

157913



ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การศึกษาเบื้องต้นการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นและอายุการเก็บรักษา (Preliminary Study of Concentrated Lime Juice Production and Storage Life)

จัดทำโดย

นางสาวดวงวาด	มนเทียรทอง	รหัส	38044438
นายกฤษกร	วงษ์เพ็ญ	รหัส	38044469



อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ

๒๗.
๑๖๗๑ ก
๒๕๔๑

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2541

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....96996
วันเดือนปี.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ใบรับรองปัญหาพิเศษ


เรื่อง

การศึกษาเบื้องต้นการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นและอายุการเก็บรักษา
(Preliminary Study of Concentrated Lime Juice Production
and Storage Life)

โดย

นางสาวดวงวาด มนเทียรทอง รหัส 38044438
นายกฤษกร วงษ์เพ็ญ รหัส 38044469

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก


.....
(รศ.ดร. พิชัย มณี)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

12

()

หัวหน้าภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 23 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 42

รศ.
๑๖๙๗
๒๕๔๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศุจวาด มนเทียรทอง และกฤษกร วงษ์เพ็ญ. 2541: การศึกษาเบื้องต้นการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นและอายุการเก็บรักษา (Preliminary Study of Concentrated Lime Juice Production and Storage Life). ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. อาจารย์ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ.

การผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นในปัญหาพิเศษครั้งนี้ ใช้วิธีการทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำมะนาวภายใต้สุญญากาศ โดยใช้อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส และได้ทำการศึกษาถึงผลของชนิดสารกันบูดกับอายุการเก็บรักษา ได้แก่ โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ และโซเดียมเบนโซเอท ที่ระดับความเข้มข้น 300 ppm และการพาสเจอร์ไร้น้ำมะนาวเข้มข้น เปรียบเทียบกับน้ำมะนาวเข้มข้นที่ไม่เติมสารกันบูด และไม่พาสเจอร์ไรซ์ โดยการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณกรด ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรดต่าง รสชาติ สี กลิ่น และการตกตะกอน จากการศึกษาพบว่าสารกันบูด และการพาสเจอร์ไรซ์มีผลต่ออายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น โดยจะมีผลต่อปริมาณวิตามินซี สี กลิ่น และรสชาติ โดยที่การเติมโปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ทำให้น้ำมะนาวเข้มข้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลช้าที่สุด และน้ำมะนาวมีกลิ่นและรสชาติคงตัวนานที่สุด ในขณะที่น้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโซเดียมเบนโซเอทและการพาสเจอร์ไรซ์ จะมีสีดำเร็วเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากโปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ มีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซิงส์ ทำให้การออกซิไดซ์วิตามินซีช้าลง ทำให้น้ำมะนาวเข้มข้นมีอายุการเก็บรักษาได้นานที่สุด คือ 18 วัน

.....
 ศุจวาด มนเทียรทอง

 ลายมือชื่อนักศึกษา

.....

 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

๒๓๒๖๕๒

 วัน/เดือน/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการเสนอปัญหาพิเศษเรื่องการศึกษาเบื้องต้นการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นและอายุการเก็บรักษา ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ระติพร หาเรือนกิจ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาสละเวลารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ช่วยให้คำแนะนำในการนำเสนอปัญหาพิเศษ ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขปัญหาพิเศษฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณมารดาที่คอยให้คำปรึกษา และทุนทรัพย์ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จด้วยดี

นางสาวจุจาด มนเทียรทอง

นายกฤษฎกร วงษ์เพ็ญ

19 มีนาคม 2542



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
1. บทนำ และวัตถุประสงค์	1
2. วารสารปริทัศน์	
ถิ่นกำเนิดของมะนาว	3
กลุ่มของมะนาว	3
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	4
คุณสมบัติของมะนาวไทย	5
คุณค่าทางอาหารของมะนาว	6
พันธุ์มะนาว	6
ลักษณะโครงสร้างของผลมะนาว	8
องค์ประกอบทางเคมีของมะนาว	9
การเก็บเกี่ยวมะนาว	11
ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมะนาว	12
ตลาดและการค้ามะนาว	12
การทำให้เข้มข้น	14
การทำให้เข้มข้น โดยการระเหย	16
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	17
4. ผลการทดลอง	20
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง	28
6. สรุปและข้อเสนอแนะ	31
เอกสารอ้างอิง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก	หน้า
ภาคผนวก ก	34
ภาคผนวก ข	35
ภาคผนวก ค	38
	40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงสถิติราคามะนาวขายส่ง	13
4.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรด	20
4.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี	21
4.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	22
4.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดค่า	23
4.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านสี	24
4.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านกลิ่น	25
4.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านรสชาติ	26
4.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านการตกตะกอน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะ โครงสร้างของผลมะนาวผ่าซีกตามขวาง	9
ภาพภาคผนวกที่	
1 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง	38
2 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง	38
3 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง	39
4 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง	39
5 ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 0 วัน	40
6 ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 6 วัน	40
7 ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 12 วัน	40
8 ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 18 วัน	41
9 ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 24 วัน	41

บทที่ 1

บทนำ

มะนาวเป็นผลิตผลทางการเกษตรที่มีความต้องการตลอดปี ทั้งนี้เนื่องจากมะนาวเป็นส่วนประกอบสำคัญในการประกอบอาหาร อย่างไรก็ตามมะนาวจะมีปริมาณมากในช่วงฤดูฝนเท่านั้น คือ เดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน ทำให้ในช่วงฤดูแล้ง คือ เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนเมษายนมะนาวมีราคาแพง ด้วยเหตุนี้เองจึงได้มีการศึกษาถึงการเก็บรักษามะนาวไว้ใช้ในฤดูแล้ง เช่น การเก็บในรูปแบบผลมะนาว โดยการนำมะนาวฝักราย ซึ่งมีข้อดี คือ ประหยัดและชาวบ้านธรรมดาสามารถทำได้ แต่จะมีข้อจำกัดด้านปริมาณ กล่าวคือ สามารถเก็บมะนาวได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และการเก็บรักษามะนาวในรูปแบบน้ำมะนาว แต่ต้องใช้ภาชนะในการบรรจุมาก จึงได้มีความคิดเกี่ยวกับการเก็บรักษาน้ำมะนาวในรูปแบบน้ำมะนาวเข้มข้น โดยการทำน้ำมะนาวให้เข้มข้น ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ประหยัดภาชนะในการบรรจุ และปริมาณการใช้น้ำมะนาวเข้มข้นจะน้อยกว่าน้ำมะนาวธรรมดาในระดับความเปรี้ยวที่เท่ากัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้น
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของน้ำมะนาวเข้มข้น
3. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ถิ่นกำเนิดของมะนาว

มะนาวเป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีสตะวันออก หรือทางภาคเหนือของอินเดีย แล้วได้กระจายพันธุ์เข้าสู่แผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชียภายหลัง อย่างไรก็ตามมะนาวได้กระจายไปยังส่วนต่างๆของโลกในแถบร้อน และกึ่งร้อนอย่างกว้างขวาง (สมศักดิ์, 2536)

มะนาวได้รับความสนใจจากชาวยุโรปในช่วงคริสตศตวรรษที่ 13 ได้มีการสันนิษฐานว่า ชาวอาหรับเป็นผู้นำมะนาวจากประเทศอินเดียไปปลูกในปาเลสไตน์ เปอร์เซีย อียิปต์ และแถบยุโรป หลังจากนั้นก็กระจายพันธุ์จากยุโรป ไปยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตกและอเมริกาในช่วงคริสตศตวรรษที่ 16 โดยนักสำรวจชาวสเปนและโปรตุเกส เป็นผู้นำไปปลูก ซึ่งปัจจุบันมีการปลูกมะนาวแพร่หลายเป็นการค้าในเม็กซิโก หมู่เกาะอินเดียตะวันตก และอียิปต์ (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2529)

มะนาวเป็นไม้ผลยืนต้นจัดอยู่ในพืชตระกูลส้ม เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนไทยมาเป็นเวลานาน มะนาวเป็นพืชที่ปลูกง่าย เจริญได้ดีในดินทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนปนทราย และเจริญได้ดีในที่ที่มีสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ประมาณ 5.6-6.0 สามารถออกผลได้ตลอดปีแต่จะให้ผลดกในฤดูฝน (ภูวนาท, 2538)

กลุ่มของมะนาว

มะนาวแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2529) ดังนี้

1. **ซิตรอน (Citron) *Citrus medica*** มีถิ่นกำเนิดในอินเดีย และแพร่กระจายไปยังกรีซ และอิตาลี ผลมีขนาดใหญ่ถึงใหญ่มากคล้ายพวกมะละกอ พันธุ์ที่ปลูกที่เมืองไทยมาพร้อมกับชาวเขาประเทศจีน และได้ปลูกกระจายตามหมู่บ้านชาวเขา ซิตรอนมีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น ภาษาเม้า เรียกว่า ซาฮัง ภาษาจีนฮ่อ เรียกว่า เซียนหยิน ภาคกลาง เรียกว่า ส้มมะละกอ ส้มมะนาว หรือ ส้มมือ โดยทั่วไปนิยมนำซิตรอนมาแช่อิ่ม

2. มะนาวฝรั่ง (Lemon) *Citrus limon* มีถิ่นกำเนิดบริเวณเดียวกับซิตรอน ลักษณะโดยทั่วไปคล้ายซิตรอน ปัจจุบันมีความสำคัญในตลาดโลกมาก ซึ่งสหรัฐอเมริกาผลิตได้ประมาณครึ่งหนึ่งของโลก บางครั้งเรียกมะนาวฝรั่งว่า มะนาวนมหาน

3. มะนาว (Lime) *Citrus aurantifolia* เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดในอินเดีย พม่า ไทย และมาเลเซีย โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

ก. มะนาวรสเปรี้ยว มี 2 พวก คือ

1. มะนาวผลเล็ก (Small-fruited acid lime) *Citrus aurantifolia* ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-4 นิ้ว แต่บางพันธุ์มีผลใหญ่มาก รสจะเปรี้ยวจัด ผิวละเอียดมีสีเหลืองอมเขียว พันธุ์ต่างๆ ไป ได้แก่ มะนาวพื้นบ้าน มะนาวเม็กซิกัน และมะนาวไทย

2. มะนาวผลใหญ่ (Large-fruited acid lime) *Citrus latifolia* ที่สำคัญมี 2 พันธุ์ คือ

2.1 มะนาวคาฮิติ หรือ เปอร์เซียน ผลมีขนาดใหญ่กว่ามะนาวโดยทั่วไป แต่ผิวมะนาวคาฮิติจะเรียบนึ่ง และบางกว่ามะนาวฝรั่ง ไม่มีเมล็ด และให้ผลตลอดปี

2.2 แบริสไลม์ มีลักษณะคล้ายพันธุ์คาฮิติแต่ผลใหญ่กว่า ไม่ค่อยพบเมล็ด

ข. มะนาวรสหวาน (Sweet Lime)

ลักษณะคล้ายมะนาวต่างๆ ไป มีรสหวานปลูกกันมากในอินเดีย อียิปต์ และแถบอเมริกา พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก คือ ปาเลสไตน์สวีท (Pa-lestine Sweet)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

มะนาวเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดเล็ก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia* Swingle มีชื่อสามัญว่า Lime อยู่ในวงศ์ Rutaceae เป็นผลไม้ที่อยู่ในจำพวกกลุ่มตระกูลส้ม มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (สมศักดิ์, 2536) (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตศึกษาศาสตร์, 2529) ดังนี้

ลำต้น

ต้นมะนาวมีลักษณะทรงพุ่ม เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก ความสูงเฉลี่ย 10-20 ฟุต การแตกออกของกิ่งก้านไม่ค่อยเป็นระเบียบ ลำต้นมีลักษณะงอ เปลือกสีเทาปนน้ำตาล กิ่งอ่อนมีสีเขียวอ่อน กิ่งแก่เป็นสีน้ำตาล กิ่งแก่มากจะเป็นสีเทา ตามกิ่งจะมีหนามทั้งสั้นและยาว ส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณซอกใบ หนามมีสีเขียว ปลายหนามสีน้ำตาล เมื่อกิ่งแก่ขึ้นหนามจะตายไป หนามมีลักษณะแข็ง อ้วน แหวมและสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบ

ใบมะนาวมีแผ่นใบอันเดียว สีเขียวอ่อน รูปร่างค่อนข้างยาวหรือรูปไข่ ปลายใบมีรูปร่างแหลม ป้านฐานใบมีลักษณะกลม ขอบใบมีหยัก แผ่นใบกว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร และยาว 6-12 ซม. ใบมีกลิ่นแรงเมื่อขยี้ ก้านใบมีขนาดสั้น มีปีกแคบหรืออาจไม่มีปีกขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ ใบอ่อนมีสีเขียวอมแดง ใบแก่มีสีเขียวเข้ม ผิวด้านบนละเอียดเป็นมัน

ดอก

ดอกมะนาวมีทั้งดอกสมบูรณ์เพศ และดอกไม่สมบูรณ์เพศ คือ เป็นดอกตัวผู้ หรือดอกตัวเมีย ดอกเกิดที่บริเวณซอกใบ อาจจะเป็นดอกเดี่ยวหรือ ดอกช่อ ดอกที่ตูมจะมีขนาดความยาว 1-2 เซนติเมตร มีสีแดงเจืออยู่ด้วย กลีบเลี้ยงมีสีเขียวอ่อน กลีบดอกสีขาวและด้านท้องมีสีม่วงปน กลีบดอกเป็นรูปถ้วย มี 4-5 กลีบ เกสรตัวผู้มีจำนวนมากมายถึง 20-40 อัน เรื่อมติดกันเป็นกลุ่มๆ ละ 4-8 อัน เกสรตัวเมียมีรังไข่รูปร่างเกือบทรงกระบอก หรือทรงดั่งเบียร์ ก้านเกสรตัวเมียจะหลุดร่วงเองได้

ผล

ผลของมะนาวมีรูปร่างยาวหรือรูปไข่ ที่ปลายมีลักษณะเป็นปุ่มเล็กๆ ผลมีขนาดเส้นรอบวงประมาณ 7-12 ซม. ผิวเมื่อสุกจะมีสีเหลือง ค่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกเห็นได้ชัด ผิวเปลือกมีลักษณะขรุขระ ใน 1 ผล จะมี 8-10 กลีบ เนื้อของมะนาวมีสีเหลืองอ่อน ถูมน้ำเล็กเรียวยาว รสเปรี้ยว กลิ่นหอม

เมล็ด

เมล็ดของมะนาวจะมีขนาดเล็ก รูปร่างคล้ายรูปไข่ ด้านปลายหัวท้ายจะแหลม มีเนื้อเยื่อสะสมอาหารภายในเป็นสีขาว เมล็ดหนึ่งหากนำไปเพาะสามารถให้ต้นกล้าได้หลายต้น

คุณสมบัติของมะนาวไทย

ค่าเฉลี่ยของมะนาวไทย มีดังนี้ (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2529)

น้ำหนักผล	52.9	กรัม
น้ำ	23.0	กรัม
ความถ่วงจำเพาะ	2.1 ^o	Brix
ความเป็นกรด	5.5	เปอร์เซ็นต์
วิตามิน ซี	35.0	มิลลิกรัม
น้ำตาล	0.28	เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าทางอาหารของมะนาว

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากมะนาวในส่วนที่กินได้ 100 กรัม มีดังนี้ (ปริมาณอาจแปรผันได้ตามสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ พื้นที่ที่ทำการเพาะปลูก การบำรุงรักษา ความแก่อ่อนชนิคของพันธุ์และความแก่ของผลมะนาว) (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2529)

น้ำ	93.1	กรัม
ไขมัน	2.4	กรัม
กาก	0.3	กรัม
โปรตีน	0.8	กรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.3	กรัม
แคลเซียม	17.3	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.1	มิลลิกรัม
วิตามิน-บี 1	0.7	มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.2	มิลลิกรัม
คาลอรี	40.0	หน่วย
ฟอสฟอรัส	11.0	มิลลิกรัม
วิตามิน	10.3	ไอ.ยู.
วิตามิน บี 2	0.73	มิลลิกรัม
วิตามิน ซี	52.0	มิลลิกรัม

พันธุ์มะนาว

พันธุ์มะนาวที่ปลูกในประเทศไทยในปัจจุบันมีหลายพันธุ์ มะนาวที่ปลูกให้ผลดีในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ (กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2529) ได้แก่

1. มะนาวไข่

มีลักษณะผลกลม หัวท้ายยาวรีเล็กน้อย คล้ายไข่เป็ด ผลมีขนาดกลางแต่ก็ใหญ่กว่าพวกมะนาวผลกลมโดยทั่วไป มีเปลือกบาง เหมาะสำหรับการใช้ทำมะนาวดองได้ดีมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มะนาวหนัง

มีลักษณะผลใหญ่ ทรงผลค่อนข้างกลม มีเปลือกบาง แต่มีน้ำมากกว่ามะนาวไข่ น้ำมีกลิ่นหอม ใช้ทำน้ำมะนาวดื่มได้ดีมาก

3. มะนาวทวาย

ขณะนี้นิยมปลูกกันมากที่สุด เพราะเป็นมะนาวที่ออกลูกมาก และออกให้ได้ตลอดปี จึงมีผู้ปลูกกันมากทั้งในแง่เพื่อการใช้ประโยชน์ และเพื่อการใช้ตกแต่งเป็นไม้ประดับบ้านก็ได้ดีมาก

3.1 พันธุ์แม่ไก่ใจดก

มะนาวทวายพันธุ์นี้ มีลักษณะผลกลม ผลมีขนาดกลาง แต่มีความดกดีมาก ให้ผลได้เกือบตลอดทั้งปี ปลูกในกระถางก็ให้ผลเก็บใช้ประโยชน์ได้ ทรงพุ่มใบก็สวยดี ใช้ทั้งประดับในบริเวณบ้านได้ดีมาก

3.2 พันธุ์แป้นรำไพ

เป็นมะนาวทวายที่มีลักษณะทรงผลแป้น ผลมีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์แม่ไก่ใจดก เปลือกมะนาวไม่หนามาก

3.3 พันธุ์แป้นทวาย

มะนาวจะมีผลทรงแป้น ผลมีขนาดใหญ่ มีลักษณะที่ตีเปลือกบาง มีเมล็ดน้อย และปริมาณน้ำมาก ให้ผลดกตลอดทั้งปี ใช้ประโยชน์ได้ดีมาก

4. มะนาวพันธุ์ตาสี

เป็นมะนาวพันธุ์ที่ทำมาจากหมู่เกาะตาสี มีผลโตมาก เปลือกหนา มีผลแก่จัดเปลือกผลก็ยังมีสีเขียวเข้ม มีน้ำมากดี เพราะว่ามีผลของมะนาวพันธุ์นี้ไม่มีเมล็ดอยู่เลย เป็นลักษณะที่แปลกดี การขยายพันธุ์ก็ใช้วิธีการตอนกิ่งแบบขี้วัว

5. มะนาวหวาน

มีลักษณะผลกลม เปลือกมีสีเขียวคล้ำ แต่เนื้อภายในมีสีค่อนข้างแดงเรื่อๆคล้ายส้มเขียวหวาน รสหวานซิด มีกลิ่นฉุนนิดหน่อย จึงไม่ค่อยนิยมปลูกกัน

6. มะนาวปีนัง

ลักษณะผลกลมยาว ผลโตกว่ามะนาวหนัง ก้นแหลมคล้ายไข่เต่า เปลือกหนามีกลิ่นหอม ปลูกเป็นไม้ประดับได้ดี

7. มะนาวโมพี

ลักษณะลูกกลมโต แต่ส่วนก้นจะกลมแป้น มีเปลือกหนา พันธุ์นี้มีรสเปรี้ยวมาก ลำต้นจะใหญ่แข็งแรง เหมาะสำหรับการใช้ทำเป็นต้นตอ เอาพันธุ์อื่นๆที่เราชอบใจมาทาบทอกิ่ง หรือขยายพันธุ์เอาไปปลูกได้ดี

8. มะนาวพม่า

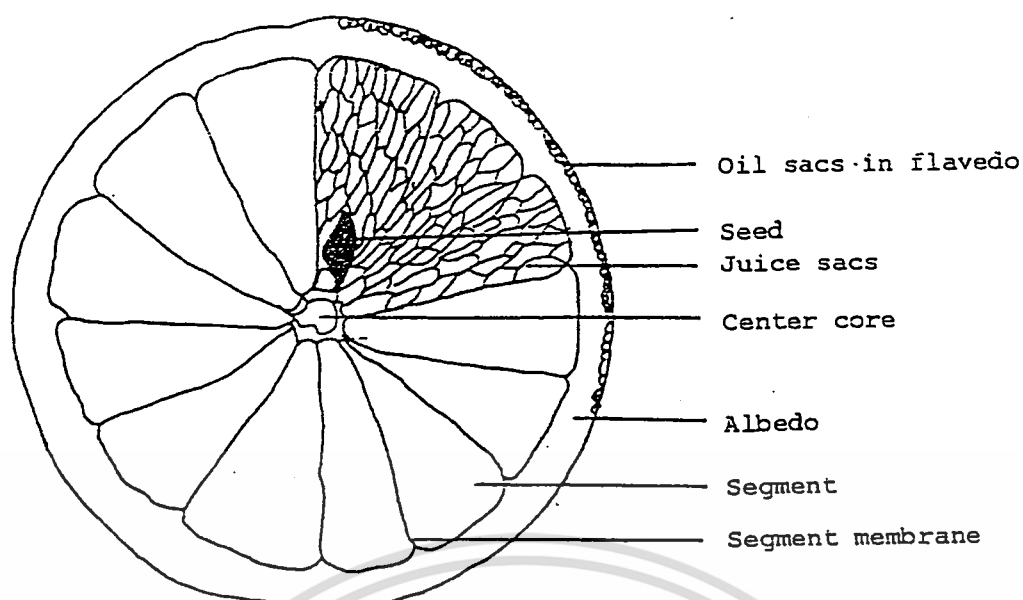
มีผลกลมโต เกือบเท่าส้มเขียวหวาน เปลือกหนาแข็ง ใบค่อนข้างจะรีๆ ริมขอบใบมีจักเล็กน้อย มีรสเปรี้ยวแต่ไม่ค่อยมีกลิ่น จึงไม่ค่อยนิยมปลูกกันมาก

พันธุ์มะนาวที่นิยมปลูก ก็มีพวกพันธุ์มะนาวเป็นทวย, มะนาวไข่ ซึ่งออกลูกให้ได้เกือบทั้งปี และเป็นที่ยอมรับนำมาปลูกประดับภายในบ้าน เพื่อเอาไว้ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้ดีเหมือนกัน

จากลักษณะของมะนาวต่าง ๆ ดังกล่าวจะเห็นว่ามะนาวเป็นทวยมีลักษณะที่ตลาดต้องการคือ มีผลใหญ่ เมล็ดน้อย และปริมาณน้ำมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้ในการศึกษาการทำน้ำมะนาวเข้มข้น

ลักษณะโครงสร้างของผลมะนาว

ลักษณะโครงสร้างของผลมะนาวนั้นโดยทั่วไป จะมีดังนี้ คือ ผิวมะนาวจะมีสารที่เคลือบอยู่ภายนอก เรียกว่า Cutin เคลือบอยู่บางๆ ทำให้น้ำซึมเข้าและออกไม่ได้ เมื่อผ่ามะนาวออกเป็น 2 ซีกตามขวาง จะเห็นวามะนาวแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเปลือก ประกอบด้วย ผิวนอกมีสีเขียว เรียกว่า Flavedo มีต่อมน้ำมัน (Oil Sacs) ได้ชั้นนี้ และชั้นถัดมามีสีเขียวเรียกว่า Albedo อีกส่วนเป็นเนื้อ เป็นส่วนที่เรารับประทานได้ ซึ่งอยู่ถัดจากส่วน Albedo ประกอบด้วย กลีบ หรือ Segment และแกนกลางของผลเรียก Center core ซึ่งผลหนึ่งๆจะมีประมาณ 12 กลีบ และแต่ละกลีบประกอบด้วย ผนังกลีบ (Segment membrane) อุ่น้ำ (Juice sacs) หลายถุง และเมล็ดที่ติดอยู่ที่แกนกลางของผล ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะ โครงสร้างของผลมะนาวผ่าซีกตามขวาง
ที่มา : สว่าง เติงพันธ์ และคณะ (2531)

องค์ประกอบทางเคมีของมะนาว

1. สี

รงควัตถุที่เป็นสีของผลไม้แบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ๆ คือ คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) คาโรทีนอยด์ (Carotenoids) และเฟลโวนอยด์ (Flavonoids) ซึ่งในผลมะนาวมีคลอโรฟิลล์และคาโรทีนอยด์เป็นรงควัตถุสำคัญ (กิตติพงษ์)

2. กรดอะมิโน

จากการศึกษาผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม มะนาวฝรั่ง และเกรปฟรุต พบว่ามีกรดอะมิโนหลายตัว เช่น อะลานีน (Alanine) แอสปาราจีน (Asparagine) กรดแอสปาร์ติก (Aspartic acid) กรดกลูตามิก (Glutamic acid) โพรลีน (Proline) ซีรีน (Serine) กรดแกมมาอะมิโนบิวไทริก (γ -aminobutyric acid) และอาร์จินีน (Arginine) และพบว่ามีกรดอะมิโนประมาณ 70% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำ สำหรับในมะนาวฝรั่งพบว่ามีแอสปาร์ติก 32% ของปริมาณกรดอะมิโนอิสระทั้งหมด (ต่ำสุด) โดยมีซีรีน 24% ของปริมาณกรดอะมิโนอิสระทั้งหมด ปริมาณกรดอะมิโนที่พบขึ้นอยู่กับอายุของผลไม้ (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

3. คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรต ได้แก่ น้ำตาล แป้ง เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และสารประกอบเพคติน (Pectin substance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำตาลที่พบในมะนาวแต่ละชนิดจะมีปริมาณน้อย ได้แก่ น้ำตาล โมเลกุลเดี่ยว (Monosaccharides) เช่น น้ำตาลเพนโตส (Pentose) ได้แก่ อาราบิโนส (Arabinose) น้ำตาล โมเลกุลคู่ (Disaccharides) เช่น ซูโครส

สารประกอบเพคตินจะพบมากในส่วนแอลบีโดของผลไม้ตระกูลส้ม (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

4. กรดอินทรีย์

กรดอินทรีย์ที่พบมากในผลมะนาว คือ กรดซิตริก (Citric acid) จึงมักวัดความเป็นกรดของมะนาวในรูปของปริมาณกรดซิตริก ในระหว่างการเจริญเติบโตและการพัฒนาของมะนาวทำให้มะนาวมีปริมาณกรดลดลง เนื่องจากการเพิ่มขนาดของผล ปริมาณน้ำคั้น และการเพิ่มของปริมาณน้ำตาล โดยทั่วไปน้ำมะนาวจะค่าความเป็นกรดค่าประมาณ 2 (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

5. เฟลโวนอยด์และลิโมนอยด์ (Flavonoids and Limonoids)

เฟลโวนอยด์ ได้แก่ แอนโทไซยานิน (Anthocyanine) เฟลโวน (Flavones) เฟลโวนอล (Flavonols) หรือเฟลวาโนน (Flavanones) ซึ่งกลุ่มเหล่านี้ ได้แก่ เฮสเพอริดีน (Hesperidine) และนารินจิน (Naringin) ซึ่งพบมากในส้มและเกรปฟรุ้ต มะนาวฝรั่ง มะนาว ส่วนพวกลิโมนอยด์ ได้แก่ ลิโมนิน (Limonin) และกรดลิโมนิซิก (Limonic acid) นารินจินและลิโมนินเป็นสารที่ทำให้รสขมในพืช ในน้ำมะนาวจะมีสารที่มีผลทำให้มะนาวมีรสขม กล่าวคือ จะมีสารบางตัวทำให้เกิด ความขมอยู่ในส่วนเนื้อมะนาว ซึ่งสารนี้ปากดีจะไม่ขม แต่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่เมื่อเนื้อเชื่อมขาดออกในระหว่างการคั้นน้ำผลไม้ สารนี้จะเปลี่ยนเป็นลิโมนิน (Limonon) ปริมาณลิโมนินเพียง 2 ppm ก็ทำให้เกิดรสขมได้ เนื่องจากลิโมนินสามารถละลายน้ำได้น้อย การเก็บรักษาที่ยาวนานก็สามารถเพิ่มความเข้มข้นของลิโมนินได้ (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

6. ไขมัน

ไขมันที่ผิวของมะนาวประกอบด้วย กรดโอเลอิก (Oleic acid) กรดลินอเลอิก (Linolenic acid) กรดปาล์มิติก (Palmitic acid) กรดสเตียริก (Stearic acid) กลีเซอรอล (Glycerol) โฟโตเอสเทอร์ โอลีน (Photoesterolin) และซีริลแอลกอฮอล์ (Ceryl alcohol) ส่วนในฉนวน (Pulp) นอกจากมีกรดไขมันและแอลกอฮอล์เช่นเดียวกับที่พบในผิวของมะนาวแล้วยังมีกรดซีโรติก (Cerotic acid) โฟโตสเตียรอล (Phylosterol) และเพนตาโคแซน (Pentacosane) (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สารประกอบที่ระเหยได้

ผลไม้แต่ละชนิดจะมีกลิ่นเฉพาะตัว สารระเหยในพืชตระกูลส้มที่สำคัญ ได้แก่ เฮซานอล cis-3-hexen-1-ol, Linolool, เมธานอล, อะเซตัลดีไฮด์, ลิโมนิน และอะซิโตน

สารให้กลิ่นที่สำคัญทั้งในมะนาวฝรั่ง และมะนาว คือ นีรัล (Neral) และจีรานีอัล (Geranial) แต่ยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าสารตัวใดที่ทำให้เกิดกลิ่นที่แสดงถึงความสดของน้ำผลไม้เหล่านี้ (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

8. วิตามินซี

วิตามินที่พบมากในน้ำมะนาว ได้แก่ วิตามินซี หรือ Ascorbic acid ประมาณ 52 มิลลิกรัมต่อน้ำมะนาว 100 มิลลิตร

กรดแอสคอร์บิกเกิดจากน้ำตาลเฮกโซส (Hexose) ระดับของกรดแอสคอร์บิกลดลงตามกระบวนการสังเคราะห์แสง ถ้าแสงมีความเข้มข้นลดลง กรดแอสคอร์บิกก็จะลดลงด้วย ดังนั้นความเข้มข้นของกรดแอสคอร์บิกในน้ำผลไม้จึงแปรไปตามระดับของการได้รับแสงแดดการสังเคราะห์ กรดแอสคอร์บิกสามารถสังเคราะห์ได้จากน้ำตาลกลูโคส (D-glucose) และน้ำตาลกาแลคโตส (D-galactose) ปริมาณวิตามินซีในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของผลจะมีปริมาณแตกต่างกัน เช่น ในน้ำส้มมีวิตามินซี 1 ใน 5 เท่าของเปลือกชั้นนอก (Flavedo) และเพียง 1 ใน 3 เท่าของเปลือกชั้นกลาง (Albedo) นอกจากนี้ในมะนาวยังมีอินซิทอล (Inositol) โทโคฟีรอล (Tocopherol) วิตามินเอ ไทเอมีน (Thiamine) และ ไนอาซิน (Niacin) (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

9. สารประกอบอินทรีย์

สารประกอบอินทรีย์เป็นส่วนองเถ้า (Ash) ทั้งหมด และธาตุหลายตัวที่เกี่ยวข้องกับระบบเอนไซม์ในผลมะนาว เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยจะอยู่ร่วมกับกรดซิตริก มาลิก และออกซาลิกในรูปสารประกอบ (Salunkhe, D.K., and Desai, B.B., 1984)

การเก็บเกี่ยวมะนาว

การเก็บเกี่ยวผลมะนาวควรเก็บในขณะที่ผลยังห้ามอยู่ โดยสังเกตที่ด้านขั้วของผลเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อย ผิวเปลือกจะเรียบ บางใส ผิวมีสีเขียวอ่อนกว่าผลที่ยังไม่แก่ เมื่อบีบดูจะค่อนข้างนิ่มมือ แต่ไม่ควรปล่อยให้ผลแก่เกินไป เพราะมะนาวที่ได้จะมีเปลือกบางมาก ทำให้เกิดการชอกช้ำเสียหายได้ง่ายระหว่างขนส่ง อีกประการหนึ่ง คือ ถ้าเก็บผลที่แก่เกินไปจะมีอายุการวางจำหน่ายสั้น และถ้าปล่อยให้สุกหรือทิ้งไว้จนผลร่วง กลิ่นและรสชาติจะสูญเสียไป และทำให้ผลมะนาวเน่าเสียได้เร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวงนเวลาหรับการเขงานเพอการศึกษาเท่านั้น เมอนุญาตเนาไปไซประเยชนดานการค้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเก็บเกี่ยวผลมะนาว ถ้าต้นเตี้ยหรือไม่สูงนักจะเก็บ โดยใช้มือปลิด แต่ถ้าต้นสูงจะเก็บ โดยการใช้มีดผูกติดกับด้ามไม้รวกยาวๆ คล้อง และกระตุกผลมะนาวลงมา ซึ่งทำให้การเก็บเกี่ยวผลมะนาวเป็นไปอย่างรวดเร็วและสะดวก (ภูวนาท, 2538)

ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวมะนาว

มะนาวในช่วงฤดูฝน

ออกดอก	เดือนพฤษภาคม	และเดือนมิถุนายน
เก็บผล	เดือนพฤศจิกายน	และเดือนธันวาคม

มะนาวในช่วงฤดูแล้ง

ออกดอก	เดือนกันยายน	และเดือนตุลาคม
เก็บผล	เดือนมีนาคม	และเดือนเมษายน

ตลาดและการค้ามะนาว

ตลาดภายในประเทศ

โดยทั่วไปแล้วราคาซื้อขายมะนาวภายในประเทศแต่ละเดือนในรอบปีจะขึ้นลงไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณมะนาวที่ออกสู่ตลาด แต่ส่วนมากแล้วตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไป ราคามะนาวจะค่อยๆ ถูกลง และราคาถูกที่สุดในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ราคาผลละ 0.50-1.00 บาท และตั้งแต่ช่วงปลายฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่มะนาวออกดอกน้อยที่สุด ประกอบกับมีมะนาวออกสู่ตลาดน้อยจึงทำให้มะนาวมีราคาแพงขึ้นจนอย่างเข้าฤดูแล้ง และจะมีราคาแพงที่สุดในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ราคาผลละ 5-8 บาท ซึ่งจะเป็นเช่นนี้ทุกปี ปัจจุบันแม้จะใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่ทันสมัยสามารถบังคับให้มะนาวออกดอกและเก็บผลในหน้าแล้งได้ แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้ยังไม่มากนัก จึงทำให้ราคาของมะนาวในช่วงหน้าแล้งยังคงแพงอยู่

ตลาดและการซื้อขายมะนาวในประเทศ แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ตลาดขายส่ง เป็นตลาดที่มักตั้งอยู่ในย่านท่าเลที่เหมาะสม สะดวกในการคมนาคมขนส่ง การติดต่อซื้อขาย โดยจะมีพ่อค้าขายส่งหรือนายหน้าเป็นผู้ดำเนินการรับซื้อมะนาวจากชาวสวนมาจำหน่าย

2. ตลาดขายปลีก มักจะกระจายอยู่ตามตลาดสดต่างๆ ไป เป็นตลาดที่นำเอาผลผลิตสู่ผู้บริโภคชั้นสุดท้าย โดยที่บรรดาพ่อค้าเหล่านี้จะติดต่อรับซื้อมะนาวจากพ่อค้าขายส่งไปจำหน่ายให้กับผู้บริโภคอีกที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลาดต่างประเทศ

การส่งมะนาวไปจำหน่ายต่างประเทศของไทยในปัจจุบันนับว่ามีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวานหรือผลไม้ชนิดอื่น สำหรับตลาดที่ส่งมะนาวไปจำหน่าย ได้แก่ ประเทศเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ นอกจากนี้ยังมีประเทศอื่น แต่ส่งไปเป็นจำนวนน้อย ปริมาณที่ส่งไปนั้นลดลงทุกปี ดังจะเห็นได้จากรายงานของกรมศุลกากรในปี 2525 ประเทศไทยส่งมะนาวไปจำหน่ายต่างประเทศทั้งสิ้น 333 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,359,000 บาท ต่อมาเมื่อถึงปี 2530 ปริมาณการส่งออกลดลงเหลือ 84 ตัน มูลค่า 1,100,000 บาทเท่านั้น

สำหรับในอนาคตข้างหน้าคาดว่าปริมาณการส่งมะนาวออกเป็นสินค้าออกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะความต้องการใช้มะนาวยังคงมีอยู่สูง และมีความต้องการมะนาวตลอดเวลา ประกอบกับการนำมะนาวไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆมีมากขึ้น นอกจากนี้รัฐบาลก็ได้หาทางขยายตลาดผักและผลไม้ให้กว้างมากขึ้น จึงทำให้ตลาดมะนาวต่างประเทศมีช่องทางที่แจ่มใสมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 : สถิติราคามะนาวขายส่ง (บาทต่อร้อยผล)

เดือน	ปี พ.ศ.				
	2534	2535	2536	2537	2538
มกราคม	72.00	83.00	84.00	110.25	92.50
กุมภาพันธ์	110.00	105.00	105.00	140.00	100.00
มีนาคม	237.50	180.00	180.00	195.25	181.25
เมษายน	170.00	180.00	195.00	210.00	225.00
พฤษภาคม	100.00	140.00	133.00	150.00	171.00
มิถุนายน	70.00	96.50	66.50	89.00	122.50
กรกฎาคม	38.75	50.60	50.00	61.50	94.00
สิงหาคม	40.00	63.75	52.50	60.00	69.00
กันยายน	40.00	68.75	60.00	52.50	75.00
ตุลาคม	43.75	50.00	60.00	62.00	68.00
พฤศจิกายน	42.50	46.00	56.00	60.00	66.00
ธันวาคม	41.50	50.00	56.25	55.00	60.50

ที่มา : กองวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

(2539)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำให้เข้มข้น

การทำให้เข้มข้นเป็นการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยการลดปริมาณน้ำในอาหาร สามารถแบ่งกระบวนการออกเป็น 2 แบบ คือ ถ้าการลดปริมาณน้ำลงจนเหลือต่ำกว่า 20% จะเรียกว่าการทำแห้ง (Dehydration) แต่ถ้าเหลือมากกว่า 20 % จะเรียกว่าการทำให้เข้มข้น (Concentration) (กิตติพงษ์)

สาเหตุในการนำอาหารเหลวมาทำให้เข้มข้น คือ

1. เป็นการเตรียมก่อนกระบวนการแปรรูปอื่นบางชนิด เช่น การทำให้เข้มข้นก่อนการแช่แข็ง
2. เพื่อลดปริมาณน้ำในอาหาร เป็นการช่วยประหยัดพลังงานในกระบวนการอื่นต่อไป
3. เพื่อลดปริมาณอาหารลง ช่วยประหยัดด้านหีบห่อ การขนส่ง และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
4. เพื่อลดการเจริญและความเสียหายซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ เพราะการทำให้เข้มข้นจะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของสารกันบูดในอาหาร อันเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

อาหารเหลวที่นำมาทำให้เข้มข้นนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. อาหารที่ทนอุณหภูมิสูงได้ปานกลาง คือ อาหารที่สามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสหรือสูงกว่าได้ ได้แก่ สารละลายกลูโคส สารสกัดจากมอลต์ ซุปใส น้ำเกลือ และน้ำผลไม้บางชนิด เช่น น้ำแอปเปิ้ล และน้ำสับปะรด เป็นต้น

2. อาหารที่ไม่ทนอุณหภูมิสูง คือ อาหารที่ไม่ทนอุณหภูมิสูงกว่า 50 องศาเซลเซียส เช่น นมและผลิตภัณฑ์นม น้ำส้ม เป็นต้น เครื่องมือที่ใช้จะต้องมีการไหลหมุนเวียนแบบเทอร์บูเลนซ์ (Turbulence) เพื่อลดการเกาะติดของคราบบนพื้นผิวให้ความร้อน ปัญหาของผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้คือการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นรส เช่น ในน้ำส้มอาจเกิดกลิ่นผิดปกติที่เรียกว่า cooked flavor ขึ้น กลิ่นนี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันในผิวส้มและไขมัน

3. อาหารที่มีความหนืดสูง แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่ กลุ่มที่ทนอุณหภูมิสูง กลุ่มที่ไม่ทนอุณหภูมิสูง และกลุ่มที่เป็นซูโดพลาสติก (Pseudo-plastic) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการไหลแบบไม่เป็นนิวโตเนียน (Non-Newtonian)

การทำให้เข้มข้น แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะของกระบวนการ คือ

1. การทำให้เข้มข้นที่ไม่ต้องใช้เมมเบรน (Non-membrane concentration) การแยกสูงสุดจะเกิดขึ้นที่สถานะสมดุลขององค์ประกอบต่างๆในส่วนที่เป็นสารละลายเข้มข้น และส่วนของน้ำที่แยกออกมา เช่น การตกผลึก (Crystallization) การทำให้เข้มข้นด้วยการแช่แข็ง (Freeze concentration) และการระเหย (Evaporation)

2. การทำให้เข้มข้นที่ต้องใช้เมมเบรน (Membrane concentration) ส่วนของสารละลายเข้มข้น และส่วนของน้ำจะถูกแยกออกจากกันโดยเมมเบรนซึ่งมีความจำเพาะในการซึมผ่านของน้ำต่างกันไป เช่น ออสโมซิส (Osmosis) ออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse osmosis) อุลตราฟิลเตรชัน (Ultrafiltration) เป็นต้น

การทำให้เข้มข้นโดยการระเหย

การทำให้เข้มข้น โดยการระเหยเป็นการทำให้เข้มข้นที่ไม่ต้องใช้เมมเบรน เป็นการกำจัดตัวทำละลายส่วนหนึ่งออกจากสารละลายจะทำโดยการให้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยออกไป ในขณะที่ตัวถูกละลายยังคงเหลืออยู่ เนื่องจากความแตกต่างของความสามารถในการระเหยของตัวทำละลายและตัวถูกละลาย การระเหยนิยมใช้กับวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น นม น้ำส้ม เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการระเหยจะเป็นของเหลวที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูง

การทำให้เข้มข้น โดยการระเหยโดยใช้เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศในการทำให้เข้มข้นนั้นมีข้อดี คือ เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศเป็นเครื่องระเหยแบบง่ายที่ไม่มีการทำงานซับซ้อน และมีหลายรูปแบบ การทำงานของเครื่องมักเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch) ภายใต้สุญญากาศโดยใช้เวลานาน เนื่องจากเครื่องมือประเภทนี้ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถปรับใช้ได้กับอาหารหลายประเภทในช่วงกว้าง แม้อาหารที่มีความหนืดสูง นิยมใช้ในการผลิตแยม และน้ำมะเขือเทศเข้มข้น รวมทั้งอาหารที่ไม่ทนความร้อนชนิดอื่น

ในการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้นจะเลือกวิธีการทำให้เข้มข้น โดยใช้การระเหยภายใต้สุญญากาศ (Vacuum evaporation) ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศที่ใช้ในการทำให้เข้มข้นนั้นใช้ง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถใช้กับอาหารที่ไม่ทนความร้อนได้ ซึ่งน้ำมะนาวจัดเป็นอาหารที่ไม่ทนความร้อน เพราะวิตามินซีที่มีอยู่ในน้ำมะนาวจะสูญเสียได้ง่ายเมื่อถูกความร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกลิ่นรส เป็นผลให้น้ำมะนาวเข้มข้นมีอายุการเก็บรักษาน้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. วัสดุเคมี

มะนาวพันธุ์แป้น

2. สารเคมี

1. กรดแอสคอร์บิก
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1N
3. โพแทสเซียมเมตาไบด์ซัลไฟด์
4. โซเดียมเบนโซเอท
5. ฟีนอลฟทาลิน ร้อยละ 1
6. 2-6 dichloroindophenol (Sodium Salt)
7. กรดอะซิติก
8. NaHCO_3
9. HPO_3

3. เครื่องมือ

1. เครื่องระเหยสูญญากาศ ยี่ห้อ Janke &Kunkel รุ่น RV 05
2. เครื่อง Hand Refractometer ยี่ห้อ Atago รุ่น N1E
3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler รุ่น AJ100
4. เครื่องคั้นน้ำผลไม้แบบใช้มือกด ยี่ห้อ Moulinex รุ่น Masterchef 450
5. เครื่องวัดความเป็นกรดต่าง ยี่ห้อ Suntex รุ่น SP-701
6. เหยียง
7. บิวเรต 50 มล.
8. ขาดั่ง
9. กระจบอมน้ำกลั่น
10. กรวยกรอง
11. กระจกกรอง
12. จุกยาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Pipette
14. Beaker
15. Volumetric flask 50 มล.
16. Volumetric flask 100 มล.
17. Volumetric flask 500 มล.
18. Erlenmeyer flask 125 มล.
19. ขวดลีซา
20. มีด
21. ขวดแก้วขนาด 50 มล.
22. ผ้าขาวบาง

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมน้ำมะนาวเข้มข้น

- 1.1 ทำความสะอาดมะนาว โดยการใช้น้ำล้าง แล้วคัดคุณภาพมะนาว
- 1.2 ผ่าครึ่งผลมะนาว แล้วคั้นน้ำมะนาว โดยใช้เครื่องคั้นน้ำผลไม้ไฟฟ้า
- 1.3 แยกกากและเมล็ด โดยการกรองน้ำมะนาว
- 1.4 นำน้ำมะนาวไปทำให้เข้มข้น โดยเครื่องระเหยภายใต้สูญญากาศ อุณหภูมิ 45 °ซ. ให้ได้ น้ำมะนาวเข้มข้น 25°Brix

2. การศึกษาการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น

นำน้ำมะนาวเข้มข้น 25 °Brix มาทำให้เป็น 20°Brix โดยการเติม 7°Brix ของน้ำมะนาว เพื่อพัฒนาคุณสมบัติทางด้านสี กลิ่นและรสชาติของน้ำมะนาว (วารุณ, 2522) จากนั้นแบ่งมะนาวเป็น 4 ส่วน ดังนี้

- 2.1 พาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 80-85 °ซ. เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- 2.2 เติม 300 ppm โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- 2.3 เติม 300 ppm โซเดียมเบนโซเอท เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง
- 2.4 ตัวควบคุม เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีผลิตน้ำมะนาวเข้มข้น

มะนาวเป็น



ล้างน้ำ



ผ่าครึ่งตามขวาง



คั้นน้ำมะนาว



กรอง



ระเหยภายใต้สุญญากาศ อุณหภูมิ 45°C



น้ำมะนาวเข้มข้น 25°Brix

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะนาวเข้มข้น

3.1 การวิเคราะห์ทางเคมี

- 1) ปริมาณกรดซิตริก (A.O.A.C., 1978)
- 2) ค่าความเป็นกรดต่าง
- 3) ปริมาณวิตามินซี (A.O.A.C., 1980)
- 4) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS)

3.2 การวิเคราะห์ทางกายภาพ

- 1) สี
- 2) กลิ่น
- 3) รสชาติ
- 4) การตกตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะนาวเข้มข้น

1. ผลการวิเคราะห์น้ำมะนาวเข้มข้นทางเคมี

1.1 ผลของการวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดโดยเทียบเป็นกรดซิตริก (g/100 ml)

ตารางที่ 4.1 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณกรด (g/100 ml)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	21.63	20.54	20.87	20.68
3	21.37	20.85	20.77	20.43
6	21.04	20.00	20.56	21.23
9	-	20.15	20.63	20.21
12	-	19.77	20.98	20.58
15	-	20.28	19.89	21.03
18	-	19.32	20.20	19.95
21	-	-	20.08	19.64
24	-	-	19.53	19.12

หมายเหตุ :

- Control คือ น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
- Pas คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
- KMS คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Ben คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โซเดียมเบนโซเอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



15773

- 4 ส.ย. 7547

1.2 ผลของการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (mg/100 ml)

ตารางที่ 4.2 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซี (mg/100 ml)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	98.36	95.76	96.59	96.88
3	88.01	87.85	90.12	89.54
6	77.52	80.96	92.37	86.79
9	-	82.13	86.56	85.05
12	-	76.04	80.67	78.96
15	-	67.45	65.78	68.98
18	-	58.63	68.22	60.95
21	-	-	55.01	53.34
24	-	-	47.56	45.21

หมายเหตุ :

- Control คือ น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
- Pas คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
- KMS คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Ben คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโซเดียมเบนโซเอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง

1.3 ผลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS)

ตารางที่ 4.3 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	20.0	20.0	20.0	20.0
3	20.0	20.0	20.0	20.0
6	19.8	19.8	19.9	19.9
9	-	19.7	19.8	19.9
12	-	19.6	19.8	19.7
15	-	19.5	19.7	19.8
18	-	19.3	19.6	19.7
21	-	-	19.6	19.6
24	-	-	19.5	19.6

หมายเหตุ :

- Control คือ น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
- Pas คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
- KMS คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์
- Ben คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โซเดียมเบนโซเอท

1.4 ผลของการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง

ตารางที่ 4.4 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	2.25	2.25	2.26	2.25
3	2.26	2.25	2.25	2.25
6	2.26	2.27	2.28	2.29
9	-	2.30	2.28	2.30
12	-	2.28	2.29	2.30
15	-	2.29	2.32	2.31
18	-	2.33	2.31	2.32
21	-	-	2.32	2.35
24	-	-	2.35	2.37

หมายเหตุ :

- Control คือ น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
- Pas คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
- KMS คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
- Ben คือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโซเดียมเบนโซเอท

2. ผลการวิเคราะห์น้ำมะนาวเข้มข้นทางกายภาพ

2.1 ผลการวิเคราะห์ด้านสี

ตารางที่ 4.5 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านสี

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
12	-	+	-	+
15	-	++	-	++
18	-	+++	+	++
21	-	-	++	+++
24	-	-	+++	-

หมายเหตุ :

Control	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
Pas	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
KMS	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
Ben	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โซเดียมเบนโซเอท
-	คือ	สีเหลืองขมเขียว
+	คือ	สีเขียวอมน้ำตาล
++	คือ	สีน้ำตาล
+++	คือ	สีน้ำตาลแก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลการวิเคราะห์ด้านกลิ่น

ตารางที่ 4.6 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านกลิ่น

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9		+	-	-
12		++	-	+
15		++	+	+
18		+++	+	++
21			++	++
24			+++	

หมายเหตุ :

Control	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
Pas	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
KMS	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
Ben	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติมโซเดียมเบนโซเอต
-	คือ	กลิ่นมะนาวปกติ
+	คือ	กลิ่นมะนาวดองเล็กน้อย
++	คือ	กลิ่นมะนาวดอง
+++	คือ	กลิ่นมะนาวดองชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการวิเคราะห์ด้านรสชาติ

ตารางที่ 4.7 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านรสชาติ

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	+	-	-
12	-	+	-	+
15	-	++	+	+
18	-	+++	+	++
21	-	-	++	++
24	-	-	++	++

หมายเหตุ :

Control	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
Pas	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
KMS	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โฟสเฟตเซียมเมตาไบซัลไฟด์
Ben	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โซเดียมเบนโซเอต
-	คือ	รสเปรี้ยว
+	คือ	รสเปรี้ยวอมขมเล็กน้อย
++	คือ	รสเปรี้ยวอมขม
+++	คือ	รสขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลการวิเคราะห์ด้านการตกตะกอน

ตารางที่ 4.8 : ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ด้านการตกตะกอน

ระยะเวลาการเก็บรักษา (วัน)	วิธีการเก็บรักษา			
	Control	Pas	KMS	Ben
0	-	-	-	-
3	-	-	-	-
6	-	-	-	-
9	-	-	-	-
12	-	-	-	-
15	-	-	-	-
18	-	+	+	+
21	-	+	+	+
24	-	+	+	+

หมายเหตุ :

Control	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม
Pas	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการพาสเจอร์ไรซ์
KMS	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โปแทสเซียมเมตาไบซัลไฟต์
Ben	คือ	น้ำมะนาวเข้มข้นที่เก็บรักษาโดยการเติม โซเดียมเบนโซเอท
-	คือ	ไม่ตกตะกอน
+	คือ	เริ่มตกตะกอน
++	คือ	ตกตะกอน
+++	คือ	ตกตะกอนชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมะนาวเข้มข้น

1. การวิเคราะห์น้ำมะนาวเข้มข้นทางเคมี

1.1 ปริมาณกรด (g/100 ml)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าปริมาณกรดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากในทุกปัจจัยที่ทำการทดลอง ไม่ว่าจะเป็นการพาสเจอร์ไรซ์ การเติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ และการเติมโซเดียมเบนโซเอท แต่ตัวควบคุมไม่สามารถวิเคราะห์ต่อได้หลังจากวันที่ 6 เนื่องจากเกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อรา โดยจะพบว่าปริมาณกรดมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

1.2 ปริมาณวิตามินซี (mg/100 ml)

จากตารางที่ 4.2 พบว่าปริมาณวิตามินซีจะลดลงค่อนข้างมากในทุกๆปัจจัยที่ทำการทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษา และพบว่าปริมาณวิตามินซีของน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติม โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะลดลงช้าที่สุด ซึ่งพอจะสรุปได้ว่า โพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์สามารถช่วยรักษาวิตามินซีได้ดีกว่าโซเดียมเบนโซเอท และการพาสเจอร์ไรซ์

การลดลงของวิตามินซีในระหว่างการเก็บรักษาอาจเนื่องมาจากเอนไซม์ที่ออกซิไดส์วิตามินซีได้ เช่น แอสคอร์บิกออกซิเดส เนื่องจากก่อนทำให้เข้มข้นไม่ได้มีการให้ความร้อนเพื่อทำลายเอนไซม์ก่อน หรืออาจเกิดจากการที่วิตามินซีถูกออกซิไดส์โดยอากาศที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ซึ่งขบวนการออกซิเดชันของวิตามินซีจะได้อาหารประกอบที่เรียกว่า เฟอร์ฟูราล ทำให้น้ำมะนาวเข้มข้นมีสีคล้ำขึ้น (Kefford, 1959)

1.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS)

จากตารางที่ 4.3 พบว่าในทุกปัจจัยที่ทำการทดลองจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงเล็กน้อยตามระยะเวลาการเก็บรักษาโดยจะลดลงไม่ถึง 1 ° Brix ในเวลา 24 วัน ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ แสดงถึง ปริมาณสารต่างๆที่ละลายอยู่ในน้ำมะนาวทั้งหมด เช่น กรดซิตริก น้ำตาล กลูโคส น้ำตาลซูโครส รวมทั้งกรดอินทรีย์ต่างๆ จะเห็นว่าค่าที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงนั้นสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณกรด และวิตามินซี เนื่องจากองค์ประกอบในน้ำมะนาวในส่วนที่ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้จะประกอบด้วยกรดและวิตามินซี ดังนั้นถ้าปริมาณกรด และ ปริมาณวิตามินซีลดลงก็จะทำให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ค่าความเป็นกรดต่าง

จากตารางที่ 4.4 พบว่าค่าของความเป็นกรดต่างของน้ำมะนาวเข้มข้นจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก โดยค่าความเป็นกรดจะค่อยๆเพิ่มขึ้นในระดับที่ใกล้เคียงกันในทุกปัจจัยที่ทำการทดลองตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยต่างๆที่ทำการทดลองไม่มีผลต่อความเป็นกรดต่างของน้ำมะนาวเข้มข้น และจะพบว่าค่าเพิ่มขึ้นของค่าความเป็นกรดต่างของน้ำมะนาวเข้มข้นนี้จะสอดคล้องกับปริมาณกรดที่ลดลง

2. การวิเคราะห์น้ำมะนาวเข้มข้นทางกายภาพ

2.1 สี

จากตารางที่ 4.5 พบว่าน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะมีสีเหลืองอมเขียว นานกว่าการเติม โซเดียมเบนโซเอท และการพาสเจอร์ไรซ์ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์ มีคุณสมบัติช่วยรักษาสีของน้ำมะนาว โดยเป็นตัวรีดิวซิงส์ ทำให้การออกซิไดซ์ของวิตามินซีต่ำลง สำหรับโซเดียมเบนโซเอทจะไม่ใช่ตัวรีดิวซิงส์ ทำให้สีของน้ำมะนาวเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเร็ว ส่วนการพาสเจอร์ไรซ์เป็นการให้ความร้อนในการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น ทำให้วิตามินซีเมื่อถูกความร้อนจะถูกทำลายจึงทำให้น้ำมะนาวเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาลเร็วเช่นกัน

จะเห็นว่าสีของน้ำมะนาวเข้มข้นจะเข้มข้นจนเป็นสีน้ำตาลตามระยะเวลาการเก็บรักษานั้นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของวิตามินซี นั่นคือ เมื่อปริมาณวิตามินซีลดลงน้ำมะนาวเข้มข้นก็จะมีสีเข้มขึ้น

2.2 กลิ่น

จากตารางที่ 4.6 พบว่าน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะมีกลิ่นมะนาวปกตินานที่สุดตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่การเติมโซเดียมเบนโซเอท และการพาสเจอร์ไรซ์จะทำให้กลิ่นน้ำมะนาวเข้มข้นมีกลิ่นมะนาวคองเร็ว

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงด้านกลิ่นมีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านสี กล่าวคือถ้าน้ำมะนาวเข้มข้นมีกลิ่นของมะนาวคอง น้ำมะนาวเข้มข้นนั้นก็จะมีสีที่เข้มกว่าน้ำมะนาวเข้มข้นที่มีกลิ่นปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการเกิดกลิ่นมะนาวคอง และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของน้ำมะนาวเข้มข้นต่างก็มีสาเหตุจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ของวิตามินซีเช่นกัน

2.3 รสชาติ

จากตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะมีการเปลี่ยนแปลงของรสชาติซั้ที่สุดตามระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่การเติมโซเดียมเบนโซเอท และการพาสเจอร์ไรซ์จะทำให้ น้ำมะนาวเข้มข้นนั้นมีรสขมเร็ว ซึ่งการเกิดรสขมนี้อาจเกิดเนื่องจากการเกิดกลิ่นของมะนาวคองในน้ำมะนาวเข้มข้นก็ได้

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของทั้งด้านสี ด้านกลิ่นและรสชาติมีความสอดคล้องกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลของน้ำมะนาวเข้มข้น การเกิดกลิ่นมะนาวคอง และการเกิดรสขมในน้ำมะนาวเข้มข้นมีสาเหตุจากปฏิกิริยาสีน้ำตาลของวิตามินซีเช่นกัน

2.4 การตกตะกอน

จากตารางที่ 4.8 พบว่าน้ำมะนาวเข้มข้นจะเกิดการตกตะกอนซั้ โดยจะมีการตกตะกอนมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษา และจะเห็นว่าในทุกปัจจัยการทดลองจะมีระยะเวลาในการตกตะกอนที่ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 18 วัน น้ำมะนาวเข้มข้นก็จะตกตะกอน ดังนั้นปัจจัยต่างๆที่ทำการทดลองไม่มีผลต่อการตกตะกอนของน้ำมะนาวเข้มข้น

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเบื้องต้นการผลิตน้ำมะนาวเข้มข้น และอายุการเก็บรักษาพบว่า

1. สารกันบูด และการพาสเจอร์ไรซ์มีผลต่ออายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น กล่าวคือ น้ำมะนาวที่เติมสารกันบูดและน้ำมะนาวที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์จะมีอายุการเก็บรักษานานกว่าน้ำมะนาวเข้มข้นควบคุม ซึ่งการเน่าเสียของน้ำมะนาวเข้มข้นควบคุมจะเกิดขึ้นเนื่องจากเชื้อราเมื่อเวลาผ่านไป 6 วัน
2. ชนิดของสารกันบูดมีผลต่ออายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น กล่าวคือ น้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จะคงสี กลิ่น และรสชาติของน้ำมะนาวปกติได้นานกว่าน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโซเดียมเบนโซเอท ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์มีคุณสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ซิงส์ ทำให้การออกซิไดส์วิตามินซีช้าลง จึงสามารถป้องกันการเกิดสีน้ำตาล และการสูญเสียวิตามินซีได้ แต่โซเดียมเบนโซเอทไม่สามารถป้องกันขบวนการออกซิเดชันวิตามินซี เพราะไม่ใช่ตัวรีดิวซ์ซิงส์ จึงไม่สามารถป้องกันออกซิเจนในน้ำมะนาว ไม่ให้ทำปฏิกิริยากับวิตามินซี จึงเกิดการออกซิไดส์ ทำให้วิตามินซีลดลง น้ำมะนาวจึงเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นมะนาวคอง และมีรสชาติขมเร็ว ดังนั้นน้ำมะนาวเข้มข้นที่เติมโพแทสเซียมเมตาไบซัลไฟด์จึงมีอายุการเก็บรักษานานกว่าน้ำมะนาวที่เติมโซเดียมเบนโซเอท
3. การพาสเจอร์ไรซ์ช่วยให้น้ำมะนาวเข้มข้นไม่เกิดการเสื่อมเสียจากเชื้อรา แต่ไม่ได้ช่วยรักษาสี กลิ่น และรสชาติของน้ำมะนาวเข้มข้น ทั้งนี้เนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์เป็นการให้ความร้อนในการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้น ซึ่งจะทำให้วิตามินซีถูกทำลายเมื่อได้รับความร้อน เป็นผลให้น้ำมะนาวเข้มข้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีกลิ่นมะนาวคอง และมีรสชาติขมเร็ว
4. การเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำตาล การเกิดกลิ่นมะนาวคอง และการเกิดรสขมของน้ำมะนาวเข้มข้น มีสาเหตุจากปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning reaction) ของวิตามินซี

ข้อเสนอแนะ

1. ในการปรับปรุงอายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นให้นานขึ้น อาจทำได้โดยการพาสเจอร์ไรซ์น้ำมะนาวสดก่อนนำมาทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ ทั้งนี้เนื่องจากการพาสเจอร์ไรซ์จะเป็นการทำลายเอนไซม์ที่ออกซิโดสวิตามินซีได้ เช่น แอสคอร์บิกแอซิดออกซิเดส (Ascorbic acid oxidase) ไซโตโครมออกซิเดส (Cytochrom oxidase) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การลดลงของปริมาณวิตามินซีเกิดขึ้นช้าลง
2. การเติมสารกันบูดลงในน้ำมะนาวก่อนการทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ อาจมีผลให้อายุการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นให้นานขึ้นเช่นกัน เนื่องจากจะช่วยลดการออกซิโดสวิตามินซีในระหว่างการทำให้เข้มข้นภายใต้สุญญากาศ เพราะถ้าใส่ไปก่อนการทำให้เข้มข้นจะเป็นการรักษาวิตามินซีจากความร้อนที่ใช้ในการทำให้เข้มข้น และเนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการทำให้เข้มข้นเพียง 45 องศาเซลเซียส จึงไม่ทำให้สารกันบูดถูกทำลายหรือมีประสิทธิภาพลดลง
3. การทำให้น้ำมะนาวเข้มข้นโดยการแช่แข็งมีความน่าสนใจ เนื่องจากสามารถช่วยรักษาคุณค่าทางอาหารและวิตามินซีไม่ให้สูญเสียจากความร้อน แต่ในขณะที่การทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศจะต้องใช้ความร้อนในการทำให้เข้มข้น ทำให้วิตามินซีเกิดการสูญเสีย ดังนั้นน้ำมะนาวเข้มข้นโดยการแช่แข็งจึงมีอายุการเก็บรักษาที่นานกว่าน้ำมะนาวเข้มข้นจากการทำให้เข้มข้นโดยการระเหยภายใต้สุญญากาศ

เอกสารอ้างอิง

- กองบรรณาธิการกลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา. 2529. การปลุกมะนาว. กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, กรุงเทพมหานคร. 64 หน้า.
- กิตติพงษ์ ห่วงรัศมี. กระบวนการแปรรูปอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- จิตศักดิ์ สุดสวาท. 2531. ศึกษารวมวิธีการทำน้ำมะนาวให้ใสเพื่อผลิตน้ำมะนาวออร์เคิล. ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- พิพัฒน์ พรหมทอง. 2540. การยืดอายุการเก็บรักษามะนาวโดยบรรจุในฟิล์มพลาสติก. สัมมนา ระดับปริญญาตรี. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- ยุพร พิษกนุทร และ วราวุฒิ ครูส่ง. 2539. เอกสารประกอบการปฏิบัติการ :เคมีอาหาร. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.
- ภูวนาท นนทธี. 2538. เทคนิคการปลุกมะนาวนอกฤดูภาค. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน, กรุงเทพมหานคร. 72 หน้า.
- วารุณี อนุสรณ์พานิช. 2522. การเก็บรักษามะนาวสดโดยใช้วิธีควบคุมบรรยากาศในการเก็บ และการทำน้ำมะนาวเข้มข้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร.
- สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2536. สวนมะนาว. ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท, นนทบุรี. 63 หน้า.
- สว่าง เติลิ่งพันธ์, ชาคริต จุลกะสวี่ และคณะ. 2531. การปลุกมะนาวนอกฤดูภาค. ฝ่ายสื่อการศึกษา สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Kefford. 1959. Oxidation of Canned Orange Juices. Journal of Food Science Agriculturist.
- Salunkhe, D.K., and Desai, B.B. 1984. Posthavest Biotechnology of Fruit Vol.1. Boca Faton, Florida: CRC Press.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

1. การหาปริมาณกรด โดยวิธีของ A.O.A.C.(1978)

เพื่อตรวจหาปริมาณกรด (%Titratable acidity as citric) ที่มีอยู่ในน้ำมะนาว โดยการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์

1.1 สารเคมีที่ใช้

1.1.1 สารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 N

1.1.2 ฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ เข้มข้น 1%

1.2 วิธีวิเคราะห์

1.2.1 บีบคั้นน้ำมะนาวตัวอย่าง 2 มล. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่

1.2.2 หยดฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด

1.2.3 ไตเตรตด้วยสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ ขณะไตเตรตให้เขย่าขวดรูปชมพู่ตลอดเวลา จนถึงจุดยุติ (End Point) สีจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน

1.2.4 คำนวณปริมาณกรดในตัวอย่างในรูปของกรดซิตริก (Citric acid)

1.3 การคำนวณ

$$\text{เปอร์เซ็นต์กรดในตัวอย่าง} = \frac{70 \times N \times V \times 100}{100}$$

เมื่อ N = Normality ของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์

V = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการไตเตรตเป็นมิลลิลิตร

X = ปริมาณน้ำมะนาวตัวอย่างที่ใช้เป็นมิลลิลิตร

2. การหาปริมาณวิตามินซี โดยวิธีของ A.O.A.C.(1980)

2.1 สารเคมีที่ใช้

2.1.1 2-6 dichloroindophenol (Sodium Salt)

2.1.2 NaHCO₃

2.1.3 HPO₃

2.1.4 กรดแอสคอร์บิก

2.1.5 กรดอะซิติค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การเตรียมสารละลาย

2.2.1 สารละลายกรดที่ใช้สกัด เตรียมจากซัง HPO_3 15 กรัม ละลายในกรดอะซิติก 40 มล. และน้ำกลั่น 200 มล. ปรับปริมาตรให้ครบ 500 มล. กรอง

2.2.2 สารละลายอินโดฟินอลมาตรฐาน เตรียมจาก 2-6 dichloroindophenol 0.05 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 50 มล. ที่มี NaHCO_3 42 มก. ปรับปริมาตรให้ได้ 200 มล. กรอง

2.2.3 สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน เตรียมได้จาก ซังกรดแอสคอร์บิก 0.05 กรัม ละลายในสารละลายกรดที่ใช้สกัด 45 มล. ปรับปริมาตรให้ครบ 50 มล. ด้วยกรด (สารละลายวิตามินซีที่ได้ 1 มล. จะมีวิตามินซี 1 มก.)

2.3 วิธีการวิเคราะห์

2.3.1 ดูดสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 2 มล. ใส่ลงในขวดชมพู

2.3.2 ปิเปตสารละลายกรดที่ใช้สกัด ใส่ลงไป 5 มล.

2.3.3 นำไปไตเตรตกับสารละลายอินโดฟินอลมาตรฐาน ที่มีสีฟ้าเข้มอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งเกิดสีชมพู (rose pink) อย่างถาวรเป็นเวลามากกว่า 15 วินาที

2.3.4 นำสารละลายกรดที่ใช้สกัด 5 มล. ใส่ลงในขวดชมพู นำไปไตเตรตกับสารละลายอินโดฟินอลมาตรฐานจนกระทั่งเกิดสีชมพูคงอยู่เป็นเวลามากกว่า 15 วินาที เพื่อเป็นแบลนด์

2.3.5 ควบน้ำมะนาว 2 มล. ใส่ในขวดชมพู ใส่สารละลายกรดที่ใช้สกัด 5 มล. นำไปไตเตรตกับสารละลายอินโดฟินอลมาตรฐานจนกระทั่งเกิดสีชมพูคงอยู่เป็นเวลามากกว่า 15 วินาที

2.4 ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณวิตามินซี

สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 100 มล. มีวิตามินซี = 100 mg.

สารละลายวิตามินซีมาตรฐาน 2 มล. มีวิตามินซี = $\frac{100 \times 2}{100}$ mg.

100

= 0.002 gm.

ให้สารละลายอินโดฟินอลมาตรฐานที่ใช้ไตเตรตสารละลายวิตามินซีมาตรฐาน = y มล. และการไตเตรตแบลนด์ = z มล. $\therefore y - z =$ วิตามินซี gm.

นำน้ำมะนาวมา 2 มล. ไตเตรตกับสารละลายอินโดฟินอลมาตรฐาน ใช้สารละลายอินโดฟินอลมาตรฐาน = 5.1 ml. (สมมุติ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{สารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน } y-z \text{ มล.} &= \text{วิตามินซี} &= & 0.002 & \text{ gm.} \\ \text{สารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐาน } 5.1 \text{ มล.} &= \text{วิตามินซี} &= & \frac{0.002 \times 5.1}{y-z} & \text{ gm.} \end{aligned}$$

$$\text{น้ำมะนาว 2 มล. มีวิตามินซี} = \frac{0.002 \times 5.1}{y-z} \text{ gm.}$$

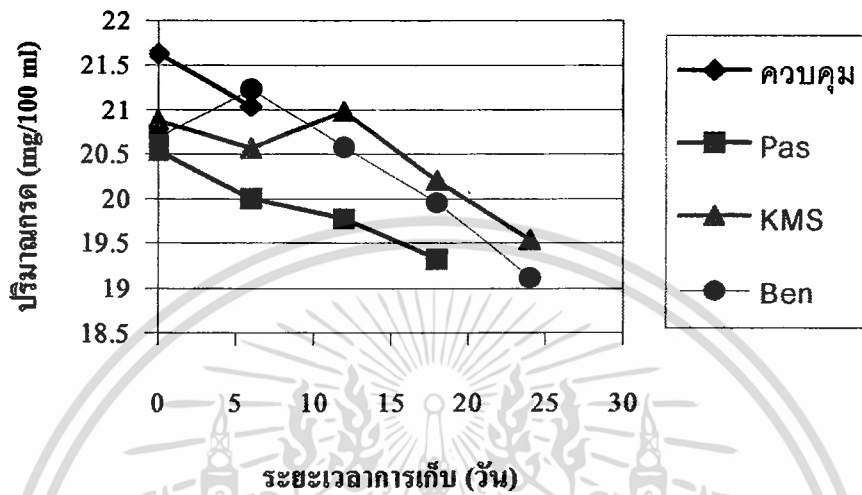
$$\text{น้ำมะนาว 100 มล. มีวิตามินซี} = \frac{0.002 \times 5.1 \times 100 \times 1000}{(y-z) \times 2} \text{ mg.}$$

หมายเหตุ ค่า y และ z ขึ้นกับการเตรียมสารละลายอินโดฟีนอลมาตรฐานแต่ละครั้ง

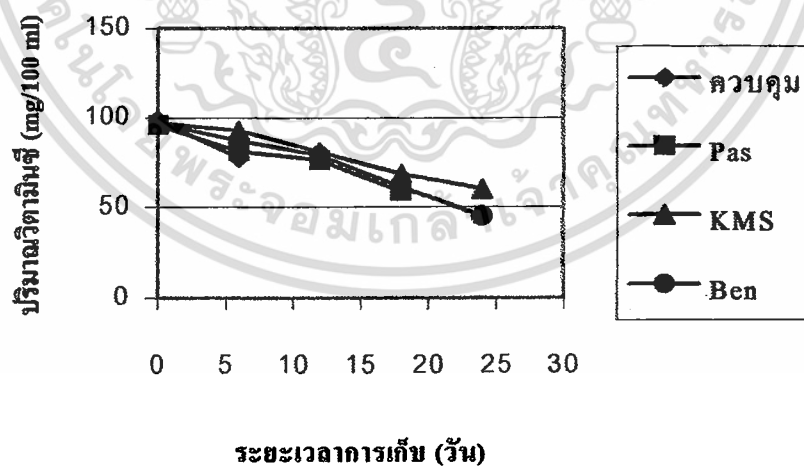
3. การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
 - 3.1 หยคน้ำมะนาว 2-3 หยด ลงใน Hand Refractometer
 - 3.2 ต่อดูปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ($^{\circ}$ Brix)
4. การวัดค่าความเป็นกรดค่า
 - 4.1 Standardize เครื่องวัดความเป็นกรดค่า โดย buffer pH 7.00 และ pH 4.00 ตามลำดับ
 - 4.2 วัดค่า pH ของน้ำมะนาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

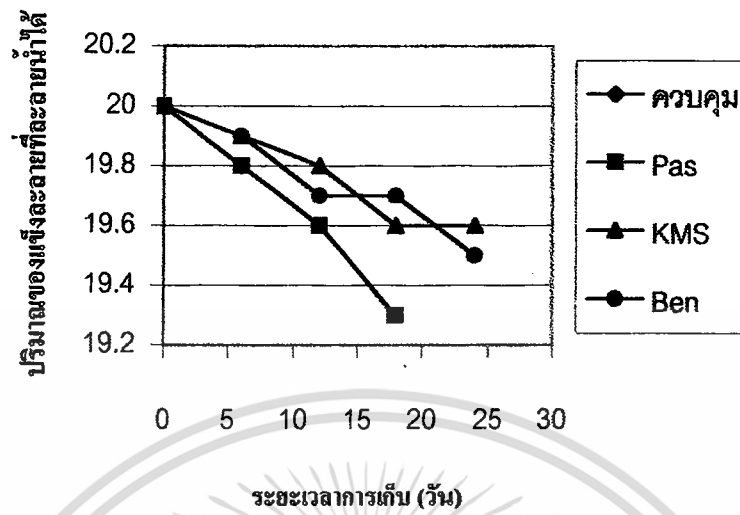


รูปที่ 1. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณกรดอะมิโนระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง

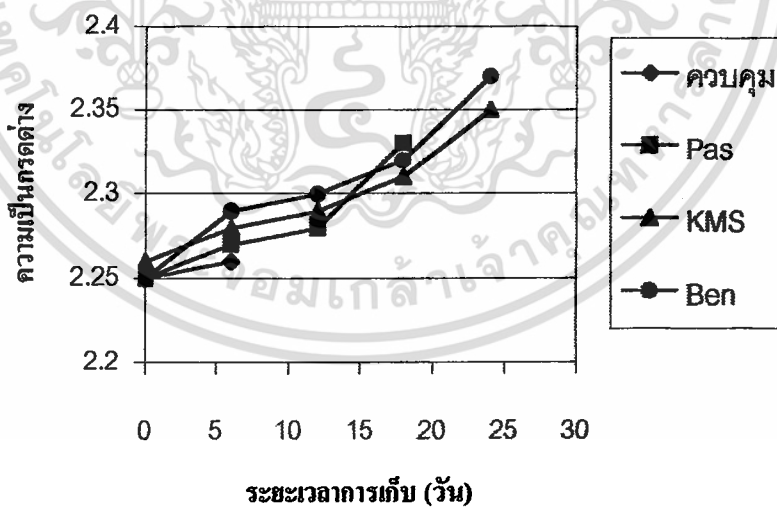


รูปที่ 2. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



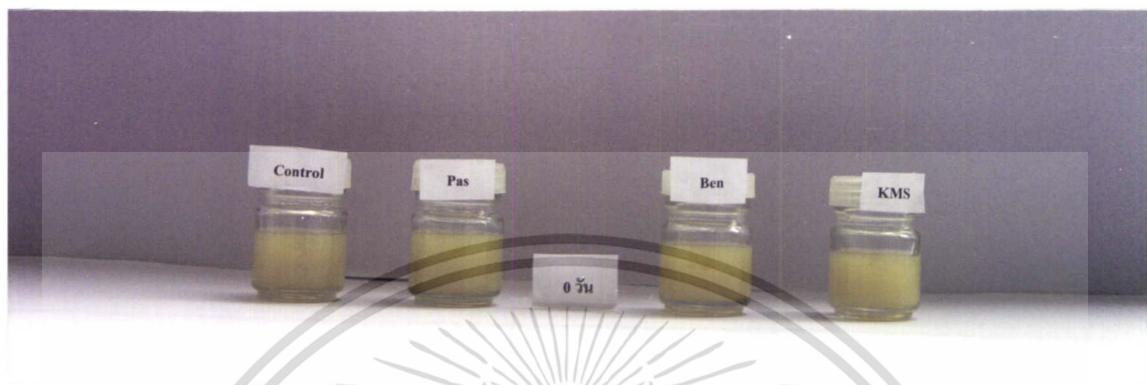
รูปที่ 3. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง



รูปที่ 4. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดต่างระหว่างปัจจัยที่ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวก ก

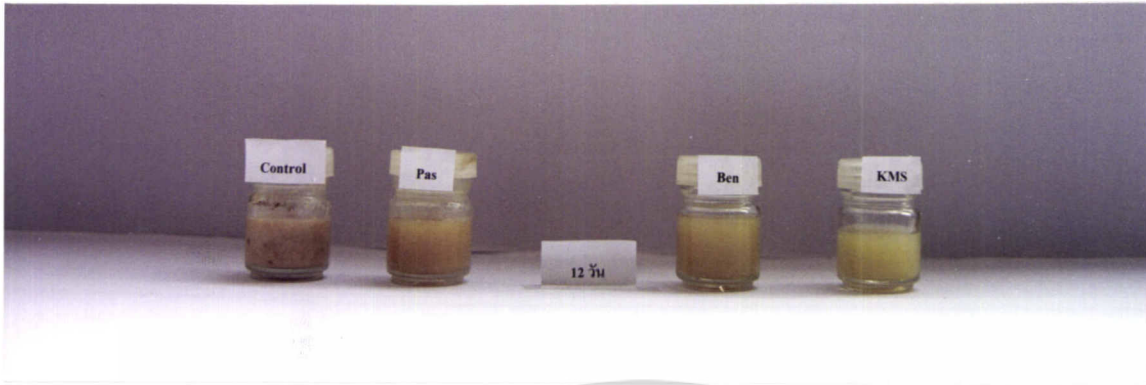


รูปที่ 5. ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 0 วัน



รูปที่ 6. ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 6 วัน

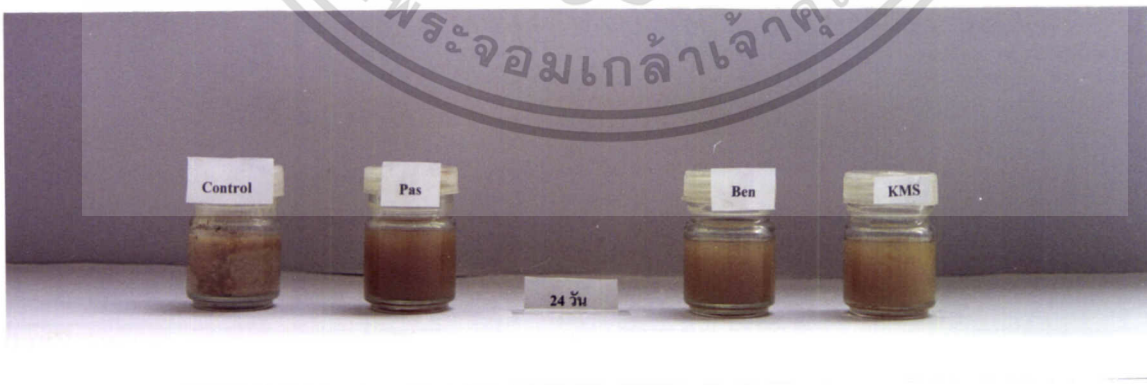
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7. ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 12 วัน



รูปที่ 8. ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 18 วัน



รูปที่ 9. ภาพแสดงการเก็บรักษาน้ำมะนาวเข้มข้นที่เวลา 24 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของการนำใบไปใช้

