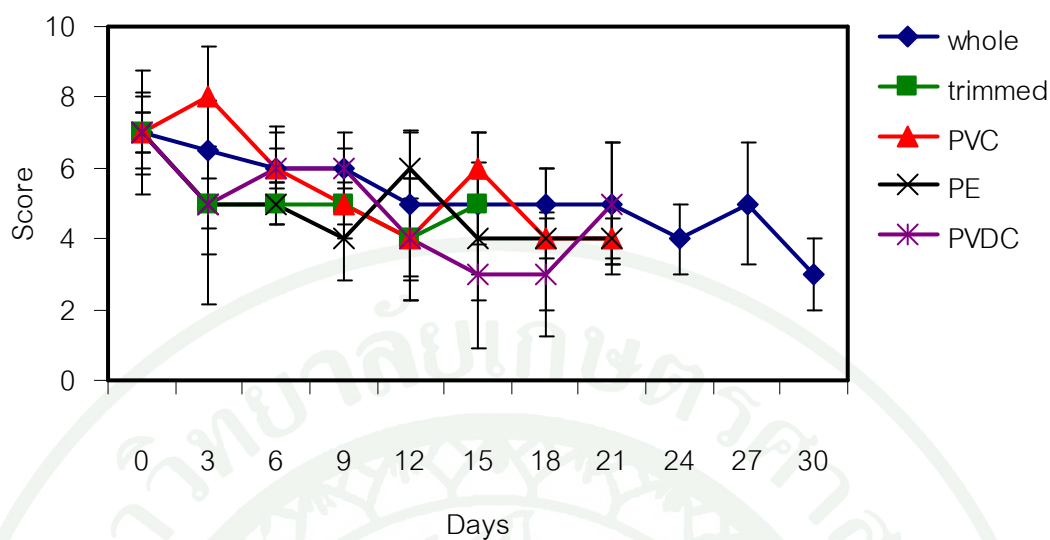


ภาพที่ 47 คะแนนความเปรี้ยวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

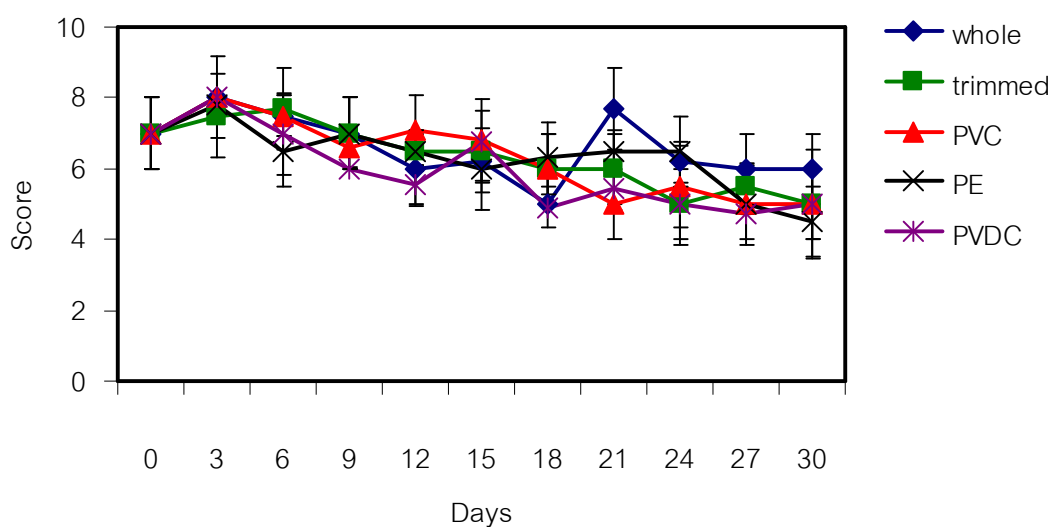
การยอมรับโดยรวม

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C พบว่าผลมะพร้าวมีคะแนนการยอมรับเฉลี่ยประมาณ 7 คะแนนในวันเริ่มต้น ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนการยอมรับลดลงเหลือประมาณ 5 คะแนนในวันที่ 27 แล้วลดต่ำลงมากเหลือเพียง 3 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วันซึ่งเกิดกลิ่นและรสที่ผิดปกติไปมาก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มพลาสติกมีคะแนนลดลงอยู่ที่ประมาณ 5 คะแนนในวันที่ 3 หลังจากนั้นคงที่จนถึงสิ้นสุดการเก็บรักษาในวันที่ 15 ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC มีคะแนนการยอมรับลดลงจากวันเริ่มต้นการเก็บรักษาเหลือประมาณ 5 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 21 วันและผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแบบควั่นหรือปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกทุกรูปแบบมีคะแนนการยอมรับไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกแต่มีแนวโน้มว่าคะแนนการยอมรับลดลงมากกว่าผลไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 48)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบว่าผลที่ไม่ปอกเปลือกมีคะแนนการยอมรับโดยรวมลดลงเล็กน้อยจาก 7 คะแนนในวันแรกจนเหลือประมาณ 6 คะแนนในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน ส่วนผลที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก ผลที่ปอกเปลือกห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC PE และ PVDC มีคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ที่ประมาณ 5 คะแนนในสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 30 วัน และมีคะแนนไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือก และพบว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีคะแนนการยอมรับสูงกว่าที่ 25°C (ภาพที่ 49)



ภาพที่ 48 คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลมะพร้าวอ่อนรูปแบบต่างๆอายุเนื้อชิ้นครึ่ง เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



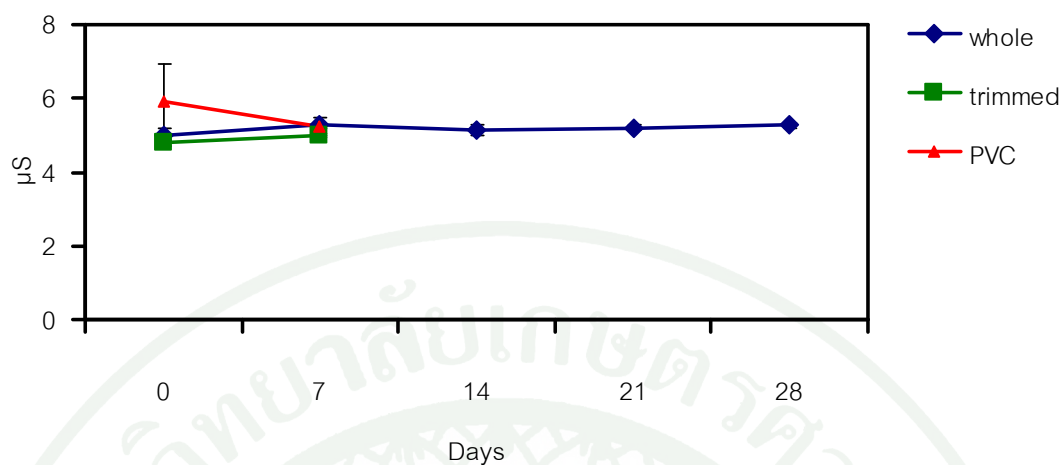
ภาพที่ 49 คะแนนการยอมรับโดยรวมของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชิ้นครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

การทดลองที่ 3.2 ผลของการปกและการห่อหุ้มผลมะพะร้าวอ่อนต่อการนำไฟฟ้าในน้ำ และการรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพะร้าว

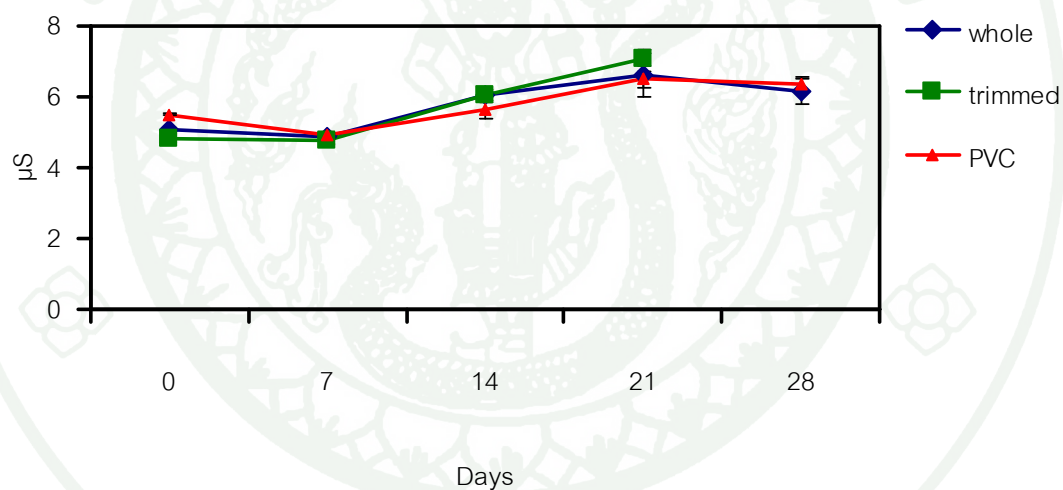
การนำไฟฟ้าในน้ำมะพะร้าว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพะร้าวไม่ปกเปลือกมีค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพะร้าว ประมาณ 5 μS ในวันแรกของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนมีค่าประมาณ 5.5 μS เมื่อเก็บรักษาได้ 7 วัน จากนั้นมีค่าคงที่จนถึงวันที่ 28 ของการเก็บรักษา ขณะที่ผลที่ปกเปลือกแบบคว้น แต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มมีค่าการนำไฟฟ้าเริ่มต้นประมาณ 5 μS หลังจากนั้นค่าคงที่จนหมดอายุการเก็บรักษาที่ 7 วันเนื่องจากมีเชื้อราเกิดขึ้นมาก ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVC มีค่าลดลงจาก 6 μS ในวันแรกเหลือ 5.5 μS ในวันที่ 7 เนื่องจากมีเชื้อราเกิดขึ้นมากขึ้น (ภาพที่ 50)

ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพะร้าวไม่ปกเปลือกมีค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพะร้าวประมาณ 5 μS ในวันแรกของการเก็บรักษาแล้วคงที่ถึงวันที่ 7 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 6.2 μS เมื่อเก็บรักษาได้ 21 วัน จากนั้นลดลงเล็กน้อยจนเหลือประมาณ 6 μS ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28 วัน ผลที่ปกเปลือกแบบคว้น แต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มมีค่าประมาณ 5 μS ในวันแรกของการเก็บรักษาแล้วคงที่ถึงวันที่ 7 และเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 6.3 μS เมื่อเก็บรักษาได้ 21 วัน ส่วนผลที่ปกเปลือกแบบคว้นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVC มีค่าลดลงจาก 5.5 μS ในวันเริ่มต้นเหลือ 5 μS ในวันที่ 7 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 6.2 μS เมื่อเก็บรักษาได้ 21 วัน จากนั้นลดลงเล็กน้อยจนมีค่าประมาณ 6 μS ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษา จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะมีการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่อุณหภูมิห้องเล็กน้อย (ภาพที่ 51)



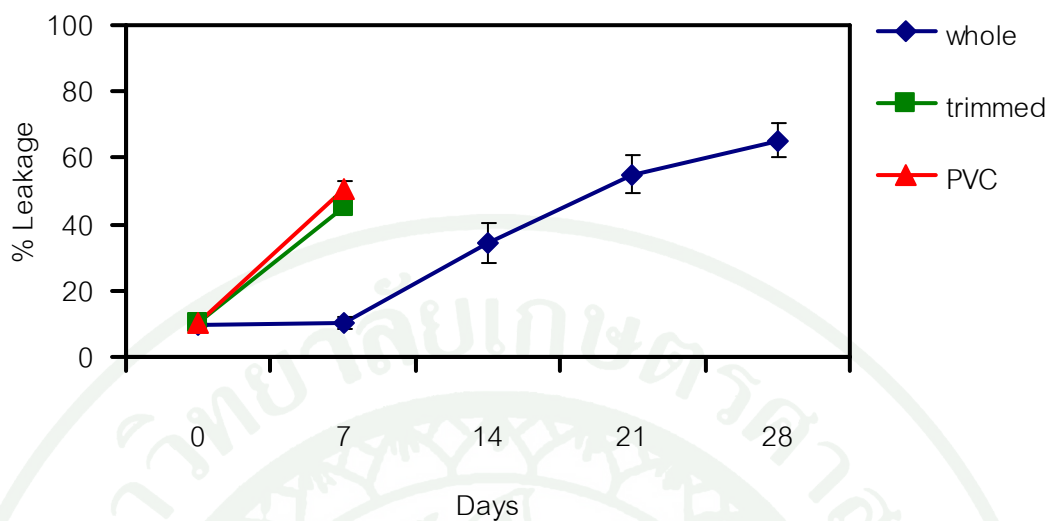
ภาพที่ 50 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อมันครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



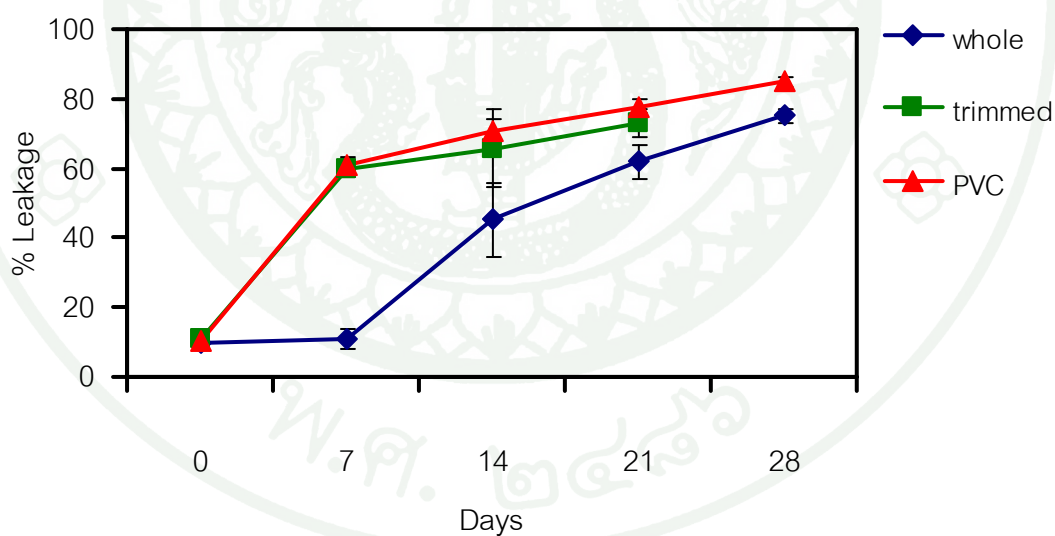
ภาพที่ 51 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อมันครึ่งรูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

การรั่วไหลของประจุของเนื้อมะพร้าว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือก ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVC มีการรั่วไหลของประจุประมาณ 10% ในวันแรกของการเก็บรักษา จากนั้นผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกมีค่าการรั่วไหลของประจุจนถึงวันที่ 7 แล้วเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 60% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาที่ 28 วัน ในผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแต่ไม่ห่อหุ้มฟิล์มและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์ม PVC มีการรั่วไหลของประจุเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 50% ในวันที่ 7 หลังจากนั้นเชื้อราเกิดขึ้นมากจนเกิดความเสียหายไม่สามารถเก็บข้อมูลต่อไปได้ (ภาพที่ 38) ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกการรั่วไหลของประจุมีค่าประมาณ 10% ในวันแรกของการเก็บรักษาแล้วคงที่ถึงวันที่ 7 และเพิ่มขึ้นจนมีค่าประมาณ 70% ในวันสุดท้ายของการเก็บรักษาซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C แต่มีค่าการรั่วไหลของประจุมากกว่าประมาณ 10% ในวันสุดท้าย ผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นไม่ห่อหุ้มและผลที่ปอกเปลือกแบบควั่นแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติก PVC มีค่าประมาณ 10% ในวันแรกของการเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 60% ในวันที่ 7 จากนั้นเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยจนมีค่าประมาณ 70% และ 80% ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการรั่วไหลของประจุมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะเมื่อปอกเปลือกแล้วจะมีค่าการรั่วไหลเพิ่มขึ้นสูงมากแม้เก็บรักษาเพียง 1 สัปดาห์ (ภาพที่ 52)



ภาพที่ 52 การรั่วไหลของไอออนในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่ง
รูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (I แสดงค่า SD)



ภาพที่ 53 ค่า % การรั่วไหลในเนื้อมะพร้าวของผลมะพร้าวอ่อนอายุเนื้อชั้นครึ่ง
รูปแบบต่างๆ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (I แสดงค่า SD)

วิจารณ์

อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของมะพร้าวอ่อน

ผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือกมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนและค่อนข้างคงที่ (ภาพที่ 3) จัดเป็นผลไม้ในกลุ่ม non-climacteric fruit ซึ่งอัตราการหายใจมีค่าใกล้เคียงกับ สับปะรด (Biale *et al.*, 1953) และการผลิตเอทิลีนมีค่าใกล้เคียงกับส้ม (Biale *et al.*, 1953) อย่างไรก็ตามผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกทั้ง 2 แบบมีอัตราการหายใจสูงขึ้นมากจนมีค่าใกล้เคียงกับ กล้วยหอมสุก (Biale *et al.*, 1953) และมีการผลิตเอทิลีนสูงขึ้นมากใกล้เคียงกับอะโวคาโดสุก (Zamorano *et al.*, 1994) การที่ผลที่ปอกเปลือกทั้งสองรูปแบบมีอัตราการหายใจสูงขึ้นเนื่องจากการเกิดบาดแผลไปกระตุ้นการผลิตเอทิลีน (Bapat *et al.*, 2010) ขณะเดียวกันเอทิลีนที่เกิดขึ้น จะกระตุ้นการหายใจให้สูงขึ้นตามไปด้วย (Fonseca *et al.*, 2002) แต่ในระหว่างการเก็บรักษา อัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน ของผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกทั้ง 2 แบบมีค่าลดลงเล็กน้อย เนื่องจากเนื้อเยื่อที่เกิดบาดแผลบางส่วนได้รับการสมานแผลแล้ว ในขณะที่บางส่วนตายไป

ผลมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งและสองชั้นในการปอกเปลือกรูปแบบเดียวกันมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 3-6) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมะพร้าวอายุเนื้อชั้นครึ่งและสองชั้นมีอายุต่างกันเพียง 2 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบการปอกเปลือกแบบควั่นและแบบเฉีย พบว่าอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกัน ยกเว้นมะพร้าวอายุเนื้อสองชั้นที่การปอกเปลือกแบบควั่นมีการผลิตเอทิลีนน้อยกว่าการปอกเปลือกแบบเฉีย ในกรณีนี้ยังอธิบายถึงสาเหตุไม่ได้

การที่ผลที่ปอกเปลือกแล้วมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้นกว่า 2 เท่าและการผลิตเอทิลีนที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 7 เท่าอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะพร้าว อัตราการหายใจสูงอาจทำให้เซลล์หรือเนื้อเยื่อใช้อาหารสะสมหรือน้ำตาลมากกว่าปกติ ทำให้องค์ประกอบภายในผลเปลี่ยนแปลงไปและเซลล์เสื่อมสภาพลง (Chonhenchob *et al.*, 2007) และเอทิลีนที่สูงอาจกระตุ้นการเสื่อมสภาพของเซลล์ ดังนั้นถ้าสามารถควบคุมหรือลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกลง ได้ก็อาจช่วยชะลอการเสื่อมสภาพและช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของมะพร้าวอ่อนได้ วิธีการที่สามารถลดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนได้แก่ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้การดัดแปลงสภาพบรรยากาศ (modified atmosphere)

(Chonhenchob *et al.*, 2007) ให้มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนลดลงและคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเพื่อควบคุมอัตราการหายใจและยับยั้งการผลิตเอทิลีนจากยี่ดอกอายุผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้วได้นานขึ้น เช่นการเลือกใช้ฟิล์มพลาสติกที่สามารถควบคุมการผ่านเข้าออกของอากาศภายนอกกับภายในผลมะพร้าว การใช้ aminoethoxyvinylglycine (AVG) เพื่อลดการผลิตเอทิลีน (Saltveit, 2005) และการใช้ 1-methylcyclopropene (1-MCP) (Gupta *et al.*, 2006) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอทิลีน อาจช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้วได้เช่นกัน

ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวจากผลที่ไม่ปอกเปลือกและปอกเปลือกตามวิธีไฮโดรไลต์ปรับปรุง (มันสิน, 2543) ที่อุณหภูมิ 25°C ไม่พบออกซิเจนในน้ำมะพร้าว ผลการทดลองครั้งนี้ต่างจากรายงานในมะพร้าวจากศรีลังกาที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งพบประมาณ 0.4 $\mu\text{L/L}$ (Wijaranam *et al.*, 2006) แต่ไม่ได้รายงานวิธีวิเคราะห์ความเข้มข้นของออกซิเจนซึ่งเป็นไปได้ว่าวิธีที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนแตกต่างกัน ส่วนที่อุณหภูมิ 4°C การศึกษาครั้งนี้พบว่าผลมะพร้าวไม่ปอกเปลือกมีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในน้ำมะพร้าวประมาณ 0.2 $\mu\text{L/L}$ และมีแนวโน้มคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา (ภาพที่ 31) สาเหตุที่มะพร้าวเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมากกว่าที่ 25°C อาจเนื่องจากเหตุผล 2 ประการ คือที่อุณหภูมิต่ำออกซิเจนสามารถละลายในน้ำได้มากกว่าที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำก๊าซออกซิเจนในน้ำมีพลังงานจลน์น้อยลงโมเลกุลของออกซิเจนจึงรวมตัวกันได้มากขึ้นแล้วละลายในน้ำ (นิพนธ์และคณิตา, 2550) และที่อุณหภูมิต่ำ (4°C) เนื้อเยื่อมะพร้าวมีอัตราการหายใจต่ำกว่าที่อุณหภูมิสูง (25°C) จึงใช้ออกซิเจนไปน้อยกว่าและมีออกซิเจนเหลืออยู่ในน้ำมะพร้าว

การปอกเปลือกทำให้มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในน้ำมะพร้าวสูงขึ้นเล็กน้อยจากผลไม่ปอกเปลือกโดยมีค่าประมาณ 0.3 $\mu\text{L/L}$ ซึ่งอาจเป็นเพราะชั้น mesocarp ของมะพร้าวที่บางลงช่วยเพิ่มการผ่านเข้าออกของออกซิเจนได้ง่ายขึ้น และเมื่อนำผลที่ปอกเปลือกมาห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆ พบว่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในน้ำมะพร้าวมีค่าลดลงใกล้เคียงกับผลไม่ปอกเปลือก แสดงว่าฟิล์มพลาสติกเหล่านี้ควบคุมการเข้าออกของออกซิเจนได้ใกล้เคียงกับเปลือกมะพร้าวที่ถูกตัดออกไป ซึ่งเป็นประโยชน์อีกอย่างหนึ่งนอกจากการป้องกันการสูญเสีย น้ำ

นอกจากนี้การวิเคราะห์ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวตามวิธีไฮโดรเมตริกปรับปรุงให้ผลการวิเคราะห์แตกต่างไปจากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวด้วย Dissolved oxygen meter (D.O. meter) โดยพบว่าการใช้เครื่อง D.O. meter ตรวจวัดพบความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวสูงกว่าการใช้วิธีไฮโดรเมตริกปรับปรุง เนื่องจากการใช้เครื่อง D.O. meter ตรวจวัดต้องกระทำในสภาวะเปิดกล่าวคือน้ำสัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศตลอดเวลา ออกซิเจนจากบรรยากาศจึงอาจละลายลงไปในช่วงเวลาที่ตรวจวัดซึ่งใช้เวลา 3-5 นาที แลกเปลี่ยนกันได้ แต่การวิเคราะห์ด้วยการไตเตรตตามวิธีไฮโดรเมตริกปรับปรุงนั้นทำปฏิกิริยาในระบบปิดความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนที่ตรวจวัดได้จึงเป็นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวเท่านั้น อย่างไรก็ตามการตรวจวัดความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวของทั้งสองวิธีมีความสอดคล้องกันคือ การตรวจวัดที่อุณหภูมิ 25°C มีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 4°C ซึ่งได้อธิบายไว้ข้างต้นแล้ว

การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีในน้ำมะพร้าว

ก๊าซออกซิเจนที่มีในผลมะพร้าวมีอิทธิพลต่อเมแทบอลิซึมต่างๆและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในผลมะพร้าว เพราะผลมะพร้าวอ่อนยังคงมีชีวิตต้องการออกซิเจนในกระบวนการหายใจ ถ้าออกซิเจนเข้ามาในผลได้น้อยเกินไปอาจไม่เพียงพอต่อกระบวนการหายใจตามปกติและเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าออกซิเจนผ่านเข้ามาในผลได้มากเกินไปออกซิเจนอาจจะออกซิไดซ์ไขมันที่เป็นองค์ประกอบหลักในผลมะพร้าวทั้งในเนื้อและน้ำมะพร้าวทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติได้

เมื่อตรวจวิเคราะห์ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 32) พบว่าเมื่อเริ่มต้นผลที่ไม่ปอกเปลือกมีเอทิลแอลกอฮอล์ประมาณ 200 ppm และเพิ่มสูงขึ้นเป็นประมาณ 450 ppm ในวันที่ 12 แสดงว่ามีการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนสอดคล้องกับที่ไม่พบออกซิเจนเลย หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของแอลกอฮอล์ชะลอลงจนสุดท้ายมีความเข้มข้นประมาณ 600 ppm ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะผลมะพร้าวเองอาจปรับตัวโดยสร้างเอนไซม์ alcohol dehydrogenase (ADH) เพื่อควบคุมปริมาณแอลกอฮอล์ไม่ให้มากเกินไปดังเช่นที่มีรายงานในอะโวคาโดที่เก็บรักษาในสภาพดัดแปลงบรรยากาศให้มีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยลงส่งผลให้มีการสร้างเอนไซม์ ADH มากขึ้น (Ke *et al.*, 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าในสภาพที่ขาดออกซิเจนเช่นพืชที่ถูกน้ำท่วมมีการสร้างเอนไซม์ ADH ขึ้นมาเช่นกัน (Dennis *et al.*, 2000)

ส่วนการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (ภาพที่ 33) ผลมะพร้าวทุกรูปแบบมีอัตราเพิ่มขึ้นของเอทิลแอลกอฮอล์ไม่แตกต่างกันและเพิ่มขึ้นช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C โดยในวันเริ่มต้นถึงวันที่ 21 ของการเก็บรักษามีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 200 ppm เป็นประมาณ 400 ppm เพราะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำทำให้มีอัตราการหายใจลดต่ำลงประกอบกับอุณหภูมิต่ำทำให้ออกซิเจนละลายได้มากขึ้น ดังนั้นการเก็บรักษาที่ 4°C การหายใจแบบใช้ออกซิเจนยังเกิดขึ้นได้ ทำให้มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนต่ำกว่าที่ 25°C แต่หลังจากวันที่ 21 ของการเก็บรักษาความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มสูงขึ้นจนมากกว่าที่อุณหภูมิ 25°C เล็กน้อยเป็นไปได้ว่าเนื้อเยื่อมะพร้าวเปลี่ยนแปลงไปเช่นเกิดการสลายตัวของเยื่อหุ้มของ mitochondria เสียหายไม่สามารถเกิดกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนได้อย่างปกติทำให้เปลี่ยนเป็นการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนและมีแอลกอฮอล์เกิดขึ้นซึ่งมีรายงานในต้นกล้าข้าวโพดและข้าวว่าต้นกล้าที่เกิดการสลายของเยื่อหุ้มมีปริมาณเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มสูงขึ้น (Christie *et al.*, 1991)

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มพลาสติก (ภาพที่ 32) มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในวันเริ่มต้นไม่ต่างจากผลที่ไม่ปอกเปลือก แต่ในระหว่างการเก็บรักษามีความเข้มข้นหรือการสะสมเอทิลแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นต่ำกว่าผลที่ไม่ปอกเปลือก อาจเนื่องจากผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกออกแล้วมีออกซิเจนแลกเปลี่ยนเข้ามาในผลได้มากกว่าผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือกสอดคล้องกับความเข้มข้นของออกซิเจนที่ตรวจวัดได้ (ภาพที่ 31)

ผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มพลาสติกแบบต่างๆที่อุณหภูมิ 25°C มีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวเพิ่มสูงขึ้นจากวันเริ่มต้นแต่ไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 32) ซึ่งอาจเป็นเพราะการห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดทำให้อากาศผ่านเข้าออกได้ใกล้เคียงกัน แม้ว่าคุณสมบัติในการยอมให้อากาศผ่านเข้าออกได้ต่างกัน เนื่องจากการห่อหุ้มฟิล์ม PE และ PVDC นั้นฟิล์มไม่แนบสนิทกันและมีช่องว่างทำให้อากาศผ่านเข้าออกได้ เมื่อเปรียบเทียบผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยพลาสติกแบบต่างๆกับผลที่ไม่ปอกเปลือกพบว่าในช่วง 12 วันแรกของการเก็บรักษาความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ในผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มพลาสติกแบบต่างๆไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือกอาจเนื่องจากการห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกเหล่านี้ยอมให้อากาศแลกเปลี่ยนได้ใกล้เคียงกับผิวเปลือกมะพร้าวเพราะความเข้มข้นของออกซิเจนในผลที่ปอกเปลือกแล้วด้วยฟิล์มพลาสติกแบบต่างๆมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 31) แต่หลังจากวันที่ 12 ผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มพลาสติกแบบต่างๆมีความเข้มข้นของเอทิล

แอลกอฮอล์สูงกว่าผลที่ไม่ปกเปลือกอาจเป็นเพราะผลที่ไม่ปกเปลือกมีการปรับตัวและลดอัตราการสะสมแอลกอฮอล์ด้วยกิจกรรมของเอ็นไซม์ ADH ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ส่วนผลที่ปกเปลือกแล้วห่อหุ้มพลาสติกแบบต่างๆอาจสร้างเอ็นไซม์ ADH ได้น้อยเนื่องจากผลกระทบของการเกิดบาดแผลและเอทิลีนที่ได้รับจากการปกเปลือกจึงไม่สามารถลดการสะสมเอทิลแอลกอฮอล์ลงได้ ดังเช่นรายงานของ Defilippi *et al.*, (2005) พบว่าผลแอปเปิ้ลที่ปกเปลือกและได้รับเอทิลีนมีกิจกรรมของเอ็นไซม์ ADH ลดน้อยลงกว่าผลที่ปกเปลือกแต่ไม่ได้รับเอทิลีน

การเก็บรักษาผลไม้ที่ปกเปลือกหรือตัดแต่งแล้วโดยทั่วไปควรห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกที่มีคุณสมบัติยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซได้เหมาะสมเพื่อป้องกันความเสียหายแก่เซลล์จากเมแทบอลิซึมที่ผิดปกติจนเกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนซึ่งมีตัวอย่างในกล้วย ทุเรียน และองุ่น (Pesis, 2005) ในการศึกษาครั้งนี้ฟิล์มพลาสติกที่ใช้ห่อหุ้มผลมะพร้าวมีคุณสมบัติยอมให้ก๊าซผ่านเข้าออกได้ดีจึงมีความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์ไม่สูงมาก แต่ถ้าเก็บรักษาผลมะพร้าวเป็นระยะเวลาที่นานขึ้นหรือใช้ฟิล์มพลาสติกที่ยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้น้อยกว่านี้ ความเข้มข้นของเอทิลแอลกอฮอล์อาจมีสูงมากขึ้นจนผู้บริโภคได้กลิ่นหรือรสผิดปกติ ในทางกลับกัน ถ้าใช้ฟิล์มพลาสติกที่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนก๊าซมากเกินไปจะมีออกซิเจนเข้ามาในผลมะพร้าวได้มากแล้วเกิดการออกซิไดซ์ไขมันในมะพร้าวเปลี่ยนเป็น MDA ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่เกิดจากการออกซิไดซ์ไขมันทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติขึ้นได้

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ MDA ในน้ำมะพร้าวพบว่าปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษามีความสอดคล้องกับคะแนนกลิ่นผิดปกติจากการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัส (ภาพที่ 40 และ 41) กล่าวคือการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (ภาพที่ 34) มีปริมาณ MDA เกิดขึ้นเร็วและมีปริมาณมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 35) ขณะเดียวกันมีคะแนนกลิ่นผิดปกติเกิดขึ้นก่อนและสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C กว่าเท่าตัว ดังนั้นปริมาณ MDA ที่เกิดขึ้นน่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อกลิ่นผิดปกติในมะพร้าว

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีปริมาณ MDA มากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C น่าจะมาจากความเข้มข้นของออกซิเจนที่ต่างกัน โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนในผลสูงกว่าจึงเกิดการออกซิไดซ์ไขมันโดยออกซิเจนได้มากกว่า ในขณะที่การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C มีความเข้มข้นของออกซิเจนน้อยกว่าหรือไม่มีเลยจึงออกซิไดซ์ไขมันได้น้อย นอกจากนี้ปริมาณ MDA ยังสามารถเกิดได้จากกระบวนการอื่น ๆ อีกเช่นในระหว่าง

กระบวนการสุกของผลไม้ เยื่อหุ้มเซลล์ถูกย่อยสลายทำให้มีการออกซิไดซ์ไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์แล้ว ถูกเปลี่ยนเป็น MDA (Yang *et al.* , 2008) และการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกระตุ้นให้มี reactive oxygen species เช่น H_2O_2 และ superoxide ที่สามารถออกซิไดซ์ไขมันที่เยื่อหุ้มเซลล์แล้ว เปลี่ยนเป็น MDA ได้เช่นกัน (Gill and Tuteja, 2010; Breusegem *et al.* , 2001) นอกจากนี้ในกรณีของมะพร้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำและมีปริมาณ MDA เกิดขึ้นมากนั้นยังอาจเกิดจากการ สะท้อนหนาร่วมด้วย

ผลมะพร้าวอ่อนในรูปแบบที่ต่างกันเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันมีปริมาณ MDA และ กลิ่นผิดปกติไม่แตกต่างกัน ในขณะที่การเก็บรักษาผลมะพร้าวที่อุณหภูมิต่างกันในรูปแบบ เดียวกันมีปริมาณ MDA และคะแนนกลิ่นผิดปกติต่างกันชัดเจน ที่เป็นเช่นนั้นเพราะผลมะพร้าว แต่ละรูปแบบที่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิเดียวกันมีความเข้มข้นของออกซิเจนภายในผลแตกต่างกัน ไม่มากนัก ในขณะที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกันมะพร้าวมีความเข้มข้นของออกซิเจนภายในผล ต่างกันชัดเจน ดังนั้นปริมาณ MDA และกลิ่นผิดปกติที่เพิ่มขึ้นจึงอาจจากอุณหภูมิในการเก็บ รักษาที่ต่างกันเป็นหลัก

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 52) ผลที่ไม่ปอกเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลคงที่ประมาณ 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นเปอร์เซ็นต์การ รั่วไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งอาจเป็นเพราะเยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพลงตามระยะเวลาเมื่อมี อาหารไม่พอเพียง ในขณะที่ผลที่ปอกเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าวเพิ่ม สูงขึ้นตั้งแต่สัปดาห์แรกของการเก็บรักษา ที่เป็นเช่นนั้นเนื่องมาจากการการปอกเปลือกทำให้มีการ ผลิตเอทิลีนสูงขึ้นมากกว่าผลที่ไม่ปอกเปลือกกว่า 2 เท่า และคาดว่าเอทิลีนที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ เยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อมะพร้าวเสื่อมสภาพ ดังมีรายงานในต้นฝ้ายที่ถูกกระตุ้นให้ผลิตเอทิลีนสูงขึ้น แล้วพบว่ามีการรั่วไหลของประจุเพิ่มสูงขึ้น (Guthrie and Cothren, 1998) การห่อหุ้มผลมะพร้าว หลังจากการปอกเปลือกด้วยฟิล์มพลาสติกไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุ ซึ่งอาจเป็น เพราะผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มฟิล์มพลาสติกยังคงมีการผลิตเอทิลีนสูงอยู่ ส่วนการเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 4°C (ภาพที่ 53) เนื้อมะพร้าวในผลที่ไม่ปอกเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุคงที่ ประมาณ 1 สัปดาห์ แล้วมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องคล้ายกับการเก็บรักษาที่ 25°C แต่มีค่าสูงกว่าที่ 25°C ประมาณ 10% ซึ่งสาเหตุที่การรั่วไหลมีค่าสูงขึ้นคงเป็นเพราะความเสียหายจากอาการ สะท้อนหนาร่วม ส่วนในเนื้อมะพร้าวของผลที่ปอกเปลือกมีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุสูงขึ้นมาก ในสัปดาห์แรกคล้ายกับการเก็บรักษาที่ 25°C แต่มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลสูงกว่าประมาณ 10%

หลังจากนั้นมีอัตราการเพิ่มขึ้นลดลง สาเหตุที่เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุในช่วงสัปดาห์แรกเพิ่มสูงขึ้นนั้นอาจมาจากเอทิลีนที่เกิดจากบาดแผลในวันที่ปอกเปลือกร่วมกับการสะท้อนหน้า ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของประจุมาก แต่เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำยาวนานขึ้นผลของเอทิลีนต่อการรั่วไหลลดน้อยลงอาจเนื่องจากการผลิตเอทิลีนน้อยลงเมื่อเก็บรักษาไว้นานขึ้น ทำให้ปัจจัยที่ทำให้เปอร์เซ็นต์การรั่วไหลเพิ่มขึ้นคงเหลือแต่ผลจากการสะท้อนหน้า

การรั่วไหลของประจุที่สูงขึ้นในส่วนของเนื้อมะพร้าวอาจส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวมีค่าเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์ของเนื้อมะพร้าวได้รับเสียหายทำให้มีประจุรั่วไหลออกมาจากเซลล์แล้วเจือปนในน้ำมะพร้าว แต่จากการตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวที่อุณหภูมิ 25°C (ภาพที่ 50) ผลมะพร้าวทุกระบบมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำประมาณ 5 μS ในวันเริ่มต้นและคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้มาจากการรั่วไหลของเซลล์ในส่วนที่สัมผัสกับน้ำมะพร้าวโดยตรงเท่านั้น ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C (ภาพที่ 49) ผลมะพร้าวทุกระบบมีค่าการนำไฟฟ้าในวันเริ่มต้นเก็บรักษาเท่ากับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C และคงที่ประมาณ 1 สัปดาห์อาจเป็นเพราะมีการรั่วไหลของไอออนจากเซลล์ที่สัมผัสกับน้ำเท่านั้นที่ออกมาเจือปนในน้ำคล้ายกับที่อุณหภูมิ 25°C แต่ในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากเก็บรักษาผลมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C มีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำมะพร้าวในที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ประมาณ 0.5-0.7 μS ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าที่สูงกว่านี้อาจมีสาเหตุมาจากการรั่วไหลของประจุในเนื้อมะพร้าวที่อุณหภูมิ 4°C มีค่ามากกว่าที่ 25°C ประมาณ 10% จากการสะท้อนหน้าของเนื้อมะพร้าว ทำให้เยื่อหุ้มเสื่อมสภาพและมีประจุออกมาเจือปนในน้ำมะพร้าว

ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าวมีความสัมพันธ์กับคะแนนกลิ่นผิดปกติ (ภาพที่ 40 และ 41) โดยการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C มีค่าการนำไฟฟ้าสูงและมีคะแนนกลิ่นผิดปกติมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ซึ่งอธิบายได้ว่าการการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำมีการสะท้อนหน้าเกิดขึ้น ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพแล้วเกิดการรั่วไหลของสารประกอบภายในเซลล์ซึ่งรวมถึงกรดไขมันออกมาเจือปนในน้ำมะพร้าวทำให้มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น ในขณะที่เดียวกันที่อุณหภูมิต่ำยังมีออกซิเจนในผลมากกว่าที่อุณหภูมิสูงจึงออกซิไดซ์กรดไขมันที่ละลายในน้ำ ซึ่งการออกซิไดซ์กรดไขมันทำให้มี MDA เกิดขึ้นและส่งผลให้เกิดกลิ่นผิดปกติดังที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้

การวิเคราะห์กรดไขมันที่พบในเนื้อมะพร้าว (ภาพที่ 38 และ 39) พบว่าในผลมะพร้าวทุกรูปแบบที่เก็บรักษาในทั้งสองอุณหภูมิมีกรดไขมันและการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างกันโดยพบทั้งกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว คือ carprylic acid (C8:0), carpric acid (C10:0), lauric acid (C12:0), mysristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) และ stearic acid (C18:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ส่วนกรดไขมัน oleic acid (C18:1) และ linoleic acid (C18:2) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยมีสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวกว่า 90% ของไขมันที่พบทั้งหมดที่เหลือเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว โดยกรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากคือ lauric acid (C12:0), mysristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0) มีปริมาณร้อยละ 45, 25 และ 15 ของกรดไขมันที่มีในเนื้อมะพร้าวตามลำดับ และในระหว่างการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันเหล่านี้โดยสัดส่วนของ lauric acid (C12:0) เพิ่มขึ้นประมาณ 5% ส่วน mysristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) มีแนวโน้มคงที่ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่พบในการทดลองนี้มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยและไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Ceniza *et al.*, (1993) พบว่าเมื่อมะพร้าวอายุประมาณ 6-7 เดือนมีกรดไขมันอิ่มตัวมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นและมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีสัดส่วนลดลง

ถึงแม้ว่าในการทดลองครั้งนี้กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีปริมาณเพียงประมาณ 10% เมื่อเทียบกับสัดส่วนของกรดไขมันอิ่มตัวที่มีประมาณ 90% แต่ไขมันไม่อิ่มตัวที่พบแม้เพียงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันที่พบนี้อาจมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพของเนื้อและน้ำของมะพร้าวอ่อน ดังที่ Goff and Klee (2006) พบว่าองค์ประกอบของไขมันในผลมะเขือเทศมีผลต่อกลิ่นและรสชาติของผู้บริโภค โดยในผลมะพร้าวนั้นไขมันไม่อิ่มตัวอาจถูกออกซิเดชันด้วยออกซิเจนเปลี่ยนเป็นสารประกอบบางอย่างเช่น MDA ที่ทำให้ผลมะพร้าวมีกลิ่นผิดปกติและเสื่อมสภาพได้เร็ว

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันชนิดต่างๆ ในน้ำมะพร้าวพบว่าที่อุณหภูมิ 25°C ผลที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 36 ก) น้ำมะพร้าวมีกรดไขมันเริ่มต้นเพียง 3 ชนิดคือ lauric acid (C12:0), mysristic acid (C14:0) และ palmitic acid (C16:0) ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัวทั้งหมด สัดส่วนของกรดไขมันเหล่านี้มีลดน้อยลงระหว่างการเก็บรักษา สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัว oleic acid (C18:1) ไม่พบในวันเริ่มต้นแต่พบปรากฏขึ้นหลังจากเก็บรักษาได้ 1 สัปดาห์ และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังจากนั้น อาจเป็นเพราะมีการย่อยสลายไขมันในเนื้อ แล้วมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวรั่วไหลออกมาในน้ำ

การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลมะพร้าวที่ไม่ปอกเปลือก (ภาพที่ 37 ก) มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำไม่แตกต่างจากการเก็บรักษาที่ 25°C แต่กรดไขมันไม่อิ่มตัวมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยผลมะพร้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวหลังจากเก็บรักษาได้ 2 สัปดาห์ แต่พบในสัดส่วนที่มากกว่าที่ 25°C อาจเป็นเพราะที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดสภาวะเครียดจากการสะท้อนหนาวแล้วมีการรั่วไหลของไขมันจากเนื้อมะพร้าวทำให้มีไขมันอิสระ (free fatty acid) ออกมาในน้ำมะพร้าวมากขึ้น

เมื่อพิจารณาอย่างคร่าวๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณ MDA และไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมะพร้าวของผลที่ไม่ปอกเปลือกและเก็บรักษาที่ 25°C ดูเหมือนว่าไม่สอดคล้องกัน กล่าวคือพบปริมาณ MDA ตั้งแต่เริ่มต้นแต่ไม่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งๆ ที่ MDA เป็นผลิตภัณฑ์ของการออกซิไดซ์กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะมีการออกซิไดซ์กรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมะพร้าวด้วยออกซิเจนที่ละลายอยู่และเปลี่ยนเป็น MDA ไปจนหมดทำให้ไม่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำ แต่หลังจากเก็บรักษานานกว่า 1 สัปดาห์ไขมันจากเนื้อมะพร้าวรั่วไหลออกมาในน้ำมากขึ้น แต่ออกซิเจนที่จะออกซิไดซ์กรดไขมันมีความเข้มข้นน้อยลงทำให้เกิดการออกซิเดชันได้ไม่มากนัก จึงตรวจพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เหลือน้อยลง สำหรับกลืนผิดปกติที่ไม่พบเมื่อเริ่มต้นการเก็บรักษาทั้งที่ตรวจพบปริมาณ MDA ตั้งแต่เริ่มต้น นั้นอธิบายได้ว่าในช่วงเริ่มต้นปริมาณ MDA ยังมีไม่สูงที่ทำให้ผู้ชิมรับรู้กลิ่นได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้นประมาณ 12-15 วัน ปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 400 nmol/ml จึงรู้สึกถึงกลิ่นผิดปกติได้

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณ MDA ไขมันไม่อิ่มตัวและกลืนผิดปกติในน้ำมะพร้าวของผลที่ไม่ปอกเปลือกที่ 4°C สามารถอธิบายได้คือ การเก็บรักษาที่ 4°C มีการเสื่อมสภาพของเซลล์เนื้อมะพร้าวจากการสะท้อนหนาวทำให้ไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมะพร้าวเพิ่มมากขึ้นและมีออกซิเจนละลายในน้ำค่อนข้างมากจึงมีการออกซิไดซ์ไขมันไม่อิ่มตัวได้มาก ทำให้ไม่พบไขมันไม่อิ่มตัวในช่วงแรกของการเก็บรักษาแต่พบปริมาณ MDA เพิ่มขึ้นแทน เมื่อเก็บรักษายาวนานขึ้นไขมันไม่อิ่มตัวรั่วไหลออกมามากขึ้นจึงตรวจพบไขมันไม่อิ่มตัวในสัปดาห์ที่ 2 ส่วนคะแนนกลืนผิดปกติเริ่มตรวจพบในช่วงเวลา 9-12 วัน ซึ่งมีปริมาณ MDA ประมาณ 400 nmol/ml เช่นเดียวกับที่พบที่ 25°C

ผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแต่ไม่ห่อหุ้มที่ 25°C มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงไขมันในน้ำไม่แตกต่างจากผลไม่ปอกเปลือก แต่ที่ 4°C พบไขมันไม่อิ่มตัวในสัปดาห์ที่ 1 ของการเก็บรักษาซึ่ง

พบก่อนผลไม่ปอกเปลือก 1 สัปดาห์ อาจเป็นเพราะมีการรั่วไหลของเซลล์มากกว่าผลที่ไม่ปอกเปลือกอันเป็นผลมาจากการปอกเปลือกทำให้เกิดบาดแผลและมีการผลิตเอทิลีนออกมามาก ซึ่ง Chapman (1998) พบว่าเอทิลีนจากบาดแผลในผลไม้หลายชนิดสามารถกระตุ้นให้เซลล์สร้าง เอนไซม์ phospholipase ที่สามารถย่อยสลายให้เกิดไขมันอิสระออกมาจาก triglyceride ได้นอกจากนี้เอทิลีนยังสามารถกระตุ้นให้เซลล์เสื่อมสภาพได้เร็วขึ้น ในผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกจึงพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมะพร้าวก่อนผลไม่ปอกเปลือก

ผลมะพร้าวที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มพลาสติก PVC PE และ PVDC ที่อุณหภูมิ 25°C มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันในน้ำมะพร้าวแตกต่างกันอาจเป็นเพราะฟิล์มพลาสติกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้ต่างกัน โดยฟิล์มพลาสติก PVC มีคุณสมบัติยอมให้ออกซิเจนผ่านได้ดีที่สุดโดยมีค่า OTR เท่ากับ $30 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ส่วนฟิล์มพลาสติก PE ยอมให้ออกซิเจนผ่านได้น้อยกว่าฟิล์ม PVC 6 เท่าโดยมีค่า OTR เท่ากับ $5 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{m}^2$ และฟิล์มพลาสติก PVDC มีคุณสมบัติยอมให้ออกซิเจนผ่านได้ต่ำกว่าฟิล์มพลาสติก PE โดยมีค่า OTR เท่ากับ $3 \times 10^{-5} \text{ cm}^3/\text{m}^2$ ซึ่งคุณสมบัติในการยอมให้ออกซิเจนผ่านอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกรดไขมัน กล่าวคือผลที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PVC มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ปอกเปลือก อาจเป็นเพราะฟิล์มพลาสติก PVC ยอมให้ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปและออกจากเนื้อและน้ำได้ดีจนมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือก ส่วนผลที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PE และ PVDC ไม่พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมะพร้าวตลอดการเก็บรักษา ซึ่งอาจเนื่องมาจากฟิล์มพลาสติก PE มีคุณสมบัติที่สามารถป้องกันออกซิเจนผ่านเข้าออกได้มากกว่า PVC ทำให้มีออกซิเจนผ่านเข้าไปได้น้อยและส่งผลต่อความเข้มข้นของเอทิลีน เนื่องจากการผลิตเอทิลีนต้องใช้ออกซิเจนอัตราการผลิตเอทิลีนจึงลดลง เมื่อเอทิลีนมีน้อยการเสื่อมสภาพของเซลล์เนื้อมะพร้าวจึงเกิดขึ้นอย่างช้าๆตามอายุการเก็บรักษา กรดไขมันจึงถูกย่อยออกมาน้อย และปริมาณไขมันไม่อิ่มตัวบางส่วนจากเนื้อมะพร้าวที่ออกมาในน้ำมะพร้าวจะถูกออกซิเจนออกซิไดซ์เป็น MDA จนหมด จึงไม่พบไขมันไม่อิ่มตัวเหลืออยู่ และทำให้มีปริมาณ MDA เพิ่มขึ้น ซึ่งต้องใช้เวลาประมาณ 12-15 วัน จึงพบกลิ่นผิดปกติเมื่อมีปริมาณ MDA ประมาณ 400 nmol/ml อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำมะพร้าวกลับพบว่าในผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE มีความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำไม่แตกต่างจากผลที่ปอกเปลือกแล้วห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC ทำให้ยังไม่สามารถอธิบายผลการทดลองนี้ได้ชัดเจน

นอกจากนี้ในส่วนของการกรดไขมันไม่อิ่มตัวยังพบว่าในน้ำมะพร้าวของผลที่ปอกเปลือกแล้ว ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC มีกรด lauric (C: 12) เพิ่มขึ้น ส่วนกรด myristic (C: 14) และ palmitic (C: 16) ลดลงและหายไปหลังจากสัปดาห์ที่ 1 และ 2 ของการเก็บรักษาตามลำดับซึ่งกรดไขมัน myristic acid และ palmitic acid ที่ลดลงคาดว่าเป็นผลมาจากการเก็บรักษาที่ 25°C มีการหายใจและใช้พลังงานไปมากทำให้เหลือพลังงานและสารตั้งต้นน้อยลง ปริมาณ acetyl-Co A ในกระบวนการหายใจที่เป็นตัวให้อะตอมคาร์บอนในการสร้างกรดไขมันจึงไม่เพียงพอต่อการสร้างกรดไขมัน

ในการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4°C ผลที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PVC มีปริมาณและการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่แตกต่างจากผลที่ไม่ปอกเปลือกซึ่งคาดว่ามีสาเหตุจากมีความเข้มข้นของออกซิเจนใกล้เคียงกับผลที่ไม่ปอกเปลือก ส่วนผลที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PE เริ่มพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัปดาห์ที่ 3 แล้วหายไปในสัปดาห์ที่ 4 ส่วนผลที่ห่อหุ้มด้วยพลาสติก PVDC พบกรดไขมันไม่อิ่มตัวในสัปดาห์สุดท้ายเท่านั้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงกรดไขมันไม่อิ่มตัวในผลที่ห่อหุ้มด้วย PE และ PVDC ซึ่งแตกต่างไปจากผลที่ห่อหุ้มฟิล์ม PVC นั้นอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของระดับเอนไซม์ desaturase ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่ง Harris and James (1968) พบว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10°C และมีออกซิเจนเพียงพอ การสร้างไขมันไม่อิ่มตัวในสาหร่ายสีเขียว *Chlorella vulgaris* (strain 211/IIh) ใบผักโขม และในหัว Narcissus ถูกควบคุมด้วยการทำงานของเอนไซม์ desaturase โดยในสภาพที่พืชเหล่านี้มีออกซิเจนมากมีการสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้สูงกว่าสภาพที่มีออกซิเจนน้อยทั้งนี้อาจเนื่องจากเอนไซม์ desaturase ต้องการออกซิเจนซึ่ง Harwood (1994) กล่าวว่า การเปลี่ยนกรดไขมันอิ่มตัวเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปฏิกิริยา desaturation นั้น มีออกซิเจนจะเป็นตัวรับไฮโดรเจนอะตอมจากกรดไขมันอิ่มตัวทำให้เกิดการสร้างพันธะคู่ในสายกรดไขมันแล้วเกิดเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งในผลมะพร้าวที่ห่อหุ้ม PE และ PVDC อาจมีการทำงานของเอนไซม์นี้น้อยกว่าผลมะพร้าวที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PVC โดยอาจเป็นผลจากฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC มีคุณสมบัติในการยอมให้ออกซิเจนผ่านเข้าออกได้น้อยกว่า PVC ออกซิเจนจึงอาจไม่เพียงพอต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์ นอกจากนี้ฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC ยังอาจมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนของคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าฟิล์มพลาสติกชนิด PVC จึงเกิดการสะสมของคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้นแล้วเกิดกรดคาร์บอนิกขึ้นในน้ำมะพร้าวทำให้ค่า pH ของน้ำมะพร้าวต่ำลง ประสิทธิภาพการทำงานของเอนไซม์จึงลดลง การเปลี่ยนแปลงไขมันอิ่มตัวเป็นไขมันไม่อิ่มตัวจึงมีน้อยกว่าผลมะพร้าวที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์ม PVC แต่ความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าวกลับพบว่ามีความ

เข้มข้นไม่ต่างกันจึงยังอธิบายผลของการห่อหุ้มพลาสติกต่อคุณภาพไม่ได้ชัดเจน ส่วนคะแนนกลิ่นผิดปกติเริ่มตรวจพบในช่วงเวลา 9-12 วัน ซึ่งมีปริมาณ MDA ประมาณ 400 nmol/ml เช่นเดียวกับที่พบในมะพร้าวปอกเปลือกที่ห่อหุ้ม PVC ในส่วนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวที่ห่อหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติก PE และ PVDC มีปริมาณคงที่ตลอดอายุการเก็บรักษาซึ่งอาจเพราะถูกเอนไซม์ desaturase เปลี่ยนเป็นไขมันไม่อิ่มตัวได้น้อยการเปลี่ยนแปลงจึงเกิดขึ้นน้อยตามไปด้วย



สรุป

มะพร้าวอ่อนทั้งผลไม่ปอกเปลือกมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนต่ำประมาณ 25 $\text{mgCO}_2\text{hr}^{-1}\text{kg}^{-1}$ และ 200 $\text{nLC}_2\text{H}_4\text{kg.hr}$ ตามลำดับ แต่เมื่อปอกเปลือกทั้งแบบควั่นหรือแบบเฉียแล้วมีอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น

มะพร้าวอ่อนที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างกันมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนไม่แตกต่างกัน

ก๊าซออกซิเจนในเปลือกชั้น mesocarp มีความเข้มข้นลดลงในระหว่างการเก็บรักษา ในขณะที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นผลที่ห่อหุ้มแบบสุญญากาศที่มีความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นมาก

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดมีค่าคงที่ประมาณ 7.6 °Brix ปริมาณกรดที่ไต่เตเรตได้มีค่าคงที่ประมาณ 0.07% แต่การห่อหุ้มแบบสุญญากาศทำให้มีปริมาณกรดที่ไต่เตเรตได้เพิ่มขึ้นมาก 3 เท่าและทำให้ผลมะพร้าวเสื่อมสภาพเร็ว

ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวมีค่าอยู่ระหว่าง 200-250 ppm ในช่วงเริ่มเก็บรักษาแล้วเพิ่มขึ้นโดยการเก็บรักษาที่ 25°C มีความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เพิ่มสูงขึ้นเร็วกว่าที่ 4°C ปริมาณ malondialdehyde (MDA) ที่ 4°C

มีปริมาณ MDA สูงกว่าที่ 25°C ประมาณ 50% และยังมีความสอดคล้องกับกลิ่นผิดปกติที่พบในน้ำมะพร้าว กรดไขมันในเนื้อมะพร้าวร้อยละ 90 เป็นกรดไขมันอิ่มตัวและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนที่เหลือเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวและมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย กรดไขมันในน้ำมะพร้าวเมื่อเริ่มต้นพบเฉพาะกรดไขมันอิ่มตัว แต่ในระหว่างการเก็บรักษาพบกรดไขมันไม่อิ่มตัว ปริมาณเล็กน้อย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมศุลกากร. 2552. **สถิติการนำเข้า-ส่งออก**. แหล่งที่มา:

<http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticIndex.jsp>, 1 สิงหาคม 2552.

กวิศร์ วานิชกุล. 2539. มะนาวหรือมะพร้าวน้ำหอม. บทวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบสำหรับการตัดสินใจ. **เมืองเกษตร**. 8 (32): 62-80.

กิริพันธ์ เหมาะประมาณ. 2553. **ปัจจัยที่มีผลต่อการตกค้างของสารไซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในผลมะพร้าวอ่อน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

เดชา ศิริภัทร. 2544. มะพร้าวพืชแห่งเวลาของคนไทย. น. 21 – 24. ใน **พืชพันธุ์พื้นบ้าน ความสุขชีวิตที่เราปลูกได้**. สยามเจริญพานิชย์, กรุงเทพฯ.

จุลพันธ์ เพชรพิรุณ. 2544. มะพร้าวน้ำหอม, น. 38-44 ใน พานิชย์ ยศปัญญา. **มะพร้าวพืชสารพัดประโยชน์**. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ โฉมเฉลา. 2530. **เชื้อพันธุ์มะพร้าว**. พันธุ์ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

เทียมใจ ตูลยาทร. 2527. **โครงสร้างของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เทียมใจ คมกฤต. 2541. **กายวิภาคของพฤษ**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ดังคนานุรักษ์ และ คณิตา ดังคนานุรักษ์. 2550. หลักการการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมี. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2546. **พืชสวนพันธุ์ดีในรอบ 30 ปี**. ทงพล สมศรี. บรรณาธิการ. ชุมชมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

นพพร คล้ายพงษ์พันธุ์, รัชฎษดี กาวีตะ, เรวดีม เลิศฤทัยโยธิน และ สนธิชัย จันทรเปรม. 2547.
พืชเศรษฐกิจ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นวลจันทร์ นิโกธธา. 2537. **ผลของการปลูกเปลือกมะพร้าวอ่อนแบบต่างๆ ต่ออายุการ
เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม

ประชิด อยู่หว่าง. 2540. **การยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลในผลมะพร้าวอ่อนโดยใช้สารทดแทน
ซัลไฟด์และการบรรจุแบบบรรยากาศดัดแปลง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.

พานิชย์ ยศปัญญา. 2544. **มะพร้าวพืชสารพัดประโยชน์**. สำนักพิมพ์มติชน, กรุงเทพฯ.

พร รุ่งแจ้ง. 2541. มะพร้าว, น.110 –116. ใน วาสนา วงษ์ใหญ่, อุดม พูลเกษ, รัชฎษฎ์ กาวีตะ
และวิทยา แสงแก้วสุข, บรรณาธิการ. **พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ**. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพลิน นงค์คำ. 2550. **การศึกษาปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ตกค้างในผลมะพร้าว
อ่อน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

มันสิน ตันกุลเวศม์. 2543. **คู่มือการวิเคราะห์น้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

รัชณี จิตตวานิช. 2532. **เครื่องใช้จากมะพร้าว**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอ.เอส.พรินติ้ง เฮาส์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2546. **ชนิดและพันธุ์ไม้ผลเมืองไทย** : Species and varieties of Thai fruit.

ศศิธร มั่นเจริญ, เสาวภาคย์ ธีราทรง, ภาติยา ภาสกรนธ์, มณีนยา หมาดหล้า และ ดวงใจ นาคะ
ปรีชา. 2539. **วิธีการแยกสารสำหรับการหาปริมาณเอทานอลในตัวอย่างยา.**

แหล่งที่มา: http://www.scisoc.or.th/stt/32/sec_c/paper/stt32_C1_C0134.pdf, 2
กรกฎาคม 2552.

สุพจน์ ตั้งจุฑพร. 2543. **เอกสารประกอบการเรียนการสอนเรื่องมะพร้าวน้ำหอม.** วิทยาลัย
เกษตรและเทคโนโลยี, ชลบุรี.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. **มาตรฐานสินค้าเกษตรและ
อาหารแห่งชาติเรื่อง มะพร้าวน้ำหอม (มกอช. 15 - 2550).** กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์. กรุงเทพฯ. 10 น.

โสภิตา ริยะกุล. 2549. **การลดปริมาณการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์เพื่อป้องกันการเกิดสี
น้ำตาลและเชื้อราบนผลมะพร้าวน้ำหอมที่ปอกเปลือกแล้ว.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

A.O.A.C. 1995. **Official Method of Analysis.** Assosiation of Official Analytical
Chemists, Inc., Virginia.

_____. 2000. **Official Method of Analysis.** Assosiation of Official Analytical
Chemists, Inc., Virginia.

Bapat, A.V., P.K. Trivedi, A. Ghosh, V.A. Sane, T.R. Ganapathi and P. Nath. 2010.
Ripening of fleshy fruit: molecular insight and the role of ethylene.
Biotechnology Advances. 28: 94-107.

Biale, J.B., R.E. Young and A.J. Olmstead. 1953. Fruit respiration and ethylene
production. **Plant Physiology.** 168-174.

- Breusegem, V.F., E. Vranova, J.F. Dat and D. Inze. 2001. The role of active oxygen species in plant signal transduction. **Plant Science**. 161: 405–414.
- Cakmak, I. and W.J. Horst. 1991. Effect of aluminum on lipid peroxidation superoxide dismutase in root tip of soy bean (*Glycine max* L.). **Plant physiologia plantatum**. 83: 463-468
- Ceniza, M.S., S. Ueda and Y. Sugimura. 1993. In vitro culture of coconut endosperm: callus induction and its fatty acids. **Philippine J.** 18 (2): 16-19.
- Chapman, K.D. 1998. Phospholipase activity during plant growth and development and in response to environmental stress. **Trends in Plant Science**. 3 (11): 1360–1385.
- Child, R. 1974. **Coconuts**. 2nd ed. Longman Group Ltd., London.
- Chonhenchob, V., Y. chantarasomboon and S.P. Sing. 2007. Quality changes of treated fresh cut tropical fruits in rigid modified atmosphere packaging containers. **Package Technology and Science**. 20: 27-37.
- Christie, P. J., M. Hahn and V. Walbot. 1991. Low temperature accumulation of alcohol dehydrogenase-1 mRNA and protein activity in maize and rice seedlings. **Plant Physiology**. 95: 699-706.
- Codex Alimentarius Commission. 2009. **Codex General Standard for Food Additives (GSFA) Online Database**. Available from:
<http://www.codexalimentarius.net/gsfaonline/index.html?lang=en> [2009, December 14].

- Consignado, T.O., P.C. Tabora and R.P. Creencia. 1976. Physio-chemical changes in stored young coconut. **Phillipine Agriculture**. 60: 256-270.
- De Taffin, G., M. Dollet and P. R. McCrimmon. 1998. **Coconut**. TCTA, Macmillan. London.
- Defilippi, G.B., A.M. Dandekar, and A.A. Kader. 2005. Relationship of Ethylene Biosynthesis to Volatile Production, Related Enzymes, and Precursor Availability in Apple Peel and Flesh Tissues. **J. Agric. Food Chem.** 53: 3133-3141
- Dennis, E.S., R. Dolferus, M. Ellis, M. Rahman, Y. Wu, F. U. Hoeren, A. Grover, K.P. Ismond, A.G. Good and W.J. Peacock. 2000. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plant.. **J. of Experimental Botany**. 51 (342): 89-97.
- Dolendo, A.L., P.R. Briones, E.A. Bason and M C. Librea. 1967. Effect of the maturity of coconut on the composition and texture of coconut flour. **The Philippine J. of Science**. 353-361.
- Fonseca, S.C., F. A.R. Oliveira and J.K. Brecht. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **J. of Food Engineering**. 52: 99–119.
- Gill, S.S. and N. Tuteja. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**. 48: 909-930.

Gonzalez-Aguilar, G.A., M.E. Tiznado-Hernandez, R. Zavaleta-Gatiga and M.A. Martinez-Tellez. 2004. Methyl jasmonate treatments reduce chilling injury and activate the defend response of guava fruits. **Biochemical and Biophysical Research Communication**. 313: 464-701

Goff, S.A. and H. J. Klee. 2006. Plant Volatile Compounds: Sensory Cues for Health and Nutritional Value. **Science**. 311: 815-819.

Gupta, S.M., S. Srivatava, A.P. Sane, P. Nath. 2006. Differential expression of gene during banana fruit development, ripening and 1-MCP treatment: present of distince fruit specific, ethylene induce and ethylene repressed expression. **Posthavest Biology and Technology**. 42: 16-22.

Guthrie, D.S. and J.T. Cothren. 1998. Enhanced ethylene evolution and electrolyte leakage from methomyl-treated cotton (*Gossypium hirsutum*) . **Field Crops Research**. 19: 241-252.

Harris, J. and A.T. James. 1968. The effect of low temperature on fatty acid biosynthesis in plants. **Biochem J**. 112: 325-330.

Harwood, J.L. 1994. Lipid metabolism. In Gunstone, F.D., J.L. Harwood and F.B. Padley. **The lipid handbook**, editors. 2nd. Chapman and Hall, London.

Ke, D., E. Yahia, B. Hess, L. Zhou and A. A. Kader. 1995. Regulation of fermentative Metabolism in avocado fruit under oxygen and carbon dioxide stress. **J. Amer. Soc. Hort. Sci**. 120 (3): 481-490.

Lin, F.M. and W.F. Wilkens. 1970. Volatile flavor components of coconut meat. **J. Food Science**. 35 (5): 538-539

- Pesis, E. 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. **Postharvest Biology and Technology**. 37: 1–19.
- Peters, S.J. and C. Frenkel. 2004. Relationship between alcohol dehydrogenase activity and low-temperature in two maize genotypes, Silverado F₁ and *Adh1⁻Adh2⁻* doubly null. **Plant Physiology and Biochemistry**. 42: 841–846.
- Saltveit, M.E. 2005. Influence of heat shocks on the kinetics of chilling-induced ion leakage from tomato pericarp discs. **Postharvest Biology and Technology**. 36: 87–92.
- Thampan, P.K. 1975. **The Coconut Palm and Its Products**. Green Villa Publishing House, Jakarta.
- Tongdee, S.C., A. Suannagul and S. Neamprem. 1991. Postharvest handling of tender coconut. **Asean Food J.** 6 (2): 74-75.
- Wijaranam R.S. W., V. Jeyachandran, K. Karunanithy, I. G.N. Hewajulige and M.G.D.S. Perena. 2006. Extending storage life of king coconut, *Cocos nicifera* var. *aurentica*. **Acta Hort.** 712: 407-411.
- Woodroof, J.C. 1970. **Coconut: production processing product**. The AVI publishing company, inc, Newyork.
- Yang, S., X. Su, K.N. Prasad, B. Yang, G. Cheng, Y. Chen, E. Yang and Y. Jiang. 2008. Oxidation and peroxidation of postharvest banana fruit during softening. **J. of Botany**. 40 (5): 2023-2029.

Zamorano, J.P., B. Dopico, A.L. Lowe, I. D. Wilson, D. Grierson, C. Merodio. 1994.

Effect of low temperature storage and ethylene removal on ripening and gene expression changes in avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**.

4: 331-342.





ภาคผนวก

1. การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ของน้ำในผลมะพร้าว โดยวิธีมาตรฐาน เอชดีปรับปรุง (มันสิน, 2535)

การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายแมงกานีสซัลเฟต

ละลายแมงกานีสซัลเฟตเตตราไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 480 g หรือ แมงกานีสซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 400 g หรือแมงกานีสซัลเฟตโมโนไฮเดรต ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 364 g ในน้ำกลั่นกรองและเจือจางเป็นปริมาตร 1 L

2. สารละลายอัลคาไล-ไฮโดรไดต์-เอชดี

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 500 g (หรือโปแตสเซียมไฮโดรไดต์ 700 g) และโซเดียมไฮโดรไดต์ (NaI) 135 g (หรือ โปแตสเซียมไฮโดรไดต์ 150 g) ในน้ำกลั่นเจือจางเป็นปริมาตร 1 L และละลายโซเดียมเอชดี (NaN_3) 10 g ในน้ำกลั่นปริมาตร 40 ml แล้วเติมลงในสารละลายข้างต้น

3. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (36 N)

4. น้ำแป้ง

ละลายแป้งมันสำปะหลัง 5 g ในน้ำต้มปริมาตร 800 ml เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1 L ต้มให้เดือด 2-3 นาที ตั้งค้ำคืนไฟแต่น้ำใส เติมกรดซาลิไซลิก (Salicylic Acid) 1.25 g ต่อน้ำแป้งปริมาตร 1 L

5. สารละลายโซเดียมโธไอซัลเฟต 0.1 N

ละลายโซเดียมโธไอซัลเฟตเพนตะไฮเดรต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) จำนวน 24.82 g ในน้ำ

ต้มให้ทิ้งให้เย็นแล้ว เติมน้ำจนได้ปริมาตร 1 L เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์มปริมาตร 5 ml หรือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 g ต่อสารละลายปริมาตร 1 L

6. สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.0250 N

เตรียมโดยเจือจางสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.1 N จำนวน 250 ml ด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 L เก็บรักษาโดยการเติมคลอโรฟอร์มปริมาตร 5 ml หรือใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.4 g สารละลายนี้ต้องนำมาหาความเข้มข้นที่แน่นอน (standardization) ด้วยสารละลายมาตรฐานไดโครเมต

7. สารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 0.0250 N

ละลายโปแตสเซียมไดโครเมตที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 103°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 1.226 g ต่อน้ำกลั่น 1 L

8. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต

โดยละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 g ในน้ำกลั่น 150 ml ใส่ขวดรูปกรวย เติมกรดซัลฟูริก (1+9) 10 ml แล้วเติมสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต 0.025 N จำนวน 20 ml ทิ้งไว้ 5 นาที เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 200 ml แล้วไทรเตรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตโดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ (จากสีน้ำเงินจนไม่มีสี) ซึ่งปกติปรับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตเท่ากับ 0.0250 N พอดีเพื่อสะดวกในการคำนวณถ้าสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตมีความเข้มข้น 0.0250 N พอดีปริมาตรที่ใช้ในการไทรเตรตจะใช้เท่ากับ 20 ml พอดี

การคำนวณ

$$\text{ความเข้มข้นของโซเดียมไฮโอซัลเฟต (N)} = \frac{0.0250 \times A}{20}$$

$$A = \text{ปริมาตรของสารละลายของโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ไทรเตรต (ml)}$$

วิธีวิเคราะห์ (Analysis)

1. เติมตัวอย่างน้ำมะพร้าวที่วิเคราะห์ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ Biological Oxygen Demand (BOD) ให้เต็มโดยใช้วิธีกลักน้ำซ้ำๆ และปล่อยให้ น้ำล้นพ้นคอขวดออกมาสักพัก ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ
2. เติมสารละลายแมงกานีสซัลเฟตปริมาตร 1.5 ml และสารละลายอัลคาไล-ไฮโดรไดต์-เอไซด์ปริมาตร 1.5 ml โดยให้ปิเปตอยู่ใต้ผิวของตัวอย่างน้ำมะพร้าวในขวดบีโอดี
3. ปิดจุก ระวังอย่าให้มีฟองอากาศ เขย่าอย่างแรงโดยการกลับขวดไปมาประมาณ 15 ครั้ง จนเกิดตะกอนสีน้ำตาลปล่อยให้ตกตะกอน (ถ้าเกิดตะกอนสีขาวแสดงว่าน้ำไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำ)
4. เปิดจุกออกแล้วเติมซัลฟูริกเข้มข้นปริมาตร 2.0 ml โดยปล่อยให้กรดค่อยๆ ไหลลงไปตามข้างๆ คอขวด โดยให้ปลายปิเปตอยู่เหนือผิวน้ำ ปิดจุกเขย่าให้เข้ากันโดยกลับไปกลับมา จนกระทั่งตะกอนละลายหมดตั้งทิ้งไว้ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที แล้วจึงไตรเตรต สารละลายที่เติมกรดแล้วนั้นสามารถเก็บไว้ได้ 2 ชั่วโมง
5. คำนวณปริมาณของตัวอย่างที่ใช้ในการไตรเตรตโดยถือปริมาตรเริ่มต้นของตัวอย่าง ปริมาตร 200 ml เป็นหลัก นั่นคือ ถ้าขวดบีโอดีขนาด 300 ml เติมแมงกานีสซัลเฟตและอัลคาไล-ไฮโดรไดต์-เอไซด์อย่างละ 1.5 ml รวมเป็นปริมาตร 3 ml ปริมาตรที่ต้องนำมาไตรเตรตจะเป็น $(200 \times 300) / (300 - 3) = 202 \text{ ml}$ ดังนั้นจึงต้องตวงสารตัวอย่าง 202 ml ใส่ขวดรูปกรวยเพื่อนำไปไตรเตรต
6. ไตรเตรตสารละลายตัวอย่างด้วย โซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.0250 N จนกระทั่งสีเหลืองเริ่มจางลง (สีฟางข้าว) เติมน้ำแบ่งปริมาตร 1 ml ได้สีน้ำเงินไตรเตรตจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป
7. การคำนวณ เนื่องจาก 1 ml ของโซเดียมไฮโอซัลเฟต 0.0250 N สมมูลกับออกซิเจนละลาย

0.0200 mg ดังนั้น แต่ละ ml ของโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่จะสมมูลกับออกซิเจนละลาย 1 mg/L เมื่อปริมาตรของตัวอย่างเริ่มต้นปริมาตร 200 ml เช่น เมื่อใช้สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตในการไทเรตปริมาตร 5.0 ml ตัวอย่างน้ำจะมีออกซิเจนละลายอยู่ 5.0 ml/L

2. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าวตัดแปลงมาจากวิธีหาแอลกอฮอล์ของ (ศศิธรและคณะ, 2549)

การเตรียมสาร

1. กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2.5 M โดยนำกรดซัลฟูริกปริมาตร 135.9 ml มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 200 ml ปรับปริมาตรเป็น 1,000 ml

2. โพแทสเซียมไดโครเมต ความเข้มข้น 0.1 M ในสารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 2.5 M โดยชั่งโพแทสเซียมไดโครเมตน้ำหนัก 29.42 g ละลายในกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ แล้วบรรจุในขวดสีชา

วิธีการวิเคราะห์

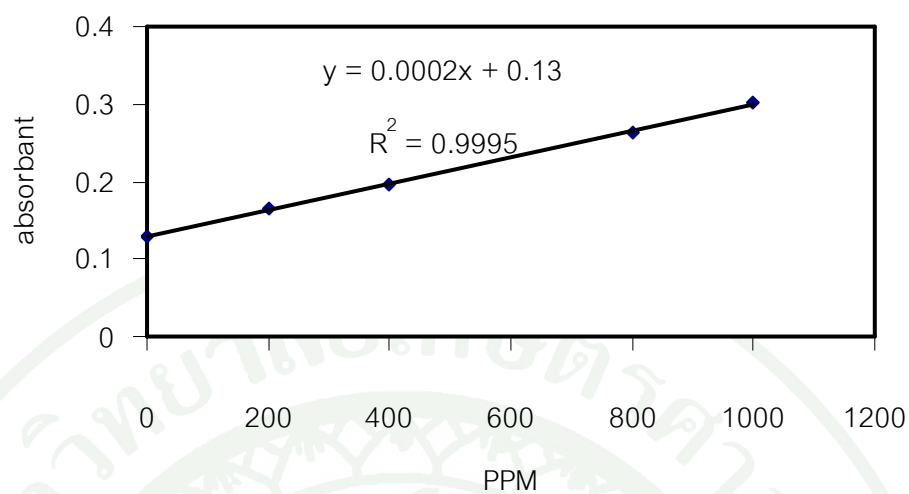
นำน้ำมะพร้าวปริมาตร 30 μ L บรรจุลงในขวดแก้วขนาด 20 ml นำไปบรรจุในขวดแก้วขนาด 250 ml ที่มีสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตในสารละลายกรดซัลฟูริกที่เตรียมไว้ปริมาตร 300 μ L ปิดฝาขวดให้สนิท วางไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดปริมาณเอทานอลโดยนำสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ได้ไปวัดค่าการกลืนแสงด้วยเครื่อง UV visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร นำค่าการกลืนแสงที่ได้คำนวณหาปริมาณเอทานอลโดยแทนค่าในสูตรที่ได้จากกราฟมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ไขมัน ตามวิธีของ (A.O.A.C., 1995)

การวิเคราะห์ไขมันในน้ำและเนื้อมะพร้าว

1. นำน้ำมะพร้าวปริมาตร 100 ml (ใช้น้ำมะพร้าวน้ำหนัก 5 g homogenizer กับสารละลายคลอโรฟอร์ม-เมทานอล 2:1 ($\text{CH}_3\text{Cl} : \text{MeOH}$ 2:1) ปริมาตร 10 ml) ใส่ในกรวยแยก แล้วเติมสารละลายคลอโรฟอร์ม-เมทานอล 2:1 ($\text{CH}_3\text{Cl} : \text{MeOH}$ 2:1) ปริมาตร 60 ml จากนั้นเขย่าแล้วปล่อยให้สารละลายแยกชั้น แล้วแยกเอาสารละลายส่วนบนชั้นล่างที่มีไขมันละลายปนกับคลอโรฟอร์ม-เมทานอล ทำเช่นนี้ 3 ครั้ง
2. นำสารละลายทั้งหมดที่ได้มาแยกตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง evaporator ที่อุณหภูมิ 40°C จนแห้ง แล้วคำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมด โดยคำนวณจากน้ำหนักไขมันทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นมาจากขวดแก้ว
3. นำไขมันทั้งหมดมาทำปฏิกิริยา saponification โดยเติม NaOH ความเข้มข้น 0.5 M ใน methanol ปริมาตร 5 ml จากนั้นเติม internal standard ($\text{C}_{17:0}$) ปริมาตร 1 ml แล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 5 นาที แล้วนำขึ้นมาถึงไว้ให้เย็น แล้วเติม BF_3 ความเข้มข้น 14% ใน methanol ปริมาตร 2 ml จากนั้นนำไปต้มที่อุณหภูมิ 100°C นาน 15 นาที ที่ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมสารละลายเกลืออิมิตัวปริมาตร 10 ml จากนั้นเติม heptane ปริมาตร 4 ml เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นดูดสารละลายส่วนใสด้านบนปริมาตร 1 ml แล้วนำไปวิเคราะห์ โดยใช้สารละลายปริมาตร 5 μL ฉีดวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatography ยี่ห้อ Chrompack รุ่น CP 9001 detector ชนิด flame ionization โดยใช้อุณหภูมิ injector 270°C และอุณหภูมิ detector 280°C ใช้ GC-capillary column ยี่ห้อ Varian phase WCOT silica ขนาด 50 m x 0.25 mm ID coating CP-sil 88 tailor made frame

ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้น 140°C คงที่ไว้ 5 นาที จากนั้นเพิ่มขึ้นทีละ 5°C จนกระทั่งอุณหภูมิถึง 200°C แล้วคงที่ไว้ 15 นาที



ภาพผนวกที่ 1 สมการและกราฟมาตรฐานของการคำนวณคำนวณความเข้มข้นของเอทานอลในน้ำมะพร้าว

ตารางผนวกที่ 1 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในเปลือกมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	12.36 bc ¹	14.84 b	15.10 ab	12.16 b	16.51 a	13.13 b	9.65 b	6.14	4.06
	trimmed	15.80 ab	16.36 a	16.84 a						
	PVC	13.7 abc	10.48 cd	17.63 a	14.48 ab	8.16 b				
	VAC	12.95 c	7.24 d	6.17 c						
4°C	whole	13.19 b	11.39 cd	11.55 bc	15.8 a	17.2 a	18.845 a	13.96 a		
	trimmed	16.22 a	11.55 cd	14.4 ab	15.49 a	15.15 a	19.62 a	14.43 a		
	PVC	14.64 bc	13.98 bc	14.35 ab	13.01 ab	15.48 a				
	VAC	8.62 d	7.55 d	8 c	7.8 b	6.84 b	3.19 c	3.1 c		
temp	prop	0.0955	0.2291	0.4226	0.2258	0.023	0.0002	0.0057		
type	prop	0.0009	0.0036	0.0036	0.0018	0.0025	0.002	0.0009		
temp*type	prop	0.0274	0.0403	0.363	0.019	0.0457				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 2 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเปลือกมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	3.63 b ¹	2.05 c	5.13c	4.04 b	2.90 bc	2.73 b	3.248 b	4.036	4.57
	trimmed	0.42 b	0.91 c	0.78 a						
	PVC	5.023 b	5.28 c	0.89 d	0.9 b	4.75 b				
	VAC	5.54 b	51 a	52.5 d						
4°C	whole	5.61 b	0.73 c	1.42 d	1.69 b	1.91 cd	0.57 b	0.50 b		
	trimmed	3.785 b	1.32 c	0.42 d	0.25 b	0.37 d	0.397 b	0.17 b		
	PVC	4.56 b	0.87 c	0.49 d	0.34 b	4.13 b				
	VAC	14.85 a	29.09 b	14.61 b	28.55 a	31.71 a	58.21 a	35.805 a		
temp	prop	0.001	0.0183	0.0001	0.0015	0.0001	0.0242	0.0068		
type	prop	0.001	0.0001	0.0001	0.001	0.0001	0.0051	0.0025		
temp*type	prop	0.007	0.0313	0.0001	0.0005	0.0001				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	0.62 b ¹	1.4 c	1.2 c	1.05 b	0.275 c	0.15 b	0.15 c	0.25	0.225
	trimmed	0.62 b	1.22 cd	1.05 c						
	PVC	0.95 a	0.55 ef	0.285 c	0.15 b	0.25 c				
	VAC	0.57 c	0.1 f	0.25 c						
4°C	whole	0.87 a	9.55 b	16.1 a	11.95 a	10.7 b	10.475 a	10.45 a		
	trimmed	0.95 a	12.92 a	11 b	12.1 a	10.925 b	12.05 a	10.1 a		
	PVC	0.35 c	0.25 f	11.72 b	12.62 a	12.975 a				
	VAC	0.35 c	0.83 de	1.075 c	0.5b	0.4 c	0.475 b	0.825 b		
temp	prop	0.0077	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0015	0.0031		
type	prop	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0016	0.0003		
temp*type	prop	0.0001	0.0001	0.0001	0.0277	0.0001				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 4 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	7.33 a ¹	7.46 a	7.2 c	7.73 ab	7.13 b	6.73 b	6.93 b	6.8	6.33
	trimmed	7.13 a	7.33 a	7.07 c						
	PVC	7.53 a	7.73 a	7.4 bc	7.46 ab	7.33 ab				
	VAC	7.53 a	7.4 a	7.4 bc						
4°C	whole	7.53 a	7.67 a	8.47 a	7.93 a	8.0 a	8.26 a	7.4 ab		
	trimmed	8.0a	7.6 a	7.67 bc	7.8 ab	8.06 a	7.66 ab	8.2 a		
	PVC	7.6 a	7.46 a	7.93 ab	7.2 ab	7.53 ab				
	VAC	7.67 a	7.4 a	7.67 bc	7 b	7.4 ab	7.0 ab	7.73 ab		
temp	prop	0.2406	0.8539	0.0001	0.6171	0.901	0.0203	0.0913		
type	prop	0.9694	0.9482	0.1309	0.0742	0.0792	0.1777	0.1893		
temp*type	prop	0.6817	0.8941	0.963	0.4753	0.3915				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 5 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการหุ้มต่อปริมาณกรดที่ไต่เตเรตได้ทั้งหมดที่ละลายในน้ำมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	0.08 b ¹	0.07 b	0.07 cd	0.05 c	0.06 bc	0.053 b	0.07 b	0.062	0.075
	trimmed	0.08 b	0.07 b	0.08 c						
	PVC	0.08 b	0.07 b	0.07 cd	0.06 bc	0.06 bc				
	VAC	0.08 b	0.15 a	0.18 a						
4°C	whole	0.1 ab	0.08 b	0.04 e	0.05 c	0.07 b	0.052 b	0.07 b		
	trimmed	0.14 a	0.07 b	0.07 cd	0.07 ab	0.06 bc	0.071 b	0.07 b		
	PVC	0.2 ab	0.08 b	0.06 d	0.1 a	0.05 c				
	VAC	0.11 ab	0.1 b	0.11 b	0.09 a	0.12 a	0.16 a	0.16 a		
temp	prop	0.9966	0.9986	0.9971	0.4039	0.4037	0.8634	1		
type	prop	0.0149	0.0146	0.0145	0.161	0.0162	0.0007	0.0007		
temp*type	prop	1	1	1	0.9992	1				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการหุ้มต่อปริมาณ malondialdehyde ในน้ำมันมะพร้าว (nmol/ml)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24
25°C	whole	98.9 a ¹	122.6 b	111.8 b	193.6 b	141.9 b	165.6 b	296.8 b	197.9	290.30
	trimmed	96.6 a	117.1 b	103.5 b						
	PVC	77.4 a	247.3 ab	219.4 ab	249.5 b	424.6 a				
	VAC	142.9 a	129.0 a	371.0 a						
4°C	whole	118.3 a	367.6 ab	236.6 ab	314.0 ab	423.7 a	380.7 a	273.1 b		
	trimmed	137.6 a	187.1 ab	266.7 ab	333.2 ab	395.7 a	404.3 a	638.7 a		
	PVC	79.6 a	269.9 a	335.5 a	453.8 a	603.2 a				
	VAC	116.1 a	249.5 ab	228.0 ab	253.8 b	421.9 a	376.3 a	688.2 a		
temp	<i>prop</i>	0.6241	0.0087	0.1705	0.1665	0.0043	0.0359	0.5678		
type	<i>prop</i>	0.3251	0.2002	0.0646	0.2223	0.0149	0.945	0.0589		
temp*type	<i>prop</i>	0.565	0.2637	0.0668	0.7714	0.2011				

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 7 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของออกซิเจนในน้ำมะพร้าว ($\mu\text{L/L}$)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24	วันที่ 27	วันที่ 30
4°C	whole	0.13 a ¹	0.17 a	0.15 a	0.13 b	0.17 ab	0.1 a	0.15 a	0.17 a	0.1 a	0.1 b	0.3 b
	trimmed	0.13 a	0.17 a	0.25 a	0.32 a	0.25 a	0.22 a	0.23 a	0.2 a	0.38 a	0.38 a	0.67 a
	PVC	0.13 a	0.13 a	0.17 a	0.13 b	0.13 b	0.07 a	0.13 a	0.17 a	0.17 a	0.27 ab	0.2 c
	PE	0.13 a	0.18 a	0.18 a	0.17 b	0.17 ab	0.15 a	0.17 a	0.17 a	0.15 a	0.12 b	0.12 c
	PVDC	0.13 a	0.15 a	0.17 a	0.17 b	0.17 ab	0.15 a	0.18 a	0.22 a	0.5 a	0.23 ab	0.15 c
trt	prop	1	0.6455	0.4432	0.0235	0.2075	0.4797	0.2356	0.8045	0.525	0.0565	0.0001

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 8 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในน้ำมะพร้าว (ppm)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24	วันที่ 27	วันที่ 30
25°C	whole	225 a ¹	327.5 ab	405 a	425 ab	442.5 b	461.3 c	532.5 c	543.75 c	497.5 a	556.3 b	568.8 d
	trimmed	225 a	258.8 c	318.8 b	311.3 c	341.3 c	372.5 d					
	PVC	226 a	303.8 bc	361.3 a	440 a	460 a	577.5 ab	611.3 b	658.8 b			
	PE	226.3 a	343.8 a	385 a	411.3 b	455 b	551.3 b	585 ab	595 b			
	PVDC	222.5 a	348.8 ab	398.8 a	447.5 a	470 a	540 a	652.5 a	725 a			
4°C	whole	230 a	221.3 ab	252.5 a	257.5 ab	266.3 b	288.8 c	270 c	296.3 c	398.8 c	656.3 a	625 c
	trimmed	227.5 a	211.3 c	190 b	225 c	266.3 c	281.3 d	330 d	291.3 d	368.3 d	430 e	530 e
	PVC	227.5 a	196.3 bc	275 a	262.5 a	315 a	278.75 ab	312.5 b	348.8 b	412.5 c	460 d	608.8 c
	PE	227.5 a	228.8 a	255 a	232.5 b	241.3 b	283.8 b	372.5 ab	396.3 b	443.8 b	515 c	670 b
	PVDC	227.5 a	198.8 ab	228.8 a	271.3 a	301.3 a	348.8 a	365 a	462.5 a	467.5 b	553.75 b	707.5 a
temp	prop	0.8455	0.0006	0.0044	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001			
type	prop	0.6631	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
temp*type	prop	0.7893	0.0027	0.2893	0.0034	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001			

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 9 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการหุ้มต่อปริมาณ malondialdehyde ในน้ำมันพริก (nmol/ml)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 3	วันที่ 6	วันที่ 9	วันที่ 12	วันที่ 15	วันที่ 18	วันที่ 21	วันที่ 24	วันที่ 27	วันที่ 30
25°C	whole	89.03 a ¹	116.2 b	188.2 ab	226.6 a	297.8 a	324.3 a	295.7 b	358.2 c	359.1 b	374c	400.5 d
	trimmed	86.53 a	131.0 a	181.4 a	213 a	316.9 a	350.1 a					
	PVC	87.68 a	105.07 b	131.6 c	170.6 a	198.1 b	231 b	353.7 b	371.4 b			
	PE	85.85 a	153.2 ab	201.9 bc	183.2 a	300.9 a	339.8 a	377.8 b	463.1 cb			
	PVDC	84.03 a	95.6 b	192.1 a	238 a	256.3 a	319.6 a	376.1 b	411.3 b			
4°C	whole	89.57 a	112.4 b	200.9 ab	343.6 a	410.7 a	460.8 a	504.0 b	491.5 c	524.8 a	636.6 a	628.6 c
	trimmed	86.53 a	163.3 a	217.8 a	307a	375.2 a	415 a	512.4 a	503.9 a	525.3 a	575.26 b	682.9 b
	PVC	87.68 a	103.3 b	197.4 c	362.6 a	306.9 b	364.8 b	423.6 b	529.4 b	536.9 a	577.2 b	637 c
	PE	86.73 a	89.2 ab	138.3 bc	334.6 a	340.9 a	422.01 a	438.8 b	419.4 cb	526.7 a	572.66 b	730.06 a
	PVDC	84.03 a	130.4 b	247.2 a	354.3 a	418.8 a	419.73 a	438.26 b	488.5 b	526.49 a	636.02 a	699.5 ab
temp	prop	0.326	0.0244	0.0012	0.7642	0.0001	0.0001	0.0001	0.0032			
type	prop	0.7939	0.9507	0.0153	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
temp*type	prop	0.9271	0.0038	0.0002	0.6522	0.0189	0.0009	0.0001	0.0001			

หมายเหตุ ^{1/} ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี

Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 10 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อค่าการนำไฟฟ้าในน้ำมะพร้าว (μS)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
25°C	whole	5.01 b ¹	5.28 a	5.14 c	5.21 b	5.27 b
	trimmed	4.81 b	4.98 b			
	PVC	5.91 a	5.24 a			
4°C	whole	5.06 b	4.86 a	6.03 a	6.62 a	6.16 a
	trimmed	4.83 b	4.79 b	6.06 a	7.1 a	
	PVC	5.51 a	4.91 a	5.66 b	6.49 a	6.37 a
temp	prop	0.0020	0.0025			
type	prop	0.5043	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
temp*type	prop	0.4203	0.0416			

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 11 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อค่าการรั่วไหลของประจุใน
เนื้อมะพร้าว (μS)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
25°C	whole	9.84 c ¹	10.13 c	34.41 b	55.09 c	65.17 c
	trimmed	10.49 a	45.23 b			
	PVC	10.08 b	50.89 a			
4°C	whole	9.98 c	10.85 c	45.14 b	61.96 b	75.02 b
	trimmed	11.06 a	59.98 b	65.66 a	73 a	
	PVC	10.24 b	60.82 a	70.78 a	77.85 a	84.85 a
temp	prop	0.0001	0.0001			
type	prop	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
temp*type	prop	0.2070	0.0001			

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple
Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 12 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อสัดส่วนกรดไขมัน
อิ่มตัวในเนื้อมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
25°C	whole	93.19 a ¹	94.18 a	92.41 a	94.63 ab	93.61 a
	trimmed	93.82 a	93.71 a	95.56 b	94.31 a	
	PVC	93.19 a	91.78 b	93.84 a	93.32 ab	
	PE	93.19 a	91.21 b	93.4 b	92.28 b	
	PCDC	93.15 a	90.24 b	92.74 b	93.00 b	
4°C	whole	93.79 a	94.67 a	93.76 a	92.98 ab	93.89 a
	trimmed	93.41 a	94.26 a	89.98 b	93.76 a	93.87 a
	PVC	93.26 a	90.24 b	94.19 a	95.61 b	92.96 ab
	PE	93.19 a	91.99 b	91.24 b	92.14 b	92.67 ab
	PVDC	93.16 a	88.92 b	92.91 b	91.97 b	90.98 b
temp	prop	0.3392	0.0019	0.0036	0.0741	
type	prop	0.7527	0.4522	0.0002	0.9209	0.0964
temp*type	prop	0.4653	0.3789	0.0002	0.4854	

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple
Range Test (DMRT)

ตารางผนวกที่ 13 อิทธิพลของอุณหภูมิและรูปแบบการห่อหุ้มต่อสัดส่วนกรดไขมันไม่อิ่มตัวในเนื้อมะพร้าว (%)

		วันเริ่มต้น	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 21	วันที่ 28
25°C	whole	6.81 a ¹	5.82 b	5.18 b	5.83 ab	6.39 b
	trimmed	6.18 a	6.29 b	4.45 a	5.69 b	
	PVC	6.8 a	8.22 a	6.16 b	6.68 ab	
	PE	6.81 a	8.79 a	6.58 a	7.72 a	
	PCDC	6.85 a	9.76 a	7.26 a	7.00 a	
4°C	whole	6.21 a	5.34 b	6.24 b	7.02 ab	6.11 b
	trimmed	6.59 a	5.74 b	9.72 a	4.31 b	6.13 b
	PVC	6.7 a	9.76 a	5.81 a	4.39 ab	7.04 ab
	PE	6.81 a	8.01 a	8.76 a	7.86 a	7.30 ab
	PVDC	6.83 a	11.08 a	7.09 a	8.03 a	9.01 a
temp	prop	0.3392	0.0019	0.0036	0.0741	
type	prop	0.7527	0.4255	0.0002	0.9209	0.0964
temp*type	prop	0.4693	0.3789	0.0002	0.4854	

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายเกรียงไกร มีถาวร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 23 พฤษภาคม 2526
สถานที่เกิด	นครปฐม
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-