

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

กระบวนการผลิตชาเปลือกมะนาว
Lemon peel tea processing



โดย
นางสาวศิริกาญจน์ แพทย์ศาสตร์

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ฯ

รฟว.
ค 439ก
2544

เลขหน้.....
เลขทะเบียน 47223
วัน, เดือน, ปี 24 ส.ย. 2546

b.....
i.....
17/11/2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีการ
ไม่ว่าวิธีใด ๆ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

ปีการศึกษา 2544

ชื่อเรื่อง	กระบวนการผลิตชาเปลือกมะนาว	
	Lemon peel tea processing	
ชื่อ-สกุล	นางสาวศิริกาญจน์ แพทย์ศาสตร์	
สาขาวิชา	อุตสาหกรรมเกษตร	ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร
คณะ	วิศวกรรมอุตสาหการ	
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ชุตินา สังข์พาลี	

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีการผลิตชาเปลือกมะนาวโดยใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว โดยแต่ละวิธีจะใช้อุณหภูมิในการอบแห้ง 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วนำมาคั่วเป็นเวลาประมาณ 15 นาที เพื่อศึกษาวิธีการผลิตชาเปลือกมะนาวที่เหมาะสมและได้ผลิตภัณฑ์เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยนำมาทดสอบการยอมรับด้วยวิธีทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธีโดยวิธี Hedonic Rating Scales โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คนและใช้แบบประเมินผลแบบ 9 - point Hedonic Scale วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองพบว่าชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมสูงกว่าและแตกต่างทางสถิติกับการผลิตด้วยวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($p \leq 0.05$) ซึ่งชาเปลือกมะนาวที่ผลิตได้มีสีของน้ำชาเปลือกมะนาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่ว และมีรสฝาดเล็กน้อย ไม่มีรสขม

กิตติกรรมประกาศ

การทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือจากหลายฝ่ายโดยเฉพาะ อาจารย์ชุตินา สังข์พาลี ที่ท่านได้ให้ความกรุณาเสียสละเวลาของท่านในการให้คำปรึกษา แนะนำ แก้ไข ข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดเวลาในการทำปัญหาพิเศษในครั้งนี้ นอกจากนี้ยังได้รับการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จากเจ้าหน้าที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร และความช่วยเหลือของเพื่อน ๆ ในการทำการทดลองซึ่งเป็นผลให้เกิดความสมบูรณ์ของปัญหาพิเศษเรื่องนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมา ณ โอกาสนี้

ความดีของปัญหาพิเศษเล่มนี้ ขอมอบให้กับคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชา บิคา มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และกำลังใจตลอดมา และเพื่อน ๆ สาขาวิชาอุตสาหกรรมเกษตร ชั้นปี 2 ห้อง 2 ที่ให้ความช่วยเหลือในการทดลองชิมและให้กำลังใจในการแก้ปัญหา และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิริกาญจน์ แพทย์ศาสตร์

พฤศจิกายน 2544

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษ.....	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ.....	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	2
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มะนาว.....	4
2.1.1 ถิ่นกำเนิดของมะนาว.....	4
2.1.2 การเจริญเติบโตของมะนาว.....	5
2.1.3 ลักษณะทั่วไปของมะนาว.....	5
2.1.4 คุณค่าทางอาหารของมะนาว.....	6
2.1.5 พันธุ์มะนาว.....	8
2.1.6 ประโยชน์ของมะนาว.....	11
2.1.7 การเก็บเกี่ยวผลมะนาว.....	12
2.1.8 การเก็บรักษา.....	12
2.1.9 ตลาดและการค้ามะนาว.....	14
2.1.10 สาเหตุของโรครวมในพืชตระกูลส้ม.....	15
2.2 การทำแห้ง.....	15
2.3 อุตสาหกรรมชา.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	3
3.1	26
3.2	27
3.3	29
3.4	29
4	4
4.1	30
4.1.1	31
4.1.2	32
4.1.3	32
4.1.4	32
5	5
5.1	34
5.2	34
บรรณานุกรม	35
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	40
ภาคผนวก ค	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารอาหารชนิดต่าง ๆ ของผลมะนาวขนาด 100 กรัม.....	6
2	คุณค่าทางอาหารของผลมะนาวขนาด 60 กรัม.....	7
3	ส่วนประกอบของน้ำมะนาวและเปลือกมะนาว.....	7
4	คะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาวที่ผ่าน กระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ.....	31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขั้นตอนการผลิตชาจีนและชาฝรั่ง.....	24



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

“ชา” เป็นเครื่องดื่มที่เก่าแก่ของโลก แพร่หลายมานานกว่า 2,000 ปี ชาวจีนเป็นชาติแรกที่รู้จักดื่มชาและมีการนำชาไปใช้ประโยชน์ทางเภสัชกรรม ตั้งแต่ศตวรรษที่ 4

ต่อมาได้มีการนำพืชชนิดอื่น เช่น ใบเตย ว่านหางจระเข้ ดอกคำฝอย มาทำเป็นเครื่องดื่ม เช่นเดียวกับใบชา จึงใช้คำนำหน้าชื่อชาตามชนิดของพืช (วัตถุดิบ) ที่นำมาทำชา เช่น เมื่อนำใบเตยมาทำชา ก็จะเรียกว่า ชาใบเตย หรือ ชาเตย เป็นต้น (ศุภนารถ เกตุเจริญ, 2538 : 5)

มะนาวเป็นไม้ตระกูลส้มประเภทหนึ่งที่ถูกค้นโดยทั่วไปมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus aurantifolia* (christm) swing ชื่อสามัญว่า Lime อยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อท้องถิ่นว่า ส้มมะนาว มะลิวิ (เชียงใหม่) คนไทยส่วนใหญ่นิยมรับประทานอาหารที่มีรสเปรี้ยว ดังนั้น มะนาวจึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการปรุงอาหาร จะขาดเสียมิได้ในครัวของเรา นับว่าเป็นอาหารหลักรองจากข้าว ปลา เนื้อ และผัก (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2541 : 5) แทบทุกครัวเรือน หรือร้านอาหารต่างๆ ต้องใช้น้ำมะนาวในการปรุงอาหาร เช่น ทำน้ำพริก ต้มยำ (สุภกิจ แก้วถนอม, 2540 : 3)

นอกจากจะใช้ปรุงอาหารแล้ว มะนาวยังเป็นเครื่องดื่มที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ช่วยในการรักษาโรคต่างๆ และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายอีกด้วย (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2541 : 5)

มะนาวมีสรรพคุณทางด้านสมุนไพร เพราะมีสารเอซเปอร์รีดินและนารินจิน มีฤทธิ์แก้แสบทำหน้าทีคล้ายยาปฏิชีวนะได้ จึงนิยมใช้ผสมในตัวยาสมุนไพร (โครงการเผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการผ่านสื่อหนังสือพิมพ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

เปลือกมะนาวรักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด โดยนำเปลือกผลสดมารับประทานครึ่งผล คลึง หรือทุบเล็กน้อยพอน้ำมันออก ชงกับน้ำร้อนดื่มเวลามีอาการ เนื่องจากผิวเปลือกมะนาวมีน้ำมันหอมระเหยที่มีชื่อว่า “ไลโมน” เช่น S-limonene, d-limonene, linalool, terpineol, Citric acid, Malic acid, Ascorbic acid

ประเทศไทยในระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน เป็นฤดูที่มีมะนาวมากล้นตลาด ราคาตกต่ำ ทำให้เกษตรกรได้รับความเดือดร้อนเนื่องจากจำหน่ายผลผลิตไม่ได้จึงเกิดการขาดทุน เนื่องจากลงทุนในด้านการเพาะปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการขนส่งจึงเหมาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จะนำเอาผลผลิตที่ต้นตลาดนี้มาทำการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ถนอมไว้รับประทานในครัวเรือน หรือทำเป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวเป็นการเพิ่มรายได้ เพื่อช่วยพยุงเศรษฐกิจของครอบครัวใน ภาวะปัจจุบันเช่นนี้ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากมะนาวส่วนใหญ่ จะใช้น้ำมะนาวในการแปรรูป ยกตัว อย่าง เช่น น้ำมะนาว น้ำมะนาวเข้มข้น และนอกจากนี้แล้วยังมีการถนอมมะนาว โดยการนำผล มะนาวมาทำเป็นมะนาวดอง เพื่อใช้ในการประกอบอาหารอีกด้วย

ทางด้านอุตสาหกรรม มะนาวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมได้หลาย ชนิด เช่น นำไปใช้เป็นแหล่งผลิตกรดซิตริก น้ำมะนาวนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งในอุตสาหกรรม น้ำอัดลม และเครื่องดื่ม นำไปใช้ผสมในเครื่องหอม หรือใช้ผสมน้ำอาบ ใช้ผสมเครื่องสำอาง สบู่ และน้ำมันใส่ผม เป็นต้น (กวนาท นนทรี, ม.ป.ป. : 8)

ปัจจุบันนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้หันมาให้ความสำคัญเกี่ยวกับ อาหาร และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ และผลิตภัณฑ์ที่มีสรรพคุณทางด้านสมุนไพรกันมากขึ้น และเปลือกมะนาวก็เป็นส่วนหนึ่งของพืชที่มีสรรพคุณทางยาที่น่าจะนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์สมุนไพร เช่น ชาเปลือกมะนาวได้ ซึ่งปัจจุบันได้มีการทำชาเปลือกส้มจำหน่ายพบว่าเป็นที่นิยมและยังเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับ เกษตรกร ได้มาก (จำพรรณา รักศรีอักษร. 2542 : 51-52) ดังนั้นมะนาวซึ่งจัดอยู่ในตระกูลเดียวกับ ส้มจึงน่าจะได้รับความนิยมได้เช่นเดียวกัน

ดังนั้นปัญหาพิเศษนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงวิธีการในการทำชาเปลือกมะนาวที่มีคุณภาพ โดย ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตชาเปลือกมะนาวโดยใช้กรรมวิธีที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ผล ผลิตชาเปลือกมะนาวที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตชาเปลือกมะนาว
2. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว

1.3 ขอบเขตของปัญหา

เพื่อศึกษาวิธีการทำชาเปลือกมะนาว โดยการเอาเปลือกมะนาวมาแปรรูปเป็นชาสมุนไพร และศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ ชาเปลือกมะนาวของผู้บริโภค

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องคั้นสมุนไพรที่มีรสชาติใหม่
2. สามารถลดปริมาณขยะจากการนำเปลือกมะนาวมาทำชา
3. ลดต้นทุนการนำเข้าชาจากต่างประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะนาว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ชื่อสามัญ : Common lime , Lime

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Citrus aurantifolia Swing

วงศ์ : Rutaceae (วิทย์ เทียงบูรณธรรม, 2536 : 614)

มะนาวเป็นไม้ผลตระกูลส้มประเภทหนึ่งที่ถูกกั้นดีโดยทั่วไปเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจที่ตลาดมีความต้องการสูงทั้งปี เพราะต้องใช้น้ำมะนาวในการปรุงอาหารต่าง ๆ เช่น ต้มยำ แกง ทำน้ำพริก เป็นต้น นอกจากนี้ใช้ปรุงอาหารแล้วน้ำมะนาวยังใช้เป็นเครื่องดื่มน้ำที่อุดมไปด้วยวิตามินซี ช่วยในการรักษาโรคต่าง ๆ และช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายอีกด้วย (ศุภกิจ แก้วถนอม, 2540 : 5)

2.1.1 ดินกำเนิดของมะนาว

มะนาว เป็นพืชพื้นเมืองของอินเดีย มีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดิสตะวันออก หรือทางภาคเหนือของอาหรับ แล้วได้กระจายพันธุ์สู่แผ่นดินใหญ่ของทวีปเอเชีย อย่างไรก็ตามมะนาวก็ได้แพร่กระจายพันธุ์ยังส่วนต่าง ๆ ของโลกในแถบร้อนและกึ่งร้อนอย่างกว้างขวางและได้มีผู้สันนิษฐานเอาไว้ว่า ชาวอาหรับเป็นผู้นำมะนาวจากอินเดียไปปลูกใน ปาเลสไตน์ เปอร์เซีย อียิปต์ และยุโรป ภายหลังจากนั้นมะนาวได้แพร่กระจายพันธุ์ไปยังหมู่เกาะอินเดียตะวันตกและอเมริกาตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 16 โดยนักสำรวจชาวสเปนและโปรตุเกสได้นำไปปลูก

สำหรับประเทศไทย เชื่อกันว่าการปลูกมะนาวมีมาก่อนสมัยกรุงรัตนโกสินทร์ และได้ปลูกติดต่อกันเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน ในสมัยก่อนมักจะปลูกมะนาวไว้หลังบ้าน เพื่อเก็บผลมาใช้ประกอบอาหารในครัวเท่านั้นก็เลยมีการปลูกมะนาวกันเกือบทุกบ้าน ไม่ค่อยมีใครที่จะปลูกมะนาวเพื่อการค้าอย่างจริงจัง ต่อมาเมื่อบ้านเมืองเจริญมากขึ้น พื้นที่การเกษตรก็มีน้อยลงเนื่องจากได้นำไปใช้ในอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ประกอบกับผลเมืองมีมากขึ้น ความต้องการมะนาวเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนและใช้มะนาวในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจึงทำให้มีผู้ปลูกมะนาวในทางการค้า โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลูกในพื้นที่มาก ๆ และมีแหล่งปลูกที่สำคัญได้แก่อำเภอท่ายางจังหวัดเพชรบุรี อำเภอลาดบัวหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และบางอำเภอของจังหวัดราชบุรีและนครปฐม (ภูวนาท นนทรี, ม.ป.ป. : 8-9)

2.1.2 การเจริญเติบโตของมะนาว

มะนาวเป็นไม้พุ่มยืนต้นที่มีขนาดของลำต้นค่อนข้างเล็ก ตามบริเวณลำต้น และกิ่งก้านมีหนามแหลมขึ้นอยู่ทั่วไป (กระยาทิพย์ เรือนใจ, 2537 : 106) ลักษณะทรงต้นสูงประมาณ 5 เมตร มีช่วงการแตกใบอ่อนหลายครั้งและเกือบทุกครั้งที่มีการแตกใบอ่อนมักจะมีดอกออกตามมา (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2531 : 6)

2.1.3 ลักษณะทั่วไปของมะนาว

มะนาวเป็นไม้ผลยืนต้น มีพุ่มสูงประมาณ 5 เมตร ลักษณะการเจริญเติบโตแผ่กิ่งก้านสาขากว้าง การแตกออกของกิ่งไม่ค่อยเป็นระเบียบ มีช่วงของการแตกใบอ่อนหลายครั้ง เมื่อมีการแตกใบอ่อนมักมีการออกดอกตามมาเสมอ โดยทั่วไปมะนาวมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามท้องถิ่นที่อยู่อาศัย เช่น แดงสุรินทร์และเขมร เรียกมะนาวว่า “ไกรยชะม้” ส่วนชาวกะเหรี่ยงแควมแม่ฮ่องสอนเรียกมะนาวว่า มะน้ำดีเล มะนอเกลหรือปะนอเกลแต่ถ้าเป็นชาวกะเหรี่ยงแควกาญจนบุรี กลับเรียกมะนาวว่า ปะโหนงกลยาน ส่วนชาวเงี้ยวหรือฮานที่แม่ฮ่องสอนเรียกมะนาวว่า “หมากฟ้า” ถ้าวางไปทางภาคใต้จะได้ยินชื่อมะนาวในภาษามลายูว่า “ลีมานีปีห์” แม้ว่าชื่อเรียกของมะนาวแตกต่างกันไป แต่ทุกคนก็รู้จักกันดีในชื่อเรียกที่เป็นทางการของมะนาวว่า มะนาว หรือ ส้มมะนาวนั่นเอง สำหรับลักษณะทั่วไปของมะนาวมีดังนี้

ลำต้น มีลักษณะโค้งงอไม่ค่อยแข็งแรง เปลือกลำต้นมีสีเทาปนน้ำตาล กิ่งอ่อน เมื่อแก่จะค่อย ๆ เข้มขึ้น บนลำต้นจะมีหนาม ส่วนใหญ่จะเกิดที่บริเวณซอกใบ เป็นสีเขียวเข้มจนถึงสีเขียวอมเหลือง หนามมีลักษณะแข็ง อ้วน แแหลม และสั้น

ใบ มีแผ่นใบอันเดียว สีเขียวอ่อน รูปร่างค่อนข้างยาวหรือรูปไข่ ปลายใบมีรูปร่างแหลม ขอบใบมีหยัก แผ่นใบกว้างประมาณ 3-6 เซนติเมตร และยาว 6-12 เซนติเมตร ใบมีกลิ่นแรง เมื่อขยี้ก้านใบมีขนาดสั้น ใบอ่อนมีสีเขียวอมแดง

ดอก ดอกเกิดขึ้นบริเวณซอก อาจจะเป็นดอกเดี่ยวหรือช่อดอกที่ตูมจะมีขนาดความยาว 1-2 เซนติเมตร มีสีแดงเจืออยู่ด้วย กลีบเลี้ยงมี สีเหลืองอ่อน กลีบดอกสีขาว ด้านท้องมีสีม่วงปน เกสรตัวผู้มีจำนวนมากมายถึง 20-40 อัน เชื่อมติดกันเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-8 อัน เกสรตัวเมียมีรังไข่รูปทรงกระบอก หรือ ถังเปียร์ ก้านเกสรตัวเมียจะหลุดร่วงเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผล ผลมีรูปร่างยาวหรือรูปไข่ ที่ปลายมีลักษณะเป็นปุ่มเล็ก ๆ ผลมีขนาดความยาวประมาณ 8-12 เซนติเมตร ผิวเมื่อสุกจะออกสีเหลืองหรือสีทอง มีต่อมน้ำมันที่ผิวเปลือกเห็นได้ชัด ผิวเปลือกมีลักษณะขรุขระ ใน 1 ผลจะมี 8-10 กลีบ เนื้อสีเหลืองอ่อน รสเปรี้ยว กลิ่นหอม

เมล็ด เมล็ดมีขนาดเล็ก รูปร่างคล้ายไข่ ด้านปลายหัวท้ายจะแหลม มีเนื้อเยื่อที่สะสมอาหารภายในเป็นสีขาว เมล็ดหนึ่งหากนำไปเพราะสามารถให้ต้นกล้าหลายต้น

2.1.4 คุณค่าทางอาหารของมะนาว

ตารางที่ 1 สารอาหารชนิดต่าง ๆ ของผลมะนาวขนาด 100 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ	
พลังงาน	40	หน่วยแคลอรี
โปรตีน	0.8	กรัม
ฟอสฟอรัส	11	มิลลิกรัม
เหล็ก	0.1	มิลลิกรัม
วิตามินซี	52	มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	6.3	กรัม
ไขมัน	2.4	กรัม
เส้นใย	0.3	กรัม
วิตามินเอ	30	หน่วย
วิตามินบี 2	0.02	มิลลิกรัม
วิตามินบี 1	0.02	มิลลิกรัม
ไนอะซิน	0.2	มิลลิกรัม

ที่มา : กระจาทิพย์ เรือนใจ, 2537 : 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 คุณค่าทางอาหารของผลมะนาวขนาด 60 กรัม

สารอาหาร	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์)
น้ำ	89.37
กาก	0.65
โปรตีน	0.82
ไขมัน	0.89
คาร์โบไฮเดรต	7.84
แคลเซียม	0.083
ฟอสฟอรัส	0.024
เหล็ก	0.0006
โปแตสเซียม	0.193

ที่มา : สมศักดิ์ วรณศิริ, 2541 : 7

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของน้ำมะนาวและเปลือกมะนาว

ส่วนประกอบทางเคมี	น้ำมะนาว	เปลือกมะนาว
<u>Mois</u>		
Ture gm.	90.3	68.2
Cal Unit	40	85
Fat gm.	2.4	0.2
CHO gm.	6.3	26.5
Fibre gm.	0.3	2.6
<u>Protein</u>		
A gm.	-	-
V gm.	0.8	3.4
Ca. mg.	17	240

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ส่วนประกอบของน้ำมะนาวและเปลือกมะนาว (ต่อ)

ส่วนประกอบทางเคมี		น้ำมะนาว	เปลือกมะนาว
Ca.	mg.	17	240
P.	mg.	11	52
Fe.	mg.	0.1	1.4
<u>Vitamins</u>			
A	IU.	30	180
B ₁	mg.	0.02	0.07
B ₂	mg.	0.02	0.09
Niacin	mg.	0.2	0.3
C	mg.	52	256

ที่มา : สุภาวดี พุกกุล, 2544 : 85

2.1.5 พันธุ์มะนาว

พันธุ์มะนาวที่พบเห็นในเมืองไทยมีอยู่หลายพันธุ์ด้วยกัน ได้แก่ มะนาวหนัง มะนาวไข่ มะนาวแป้น มะนาวโมพี มะนาวหวาน มะนาวพม่า มะนาวเดี่ยว มะนาวปีนัง และมะนาวพันธุ์ตาสี เป็นต้น แต่พันธุ์มะนาวที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและนิยมปลูกกันมากในปัจจุบันนี้มี 3 พันธุ์ด้วยกันคือ มะนาวหนัง มะนาวไข่ และมะนาวแป้น สำหรับลักษณะประจำพันธุ์ของมะนาวต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

1. มะนาวหนัง เป็นมะนาวที่มีปลูกอยู่ทั่วไปตามพื้นบ้าน ลักษณะผลใหญ่ ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาว หัวท้ายแหลม เมื่อโตขึ้นจะค่อย ๆ สั้นเข้า หัวท้ายจะมนเข้า เมื่อผลโตเต็มที่จะมีลักษณะกลมค่อนข้างยาวมีกลมมนบ้างเล็กน้อย ด้านหัวมีจุกเล็ก ๆ ผิวเรียบ เปลือกค่อนข้างหนา จึงทำให้เก็บรักษาผลไว้ได้นาน เป็นพันธุ์ที่มีรสเปรี้ยวจัด เพราะมีเปอร์เซ็นต์กรดค่อนข้างสูง น้ำมีกลิ่นหอมนำไปทำน้ำมะนาวดื่มได้ดีมาก

ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่ม สูงประมาณ 2-5 เมตร การแตกกิ่งก้านสาขาไม่ค่อยเป็นระเบียบ กิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยมสีเขียวจาง เมื่อโตขึ้นจะกลมและสีเขียวเข้ม ต่อมาสีของกิ่งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และในที่สุดเมื่อแก่มากจะเป็นสีเทา ตามกิ่งจะมีหนามแข็งและแหลม โคนหนามสีเขียว ปลายหนามสีน้ำตาล รอยต่อระหว่างสีเขียวและสีน้ำตาลมักมีรอยต่อเห็นได้ชัด เมื่อกิ่งแก่หนามก็จะแห้งและตายไป ใบอ่อนมีสีเขียวจางเกือบเป็นสีขาว เมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ผิวด้านบนละเอียดเป็นมัน ปลายใบค่อนข้างป้าน ใบมักมีร่องลึกสลับกับร่องตื้นหรือบางทีจะเป็นหยักละเอียด ดอกตูมเมื่อโตขึ้นกลีบในจะมีสีขาวชัดขึ้น สำหรับดอกที่กลีบในสีม่วง แดงหรือแดงเรื่อ ๆ เห็นได้ชัดขณะยังเล็กอยู่ก็จะจางหายไปเป็นสีขาวบริสุทธิ์เมื่อดอกตูมเต็มที่ เมื่อดอกบานกลีบในจะเห็นมีปลายแหลมสีเหลืองจัดมาก เมื่อดอกบานเต็มที่กว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร

2. มะนาวไข่ เป็นมะนาวที่มีขนาด และลักษณะคล้ายมะนาวหนังเกือบทุกอย่าง ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาว หัวและท้ายแหลมและจะค่อย ๆ มนเข้าเมื่อโตขึ้น เมื่อโตเต็มที่ที่มีลักษณะกลมมนเป็นส่วนใหญ่ หัวและก้นมีจุกไม่แหลม ผิวเรียบ เปลือกบางใส ผลโตกว่ามะนาวหนัง ออกลูกดกและผลมีน้ำมาก มีเมล็ดค่อนข้างน้อย ข้อดีของมะนาวไข่ก็จะออกผลที่ปลายกิ่ง ซึ่งสะดวกต่อการเก็บผล ปัจจุบันมีมะนาวไข่บางพันธุ์ที่สามารถออกผลทวายได้ เช่นพันธุ์แม่ไก่ไข่ดก เป็นต้น

ลักษณะลำต้นเป็น ไม้พุ่มสูงประมาณ 2-5 เมตร ใบมีลักษณะคล้ายมะนาวหนัง แผ่นใบกว้างประมาณ 2.5-3 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4-5 เซนติเมตร ดอกก็มีลักษณะคล้ายกับมะนาวหนัง เช่นกัน เมื่อดอกบานเต็มที่กว้างประมาณ 1.8-2.5 เซนติเมตร

3. มะนาวแป้น เป็นมะนาวที่ได้จากการเพาะเมล็ดมะนาวพื้นบ้านแล้วมีการกลายพันธุ์ไปจนมีลักษณะที่ดี เป็นมะนาวพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากที่สุด เพราะเป็นมะนาวที่ให้ผลดกและออกผลตลอดปีผลมีขนาดปานกลาง ทรงผลแป้น เปลือกบางใสมีสีเขียวอมเหลือง มีน้ำมาก ไม่ค่อยมีเมล็ด มะนาวแป้น มีหลายพันธุ์ด้วยกัน เช่น

ก. พันธุ์แป้นรำไพ เป็นมะนาวทวายที่มีลักษณะทรงผลแป้น ผลใหญ่ และเปลือกไม่หนามาก ออกดอกติดผลง่าย มีน้ำมาก และอายุการเก็บเกี่ยวสั้น คือนับตั้งแต่ออกดอกจนเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ในเวลาเพียง 4 เดือนเท่านั้น

ข. พันธุ์แป้นทวาย มีลักษณะทรงผลแป้น ผลมีขนาดกลาง มีคุณสมบัติที่เปลือกบาง ให้ผลดกทั้งปี ใช้ประโยชน์ได้ดีมาก

จากลักษณะของมะนาวแป้น ที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า มะนาวแป้นเป็นมะนาว ที่ได้รับความนิยมมาก มะนาวที่เราพบเห็นหรือใช้เป็นเครื่องเทศปรุงรสอาหารในชีวิตประจำวันก็คือมะนาวแป้นนี้เอง และที่สำคัญยังหาซื้อได้สะดวกตามตลาดสดทั่วไป

4. มะนาวโมหี ลักษณะต้นเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูงประมาณ 1-2 เมตร กิ่งอ่อนเป็นเหลี่ยม ๆ สีเขียวจาง มีสีม่วงจาง ๆ ปนเล็กน้อย โคนกิ่งมีหนามยาว ปลายกิ่งมักมีหนามสั้น

ใบ ใบอ่อนเป็นสีม่วง เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะมีสีเขียว ฐานใบใหญ่คล้ายรูปหัวใจว่า ขนาดของแผ่นใบกว้างประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร

ดอก ดอกตูมเล็ก ๆ กลีบนอกตามขอบและกลีบในมีสีชมพูม่วงขนาดความกว้างของดอกเมื่อบานจะกว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร

5. มะนาวหวาน ลักษณะต้นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูงประมาณ 2-5 เมตร ไม้ค่อมมีหนาม จะมีบ้างเป็นหนามอ่อน ๆ และสั้นไม่แหลมคม

ใบ ใบอ่อนมีสีเขียวจางเกือบเป็นสีขาว มีสีม่วงปนอยู่เล็กน้อย โดขึ้นใบสีเขียวจัดหรือสีเขียวคล้ำ ใบค่อนข้างยาว ปลายใบมน แผ่นใบกว้างประมาณ 3.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 6.5 เซนติเมตร

ดอก ความกว้างของดอกบานเต็มที่ที่มีความกว้างประมาณ 2-3 เซนติเมตร

ผล ผลเล็กตรงกลางป้องกันท้ายเรียวยาวแหลมยิ่งโตขึ้นจะสั้นเข้าทุกที เมื่อโตเต็มที่หัวและก้นจะเป็น

6. มะนาวพม่า ลักษณะเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น สูงประมาณ 3-5 เมตร การแตกกิ่งก้านสาขาไม่เป็นระเบียบ กิ่งอ่อนมีสีม่วง ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวจางมีลักษณะเป็นเหลี่ยม เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะกลมและสีเขียวเข้ม ในที่สุดจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหรือสีเทา เมื่อแก่มาก ๆ มีหนามน้อย ส่วนมากมักจะพบตามกิ่งกระโดง

ใบ ใบอ่อนจะมีสีม่วงแกมเหลืองเข้ม เมื่อโตขึ้นสีม่วงจะค่อย ๆ จางหายไปและเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้ม ผิวใบหยาบ เห็นเส้นใบที่แตกจากเส้นกลางใบชัดเจนมาก รูปใบมีลักษณะค่อนข้างยาว ๆ ฐานใบมนขนาดความกว้างของใบประมาณ 5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 8.5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นมะนาวที่มีใบใหญ่ที่สุดในบรรดามะนาวที่ปลูกกันทั่ว ๆ ไป

ดอก ดอกตูมเมื่อยังเล็ก ๆ กลีบออกตามขอบจะมีสีม่วงเรื่อ ๆ ยิ่งที่ปลาย ยิ่งจะมีสีที่เข้มมาก กลีบในด้านนอกมีสีแดงม่วงเข้ม ยิ่งโตมากขึ้นจะลดความเข้มลง มะนาวพันธุ์พม่านี้นี้เป็นมะนาวพันธุ์ที่มีจำนวนเกสรตัวผู้มากที่สุดด้วย

ผล ผลอ่อนที่เพิ่งเกิดใหม่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกยาว หัวและก้นแหลมเมื่อโตขึ้นตรงกลางจะโป่งออกเรื่อย ๆ หัวและก้นจะสั้นเข้า ผลจะค่อย ๆ กลม โตเกือบเท่าส้มเขียวหวาน เมื่อแก่เต็มที่ก้นจะย้อยแหลม เปลือกหนาและแข็ง รสเปรี้ยว แต่ไม่มีกลิ่น ผิวของผลเมื่อเล็ก ๆ จะมี

ร่องตามยาวและขรุขระ เมื่อโตขึ้นร่องจะค่อย ๆ หายไป และจะมองไม่ค่อยเห็นเมื่อผลโตเต็มที่ ผลของเปลือกหยาบและมีปุ่มมาก

7. มะนาวพันธุ์ตาทิติ เป็นมะนาวพันธุ์ที่นำมาจากหมู่เกาะตาทิติ มีผลโตมาก เปลือกหนา เมื่อแก่จัดก็ยังคงมีผลเป็นสีเขียวเข้ม มีน้ำมากดีเพราะในผลของมะนาวพันธุ์นี้ไม่มีเมล็ดเลย การขยายพันธุ์จึงต้องใช้วิธีการตอน ตัดตา หรือกิ่งเท่านั้น

8. มะนาวปีนัง ลักษณะผลกลมยาว ผลโตกว่ามะนาวหนัง ก้นแหลมคล้ายไข่เต่า เปลือกหนา มีกลิ่นรสหอม ปลูกเป็นไม้ประดับได้ดี

2.1.6 ประโยชน์ของมะนาว

1. สรรพคุณทางยา

จากการศึกษาพบว่า น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดเปลือกของผลมะนาวนั้น จะมีสรรพคุณในการใช้เป็นยาขับลม ช่วยย่อยอาหาร และแก้การท้องอืดท้องเฟ้อได้ดี นอกจากนี้แล้วผู้ที่รับประทานอาหารที่ปรุงโดยมีส่วนผสมของมะนาวเป็นประจำแล้วจะช่วยป้องกันและรักษาอาการเลือดออกตามไรฟัน โรคโลหิตจาง เนื่องจากวิตามินซี ที่มีเป็นจำนวนมากในผลมะนาวซึ่งวิตามินซีเป็นกรดที่มีชื่อทางการว่าแอสคอร์บิก (นิกัสกรณฺ์ ทองสกุล, 2542 : 14) นอกจากนี้แล้ววิตามินซียังช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟันช่วยป้องกันและต้านทานโรค ช่วยให้แผลหายเร็ว บางรายใช้รักษาโรคโลหิตจางที่เกิดจากเม็ดโลหิตแดงมีขนาดเล็กผิดปกติได้ นอกจากนี้แล้วมะนาวยังช่วยขับเสมหะ ทำให้ชุ่มคอ และช่วยป้องกันและรักษาอาการของโรคหวัดอีกด้วยน้ำมะนาวมีสรรพคุณช่วยลดอาการปวดตามข้อ และกล้ามเนื้อและยังช่วยกระตุ้นให้ตับทำการขับพิษออกจากร่างกายอีกด้วย นอกจากนี้ ในทางด้านสมุนไพรพบว่าในผลมะนาวมี สารเอซเปอร์รีดินและนาริงจีน ซึ่งสารนาริงจีนเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์หลักที่ให้รสขม มีฤทธิ์แก้ไอเสกทำหน้าทีคล้ายยาปฏิชีวนะได้ (คณะอุตสาหกรรม-เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2543 : 12) ใบ ของมะนาวนั้นสามารถที่จะนำมาใช้ทำเป็นยาขับเสมหะ

ภายในลำคอและยังช่วยบรรเทาอาการท้องอืดท้องเฟ้อได้เป็นอย่างดี ส่วนเปลือกมะนาวสดเมื่อนำมาบีบหรือทุบให้น้ำมันที่เปลือกออกแล้วนำไปชงกับน้ำร้อนดื่มบรรเทาอาการท้องอืดได้

(กระยาทิพย์เรือนใจ, 2537 : 108)

2 ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม

มะนาวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมได้หลายชนิด เช่น นำไปใช้เป็นแหล่งกรดซิตริกน้ำมะนาวนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงแต่งในอุตสาหกรรมน้ำอัดลมและ

เครื่องดื่ม นำไปใช้ผสมในเครื่องสำอาง สบู่ และน้ำมันใส่ผม เป็นต้น (ภวนาถ อัครวิทยากุล, 2537 : 61)

2.1.7 การเก็บเกี่ยวผลมะนาว

การเก็บผลมะนาวควรเก็บในขณะที่ยังห่ามอยู่ ด้านข้างของผลเริ่มมีสีเขียวเล็กน้อย ผิวเปลือกจะเรียบ บางใส มีสีเขียวอ่อนกว่าผลที่ยังไม่แก่ เมื่อบีบดูจะค่อนข้างนิ่มมือ แต่ไม่ควรให้ผลแก่เกินไป เพราะมะนาวที่ได้จะมีเปลือกบางมากทำให้เกิดการชอกช้ำเสียหายในระหว่างการขนส่งได้ อีกประการหนึ่งคือหากเก็บผลที่แก่จัดเกินไปเมื่อนำไปวางขาย จะทำให้วางขายได้ไม่นาน ในกรณีปล่อยให้ผลสุกหรือทิ้งไว้จนร่วงหล่นจะทำให้กลิ่นและรสเสียไป รวมทั้งทำให้ผลเน่าเสียได้เร็วขึ้นด้วย (วิเศษ อัครวิทยากุล, 2537 : 61)

สำหรับการเก็บเกี่ยวผลมะนาว ถ้าเป็นมะนาวเตี้ยหรือไม้สูงนักก็จะเก็บโดยใช้มือปลิดเอา แต่ถ้าต้นมะนาวโตหรือสูงขึ้นการเก็บด้วยมือกระทำไม่ได้ไม่สะดวกจึงนิยมใช้มีดผูกติดกับด้ามไม้ยาวๆ คล้องและกระตุกผลมะนาวลงมา ซึ่งทำให้การเก็บผลมะนาวเป็นไปอย่างรวดเร็วและสะดวกขึ้น (สมศักดิ์ วรรณศิริ, 2531 : 30)

2.1.8 การเก็บรักษา

เนื่องจากในช่วงหน้าแล้ง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ จนถึงเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มะนาวในท้องตลาดมีราคาแพงมาก ทั้งนี้เพราะมะนาวออกมาน้อยนั่นเอง ทำให้ราคาของมะนาวในช่วงหน้าแล้งก็ยิ่งแพงอยู่ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีผู้ศึกษาวิธีการในการเก็บรักษามะนาวเพื่อเอาไว้ใช้นาน ๆ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งตามปกติแล้วมะนาวที่มีผิวเขียวจะเก็บเอาไว้เพียง 2 สัปดาห์ ในสภาพอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นไปแล้วจะเกิดการเน่า ฉะนั้นในการเก็บรักษามะนาวจึงต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง เพื่อต้องการลดอัตราการหายใจของผลมะนาวให้น้อยกว่าปกติจากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเก็บรักษาผลมะนาวคืออุณหภูมิระหว่าง 10-16 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้ทำให้ผิวมะนาวแห้ง ผิวเป็นสีน้ำตาลแต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์เข้าทำลายผลมะนาวและเน่าเสียเร็วขึ้น

ในทางปฏิบัติก่อนที่จะนำผลมะนาวไปเก็บรักษานั้นต้องทำการคัดผลมะนาวเสียก่อน โดยเลือกเอาผลมะนาวที่แก่พอเหมาะ มีสีเขียวจัด ไม่มีสีเขียวปน ไม่มีรอยช้ำหรือเน่าและควรมีขั้วผลติดอยู่ เพราะหากไม่มีขั้วผลติดอยู่อาจทำให้เชื้อราเข้าทำลายบริเวณรอยแผลได้ ต่อจากนั้นนำผลมะนาวมาล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น คลอโรกซ์ ผสมน้ำ 1 ต่อ 15 ส่วน แช่ผล

มะนาวไว้นานประมาณ 5 นาที แล้วนำผลมะนาวมาฝึงลมเพื่อให้สะเด็ดน้ำบนตะแกรงก่อนที่จะนำไปเก็บรักษาต่อไป

การเก็บรักษามะนาวในปัจจุบันนี้มีวิธีการเก็บได้หลายวิธีด้วยกัน ตั้งแต่วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การหมกทรายไปจนถึงวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและสลับซับซ้อน ดังจะมีรายละเอียดของแต่ละวิธีดังนี้

1. การหมกทราย เป็นวิธีการเก็บรักษาที่จัดว่าง่ายที่สุด โดยใช้ทรายที่สะอาด นำมาล้างแล้วนำไปเกลี่ยตากแดดทิ้งไว้ 3 แดดเพื่อฆ่าเชื้อโรค ต่อจากนั้นใช้ทรายซึ่งกะประมาณ 20 ส่วนผสมกับน้ำกลั่นหรือน้ำต้ม 5 ส่วน ซึ่งทำให้ทรายมีความชื้นพอเหมาะ ให้นำทรายมาวางเกลี่ยรองกันภาชนะเช่น ไห หรือลังไม้ ให้นำ 5-10 เซนติเมตร นำผลมะนาวมาวางให้ห่างกันประมาณ $\frac{1}{2}$ เซนติเมตร พร้อมทั้งใช้ทรายกลบสลับกันเป็นชั้นประมาณ 3-4 ชั้น โดยแต่ละชั้นใส่ทรายหนาประมาณ 5 เซนติเมตร ส่วนชั้นบนสุดให้กลบด้วยทรายหนาประมาณ 5-10 เซนติเมตรเสร็จแล้วให้นำภาชนะที่บรรจุมาเก็บไว้ในที่ร่ม พร้อมทั้งดูแลอย่าให้ทรายแห้ง ถ้าทรายแห้งต้องพรมน้ำจนมีความชื้นพอประมาณ วิธีการหมกทรายนี้ สามารถเก็บรักษามะนาวได้ประมาณ 1 เดือน

2. เก็บมะนาวไว้ในขวด โดยนำขวดแก้วที่มีฝาเป็นฝาเกลียวซึ่งแห้งและสะอาดมาเจาะรูทำท่อให้ลมเข้าออกตรงเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร พร้อมทั้งบรรจุมะนาวที่ล้างสะอาดแล้วแห้งแล้วประมาณ 3 ใน 4 ของขวด ให้เหลือที่ว่างไว้ประมาณ 1 ใน 4 ของขวด ต่อจากนั้นให้กรุปากขวดด้วยกระดาษเจาะรูเล็ก ๆ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ถ้าไม่มีตู้เย็นก็นำไปหมกทรายทั้งขวดโดยให้ท่ออากาศไหลขึ้นมาเหนือทราย พร้อมทั้งหมั่นพรมน้ำ ให้ความชุ่มชื้นแก่ทรายรอบ ๆ ขวด ซึ่งสามารถเก็บรักษามะนาวเอาไว้ได้นานประมาณ 3-5 เดือน

3. การเคลือบขี้ผึ้ง เป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้องลงทุนสูงพอสมควร แต่สามารถเก็บรักษามะนาวไว้ได้นานกว่าวิธีอื่น วิธีการโดยนำมะนาวที่มีความสดสีเขียวไม่มีสีเหลืองปน นำมาล้างด้วยน้ำอุ่นผสมคลอโรกซ์ในอัตรา 19 ส่วนต่อคลอโรกซ์ 1 ส่วน เสร็จแล้วนำไปฝึงให้แห้ง ละลายขี้ผึ้ง ผสม 2,4-ดี เล็กน้อยพอขี้ผึ้งอ่อนนำมาเคลือบผิวมะนาวที่แห้งและบรรจุลงไม้ใส่เศษกระดาษกันกระแทกกระเทือน นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส มีความชื้น 89 เปอร์เซ็นต์ วิธีนี้ถ้าบรรยากาศของออกซิเจนต่อคาร์บอนไดออกไซด์พอเหมาะจะเก็บรักษาได้นานถึง 7 เดือน ถ้าไม่มีตู้เย็นอาจนำไปเก็บไว้ในตู้ขวดเจาะรูเล็ก ๆ และกรุปากด้วยกระดาษจะสามารถเก็บมะนาวได้นานประมาณ 4 เดือน

นอกจากนี้อาจจะเก็บรักษามะนาวด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น เอมะนาวที่ล้างฆ่าเชื้อแล้วใส่กระดาษห่อเก็บไว้ในที่เย็น ๆ อุณหภูมิประมาณ 10-12.5 องศาเซลเซียส มีความชื้นประมาณ 80-85 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยเก็บรักษามะนาวไว้ได้ประมาณ 1 เดือน หรือเก็บไว้ในถุงพลาสติกที่เจาะรู

ห่างๆ รอบดู และเก็บไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาไว้ได้นานประมาณ 3 เดือน

2.1.9 ตลาดและการค้ามะนาว

1. ตลาดภายในประเทศ โดยทั่วไปแล้ว ราคาซื้อขายมะนาวภายในประเทศแต่ละเดือนในรอบปีจะขึ้นลงไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปริมาณมะนาวที่ออกมาสู่ตลาด แต่ส่วนมากแล้วตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไป ราคามะนาวจะค่อย ๆ ถูกลงและราคาถูกที่สุดในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน ราคาผลละ 20-30 สตางค์ และตั้งแต่ช่วงปลายฤดูฝนซึ่งเป็นช่วงที่มะนาวออกดอกน้อยที่สุด ประกอบกับมะนาวออกสู่ตลาดน้อยก็เลยทำให้ราคามะนาวแพงขึ้น จนอย่างเข้าฤดูแล้ง และจะมีราคาแพงที่สุดในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ราคาผลละ 2-3 บาท ซึ่งจะเป็นวัฏจักรเช่นนี้ไปทุกปี ปัจจุบันแม้จะใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย สามารถบังคับให้มะนาวออกดอกและเก็บผลในหน้าแล้งได้ แต่ปริมาณผลผลิตที่ได้ยังไม่มากนัก ราคาของมะนาวในช่วงหน้าแล้งก็ยังแพงอยู่ ในส่วนของตลาดการซื้อขายมะนาวในประเทศนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1 ตลาดขายส่ง เป็นตลาดที่มักอยู่ในย่านท่าเลที่เหมาะสม สะดวกในการคมนาคม ขนส่ง การติดต่อซื้อขาย โดยจะมีพ่อค้าขายส่งหรือนายหน้าเป็นผู้ดำเนินการรับซื้อมะนาวจากชาวสวนมาจำหน่าย เช่น ตลาดปากคลองตลาด ตลาดทรงวาด และตลาดสี่มุมเมือง เป็นต้น

1.2. ตลาดขายปลีก มักจะกระจายอยู่ตามตลาดสดทั่ว ๆ ไปในต่างจังหวัดเป็นตลาดที่นำเอาผลผลิตไปสู่ผู้บริโภคชั้นสุดท้าย โดยที่บรรดาพ่อค้าเหล่านี้จะติดต่อรับซื้อมะนาวจากพ่อค้าขายส่งไปจำหน่ายให้กับผู้บริโภคอีกที

2. ตลาดต่างประเทศ การส่งมะนาวไปจำหน่ายต่างประเทศของไทยในปัจจุบัน นับว่ามีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับส้มเขียวหวานหรือผลไม้ชนิดอื่น ๆ สำหรับตลาดที่ส่งมะนาวไปจำหน่าย ได้แก่ ประเทศเพื่อนบ้านเช่น มาเลเซีย สิงคโปร์ นอกจากนี้ยังมีประเทศอื่น แต่ส่งไปเป็นจำนวนน้อย ปริมาณที่ส่งไปนั้นลดลงทุกปี ดังจะเห็นได้จากรายงานของกรมศุลกากร ในปี พ.ศ. 2525 ประเทศไทยส่งมะนาวไปจำหน่ายต่างประเทศทั้งสิ้น 333 ตัน คิดเป็นมูลค่า 2,359,000 บาท ต่อมาเมื่อถึงปี พ.ศ. 2530 ปริมาณการส่งออกลดลงเหลือ 81 ตัน มูลค่า 1,100,000 บาทเท่านั้น

สำหรับในอนาคตข้างหน้าคาดว่าปริมาณการส่งออกของมะนาวเป็นสินค้าออกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะความต้องการการใช้มะนาวยังคงมีอยู่สูงและตลอดเวลาประกอบกับการนำมะนาวไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีมากขึ้น นอกจากนี้รัฐบาลก็ได้หาแนวทางขยายตลาดผักและผลไม้ให้กว้างขวางขึ้น จึงทำให้ตลาดมะนาวในต่างประเทศมีคู่แข่งที่เข้มใสมากขึ้น

2.1.10 สาเหตุของรสขมในพืชตระกูลส้ม

ผลไม้ที่จัดอยู่ในพืชตระกูลส้มได้แก่ส้มพันธุ์ต่าง ๆ พันธุ์เนเวล (navel orange) พันธุ์วาเลนเซีย (valencia orange) พันธุ์แมนดาริน (mandarin) พันธุ์นัตซึไดได (natsudaidai) เกรฟฟรุท (grape fruit) เลมอน (lemon) มะนาว (lime) และ ส้มโอ (pummelo) ผลไม้จากพืชตระกูลส้มเหล่านี้มีสารให้รสขมเป็นองค์ประกอบอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบ 2 ชนิด คือ สารประกอบ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) และสารประกอบลิโมนอยด์ (limonoid)

นาริงจีน เป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์หลักที่ให้รสขม มีอยู่มากที่สุดในส่วนเปลือกชั้นใน (albedo) รองลงมาคือในส่วนกึ่ง (juice sac) ซึ่งมีลักษณะเป็นถุงเล็กๆ อัดแน่นอยู่ภายในผนังกลีบส้ม (segment membrane)

สารประกอบลิโมนอยด์ เป็นอนุพันธ์ของไตรเทอร์ปีน (triterpene- derivative) ที่พบเห็นในพืชตระกูลส้ม มีทั้งหมด 29 ชนิด แต่มีเพียง 4 ชนิดเท่านั้นที่ให้รสขม คือ ลิโมนิน (limonin) โนมิลิน (nomilin) อีแซนจิน (ichangin) และกรดโนมิลินิก (nomilinic acid) แต่เฉพาะลิโมนินและโนมิลินเท่านั้นที่มีบทบาทในการให้รสขม ส่วนอีแซนจินและกรดโนมิลินิกนั้นมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก

ลิโมนิน พบมากในเปลือกชั้นในโดยจะอยู่ในรูปลิโมนเอท เอ-ริง แลคโตน (limonoate A-ring lactone) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของลิโมนินที่ไม่มีรสขม แต่จะเปลี่ยนไปเป็นลิโมนินเมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อนและเอนไซม์ลิโมนเอท ดี-ริง แลคโตน ไฮโดรเลส (limonate D-ring lactone hydrolase) ซึ่งมีอยู่ในเนื้อเยื่อส้ม

โนมิลิน พบครั้งแรกโดยสกัดจากเมล็ดส้มและเมล็ดเลมอน ให้รสขมเป็นสองเท่าของ ลิโมนิน พบมากในส่วนเปลือก (peel) และผนังของกลีบส้ม สารให้รสขมส่วนใหญ่จะอยู่ตามเปลือกชั้นใน ผนังกลีบส้ม และเมล็ด ดังนั้นถ้าปอกเปลือกส้มด้วยมือ สารให้รสขมส่วนใหญ่จะถูกขจัดออกไปกับเปลือก แต่ช้าและสิ้นเปลืองแรงงานการผลิตในอุตสาหกรรมมักใช้วิธีปอกเปลือกโดยใช้สารละลายต่าง ใช้เครื่องบีบ ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะได้น้ำส้มที่มีรสขม โดยปกติถ้าในน้ำ-ส้มมีนาริงจีน 700 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และลิโมนิน 8-12 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จะให้รสขมที่ผู้บริโภครู้สึกได้

2.2 การทำแห้ง

การทำแห้งเป็นวิธีถนอมอาหารที่มนุษย์คุ้นเคยมาแต่โบราณเช่น ตากหญ้า ฟางข้าว เป็นอาหารสำหรับวัวควาย ตากเมล็ดธัญพืชสำหรับฤดูกาลหน้า ตากเนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้และธัญชาติที่เหลือกินไว้เป็นอาหารเช่น เนื้อเค็ม ปลาเค็ม ก๋วยเตี๋ยว ข้าวเปลือก เป็นต้น การใช้พลังงานแสง

อาทิตย์เรียกว่า การตากแห้ง การใช้พลังงานความร้อนจากไฟฟ้า ก๊าซ หรือไอน้ำในเรื่องอบแห้งเรียกว่า การอบแห้ง จึงรวมเรียกทั้งสองอย่างว่า การทำแห้ง

การทำแห้งหมายถึง การถ่ายเทของเหลว(liquid) เช่น น้ำออกจากของแข็ง หรือวัสดุที่ชื้น (wet solids) ไปยังก๊าซที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated gas) นอกจากนี้การทำแห้ง คือการลดความชื้นของอาหารจนถึงระดับที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้คือ มีค่าแอกทีวิตี (water -activity ; A_w) ต่ำกว่า 0.70 ทำให้เก็บอาหารได้นาน

การทำแห้งโดยทั่วไป จะอาศัยความร้อนส่งผ่านเข้าไปในอาหาร เพื่อทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกจากผิวอาหาร อัตราการทำแห้งจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนไปยังน้ำในอาหารและประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของน้ำมาที่ผิวอาหาร (เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ, 2543 : 9)

ประโยชน์ของการทำแห้ง

1. ป้องกันการเน่าเสียจากเชื้อจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
2. ทำให้มีใช้ในยามขาดแคลน นอกฤดูการผลิตหรือในแหล่งห่างไกล
3. เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นให้เปลืองค่าใช้จ่าย
4. ลดน้ำหนักอาหาร ทำให้สะดวกในการบรรจุ เก็บรักษาและขนส่ง
5. ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ เช่น ลูกเกด จากการทำแห้งองุ่น
6. ให้ความสะดวกในการใช้ เช่น กาแฟผงสำเร็จรูป

2.2.1 น้ำในอาหาร

ในกระบวนการผลิตอาหารแห้งนั้น องค์ประกอบหลักที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือ น้ำ ทั้งที่น้ำ เป็นตัวที่ต้องกำจัดออกจากอาหารเพื่อให้อาหารแห้ง ซึ่งตามความหมายของอาหารแห้งนั้น กล่าวได้ว่า อาหารแห้งคือ อาหารใด ๆ ก็ตามที่ปริมาณน้ำหรือความชื้นอยู่น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้อาหารแห้งนั้นเก็บรักษาไว้ได้นานขึ้นและมีน้ำหนักเบาด้วย น้ำในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร อาจอยู่ในรูปของน้ำที่มองเห็นได้และมองไม่เห็น น้ำที่มองเห็นได้ คือ น้ำที่เกาะติดอยู่ภายนอกเนื่องจาก การล้าง ส่วนน้ำที่มองไม่เห็น คือ น้ำที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อซึ่งอาจจะจับตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีกับ สารอาหารและดูดซับอยู่ภายใน เช่นอยู่ในรูปของน้ำตาลซึ่งให้ความหวานกับผลไม้ หรือในรูปของกรดซึ่งให้รสเปรี้ยว หรือในรูปของสารประกอบทางเคมี เช่น โปรตีน ซึ่งน้ำที่มองไม่เห็นนี้มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของอาหารทั้งเคมี และกายภาพทางเคมี คือ คุณค่าทางโภชนาการ ส่วนทางกายภาพจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวกับประสาทสัมผัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับรสชาติ ความนุ่ม ความกรอบ ความกระด้าง เป็นต้น เนื่องจากลักษณะของอาหารที่มีรูปร่างไม่เป็นระเบียบและไม่สม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นน้ำจึงกระจายตัวอย่างไม่แน่นอนในโครงสร้างของอาหาร เมื่อนำอาหารมาอบแห้งจะมีกระบวนการ 2 อย่างเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันคือ การถ่ายเทความร้อน และการเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร

1. การถ่ายเทความร้อน จะเกิดตรงจุดที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ คือ อุณหภูมิของเครื่องมือที่ใช้ในการอบ และอาหารที่ต้องการทำให้แห้ง การถ่ายเทความร้อนมี 3 แบบ คือ

ก. การนำความร้อน (conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งจะเกิดกับอาหารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง หรือ ดังที่ สุกนธ์ ศรีงาม (อ้างโดย จิตธนา แจ่มเมฆ และ คณะ, 2540 : 39) กล่าวว่า การนำความร้อนเป็นการแผ่อาหารเป็นชั้นบาง ๆ บนพื้นผิวที่ให้ความร้อน ทำให้ไอน้ำกระจายตัวออกไปสู่บรรยากาศเหนืออาหาร อาหารที่ร้อนจัดทำให้ไอน้ำกระจายตัวได้ดี อาหารจึงแห้งลงในเวลาสั้น ๆ อาจมีระบบดูดอากาศออกจากผิวอาหาร ซึ่งทำให้สามารถลดความชื้นได้ต่ำลงอีกหรือไม่ต้องใช้อุณหภูมิอาหารที่สูงนัก

ข. การพาความร้อน (convection) หรือเรียกว่าการทำให้ลมร้อนผ่านอาหาร จะเกิดกับอาหารที่เป็นของเหลวโดยกระแสความร้อนถูกพาผ่านช่องว่างที่มีอากาศหรือแก๊สจากของเหลวชนิดหนึ่งไปยังของเหลวอีกชนิดหนึ่ง

ค. การแผ่รังสี เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนเข้ายังอาหาร ซึ่งจะเกิดขึ้นในกรณีอบอาหารในสุญญากาศและการอบแห้งแบบเยือกแข็ง (freeze drying)

ในทางปฏิบัติการถ่ายเทความร้อนในการอบแห้งอาจเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 หรือ 3 แบบก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของอาหารที่นำไปอบแห้ง

2. การเคลื่อนที่ของน้ำในอาหาร

น้ำหรือความชื้นจะเคลื่อนที่มาจากผิวหน้าของอาหารเมื่อได้รับความร้อนในระหว่างการอบ แล้วกลายเป็นไอระเหยออกไปในบรรยากาศของเครื่องอบ ถ้าอุณหภูมิของเครื่องอบสูงน้ำจะระเหยได้เร็ว และถ้าความชื้นในบรรยากาศต่ำ น้ำก็จะระเหยออกจากตัวอาหารได้เร็วขึ้น เช่นเดียวกัน แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิของเครื่องต่ำ น้ำจะระเหยออกจากผิวหน้าของอาหารได้ช้า (บุหลัน พิทักษ์ผล และ ทศนี สรสุชาติ, 2538 : 38)

การเคลื่อนที่ของน้ำเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากภายในชิ้นอาหารออกมาที่ผิวมี 2 วิธี คือ

2.1 การเคลื่อนที่ด้วยแรงผ่านช่องแคบ (Capillary Force)

เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่เซลล์โปร่งมีช่องว่างระหว่างเซลล์ต่อเนื่องกันเป็นทางแคบ ๆ เกิดแรงดันของน้ำขึ้นมาตามท่อการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นได้สะดวกรวดเร็ว แต่จะหยุดเมื่อน้ำในทางแคบ ๆ นั้นขาดตอนลง

2.2 การเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ (Diffusion) ผ่านเซลล์

เป็นการเคลื่อนที่ในอาหารที่มีเนื้อแน่น ไม่มีช่องว่างระหว่างเซลล์ที่ต่อเนื่องเป็นทางแคบ ๆ หรือเกิดในอาหารที่อบแห้งในระนาบที่แรงผ่านช่องแคบหมดไปแล้ว น้ำจะต้องแพร่ผ่านเซลล์จึงเคลื่อนที่ได้ช้าเมื่อน้ำเคลื่อนที่มาที่ผิวอาหารแล้วจึงระเหยกลายเป็นไอเคลื่อนย้ายออกไปกับกระแสลมหรือถูกดูดออกไปด้วยระบบสุญญากาศ

2.2.2 หลักการอบแห้ง (Principle of Drying)

หลักการอบแห้งอาหารจะเกี่ยวเนื่องกับจุดประสงค์ของการอบแห้ง ซึ่งในการอบแห้งอาหาร ทั่ว ๆ ไป จะมีจุดประสงค์หลักอยู่ 2 ประการ คือ

2.2.2.1 เพื่อต้องการลดปริมาณน้ำในอาหาร และป้องกันการเน่าเสียของอาหาร เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ จากนั้นการศึกษาพบว่าปริมาณความชื้นในอาหารที่จะป้องกันการเสื่อมเสียของอาหารเนื่องจากจุลินทรีย์โดยทั่วไป ควรจะดึงน้ำออกจนเหลือต่ำกว่าร้อยละ 10 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารเป็นสำคัญ

2.2.2.2 เพื่อต้องการลดน้ำหนักอาหาร และสะดวกต่อการขนส่ง เนื่องจากการขนส่งผลิตภัณฑ์บางชนิดจะกินเนื้อที่ และดูแลรักษาลำบาก (สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2539 : 105)

2.2.3. อัตราการอบแห้ง (Drying rate)

อัตราการอบแห้ง เป็นการวัดความเร็ว หรือความสามารถในการระเหยของน้ำต่อเวลา หรือต่อพื้นที่ โดยมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\text{อัตราการอบแห้ง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ระเหยไป}}{\text{ระยะเวลาหรือพื้นที่}}$$

2.2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการทำแห้ง

1. ธรรมชาติของอาหาร

อาหารที่มีเนื้อโปร่งมีการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารจะเร็วกว่าการแพร่ในอาหารเนื้อแน่น ดังนั้นจึงแห้งเร็วกว่า เช่น ผักใบ มีสารเยื่อใยสูง เป็นต้น ถ้าน้ำอยู่ในรูปอิสระจะทำให้อัตราการทำแห้งเร็วกว่าอาหารที่น้ำอยู่ในรูปของน้ำยึดเกาะ เช่น น้ำในผักอยู่ในรูปน้ำอิสระ แต่ในผลไม้ น้ำยึดอยู่กับองค์ประกอบน้ำตาล จึงทำให้ผักแห้งเร็วกว่า อาหารที่ผ่านการลวกทำให้เซลล์แตกจึงแห้งเร็วขึ้น

2. ขนาด และรูปร่าง

ขนาด และรูปร่าง มีผลต่อพื้นที่ผิวต่อน้ำหนัก เช่น รูปร่างเหมือนกัน ขนาดเล็ก จะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าขนาดใหญ่จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ถ้าชิ้นเล็กทับถมกันการระเหยจะเกิดเฉพาะที่สัมผัสกับอากาศ จึงแห้งได้เร็วกว่า แต่ถ้าชิ้นเล็กทับถมกันการระเหยจะเกิดเฉพาะพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ จึงแห้งช้าทั้งที่พื้นที่ต่อหน่วยน้ำหนักมาก

3. ตำแหน่งของอาหารในตู้อบ

น้ำในอาหารที่สัมผัสกับลมร้อนมากกว่าหรือสัมผัสกับลมร้อนที่มีความชื้นต่ำย่อมระเหยได้ดีกว่า

4. ปริมาณอาหารต่อถาดอบ

ถ้าปริมาณอาหารต่อถาดมากเกินไป อาหารส่วนล่างไม่ได้สัมผัสกับอากาศร้อน หรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วแต่ไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาจึงแห้งช้า

5. ความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศร้อน

อากาศร้อนที่มีไอน้ำอยู่มาก จะรับไอน้ำเพิ่มได้น้อย การทำแห้งในช่วงท้าย ๆ ของกระบวนการจะพบว่าอัตราการทำแห้งคงที่

6. อุณหภูมิของอากาศร้อน

ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการเพิ่มความสามารถในการรับไอน้ำ

7. ความเร็วของลมร้อน

เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกจากอาหารจะดีขึ้นความเร็วลมทำให้เกิดกระแสปั่นป่วนของอากาศภายในเตาอบจะช่วยให้อากาศสัมผัสอาหารได้ดีขึ้น

8. ความดันของบรรยากาศ

การลดความดันของบรรยากาศขณะทำแห้งจะให้จุดเดือดของน้ำในอาหารนั้นลดลง น้ำระเหยได้ที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นผลดีสำหรับอาหารที่เสื่อมสภาพได้ง่ายเนื่องจากความร้อน

2.2.5 ชนิดของเครื่องอบแห้ง (Dryer)

เครื่องอบแห้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ตามลักษณะการให้ความร้อน คือ

1. Adiabatic Dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้ความร้อนโดยใช้กระแสลมร้อนเคลื่อนที่สัมผัสกับอาหาร โดยอาหารอาจอยู่กับที่หรือเคลื่อนที่ด้วยได้แก่ tray dryer , cabinet dryer , tunnel dryer , spray dryer , flow current dryer และ air-lift dryer เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Solid Surface Transfer Dryer เป็นเตาอบแห้งที่ให้อาหารสัมผัสกับแผ่นโลหะตามธรรมชาติหรือใช้ลมหมุนเวียนหรือใช้ระบบร้อน น้ำที่ระเหยกระจายออกไปที่บรรยากาศสูญญากาศ ได้แก่ drum dryer , vacuum shelf dryer , continuous vacuum dryer เป็นต้น

การเลือกใช้เครื่องอบแห้ง ขึ้นกับลักษณะของอาหาร เช่น ผักผลไม้ที่เป็นชิ้นขนาดใหญ่ใช้เครื่องอบแห้งแบบ tray หรือ cabinet dryer เป็นเตาอบแห้งที่เป็นถาดวางตะแกรงอาหารแล้วให้กระแสลมร้อนพัดผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งของเตา ในการอบเปลือกมะนาวก็ใช้เตาอบประเภทนี้เช่นกัน ถ้ามีอาหารปริมาณมากอาจใช้เป็นระบบต่อเนื่องด้วยเครื่องอบแห้งแบบ tunnel dryer หรือ belt dryer ลักษณะเป็นตู้ยาว มีรถล้อเลื่อนหรือสายพานพาอาหารเคลื่อนที่จากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งตามความยาวของตู้ ปรับความเร็วของการเคลื่อนที่ให้อาหารที่เคลื่อนที่ออกจากเตาแห้งพอดี เตาอบแบบ kiln dryer เป็นห้องอบที่มีการให้ความร้อนจากด้านล่างและมีการระบายอากาศออกที่ช่องลมตอนบน อุณหภูมิในห้องไม่สูงนัก เหมาะกับผลิตผลการเกษตรที่ต้องการลดความชื้นอย่างช้า ๆ เช่น มะพร้าว ข้าวโพด เตาอบแห้งแบบ spray dryer ใช้กับอาหารที่เป็นของเหลวที่มีความเข้มข้นสูง มีเนื้อละเอียด เครื่องประกอบด้วยหัวฉีดอาหารให้เป็นละอองสัมผัสกับลมร้อนจนแห้งเป็นผง เช่น นมผง กาแฟผง ส่วนเตาอบแบบ flow current dryer และ air-lift dryer เป็นเตาที่ใช้ลมเป่าขึ้นอาหารให้ลอยตัวทำให้แห้งได้อย่างรวดเร็ว ขึ้นอาหารจึงต้องมีน้ำหนักเบาและมีขนาดสม่ำเสมอและมีข้อดีที่ขึ้นอาหารจะไม่เกาะติดกันด้วย

เตาอบแบบ drum dryer เป็นเตาอบที่ประกอบด้วยลูกกลิ้งหนึ่งหรือสองลูกให้ความร้อนจากด้านใน มีระบบทำให้อาหารเคลือบผิวลูกกลิ้ง เมื่อลูกกลิ้งหมุนเคลื่อนไปครบรอบอาหารจะแห้งพอดี แล้วถูกขูดออกด้วยใบมีด อาหารที่ได้มีลักษณะเป็นแผ่นที่แตกละเอียดได้ง่าย อาหารที่เหมาะสมกับเตาอบแบบนี้ต้องเป็นของเหลวข้นพอที่จะเคลือบติดผิวลูกกลิ้งได้ ได้แก่ อาหารเด็กอ่อน ซุปสำเร็จรูป เป็นต้น เตาอบแบบ vacuum shelf dryer เป็นตู้ปิดสนิท ชั้นวางอาหารเป็นแผ่นให้ความร้อน มีระบบสูญญากาศดูดอากาศออกจากตู้ เมื่อใช้ระบบนี้ทำให้ใช้อุณหภูมิในการทำแห้งต่ำลงได้ เตาอบแบบ continuous vacuum dryer เป็นตู้ปิดสนิท ภายในมีสายพานหมุนพาอาหารเคลื่อนที่ไป อาหารที่แห้งแล้วจะถูกปล่อยออกจากเครื่องอบแห้งผ่านระบบกันอากาศ (air lock)

2.2.6 กรรมวิธีการผลิตอาหารแห้ง

อาหารผักและผลไม้มีวิธีการเตรียมเหมือนการบรรจุกระป๋องคือ การปอกเปลือก ตัดเป็นขนาดตามความนิยมหรือความสะดวกในการใช้ ผักสีเขียวนิยมแช่สารละลายคาร์บอนेटเพื่อรักษาสีเขียว ผักและผลไม้ที่ค้างายเนื่องจากเอนไซม์นิยมแช่สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์หรือกรดซิดริก 0.5 เปอร์เซ็นต์ หรือโซเดียมไบซัลไฟต์ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างรอการแปรรูปผักประเภทเบียงนิยมลวกทำลายเอนไซม์ที่ทำให้อาหารมีสีคล้ำแต่ผักที่ให้กลิ่น เช่น มะกรูด กระเพรา ไม่นิยมลวกเพราะกลิ่นรสเสียไปมาก ถ้ามีการลวกต้องมีการทำให้เย็นหลังการลวก มิฉะนั้นอาหารจะเละหรือเสียรสชาติ ในการอบแห้งผักใช้อุณหภูมิในช่วงแรก 88-90 องศาเซลเซียสแล้วลดเหลือ 60 องศาเซลเซียส ถ้าไม่ใช้สารประกอบซัลเฟอร์ หรือลดเหลือ 71-74 องศาเซลเซียส ถ้าใช้สารประกอบซัลเฟอร์ ส่วนผลไม้นิยมใช้อุณหภูมิต่ำเพราะมีน้ำตาล ใช้อุณหภูมิ 60-63 องศาเซลเซียส ความชื้นสุดท้ายของผักประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์และผลไม้ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์

2.2.7 การเก็บอาหารแห้ง

อาหารแห้งที่เก็บมีค่าแอกติวิตีต่ำกว่า 0.70 จะปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์แต่ทั้งนี้จะต้องรักษาวอเตอร์แอกติวิตีไม่ให้เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บ อย่างไรก็ตามยังมีการเสื่อมเสียอื่นๆอีกทำให้ต้องเก็บอาหารแห้งที่มีค่าแอกติวิตีต่ำกว่านี้มาก และหลีกเลี่ยงสภาวะที่ส่งเสริมการเสื่อมเสียของอาหารแห้ง

2.2.8 การเสื่อมเสียของอาหารแห้งเกิดจากสาเหตุต่อไปนี้

1. การออกซิไดส์เอง (Autooxidation) เนื่องจากอากาศ มักเกิดกับไขมันทำให้เหม็นหืน เกิดกับ วิตามินเอ ซี ทำให้เสื่อมคุณค่าทางอาหาร เกิดคอโรฟิลล์แอนโทไซยานิน ทำให้สีซีดเกิดกับน้ำมันระเหยและสารให้กลิ่นทำให้กลิ่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงปัจจัยเสริมปฏิกิริยา คือ แสงและอุณหภูมิสูง
2. เนื่องจากเอนไซม์ที่มีอยู่ในอาหารแต่แรกหรือมาจากแหล่งอื่นภายหลังจึงต้องมีการทำลายเอนไซม์
3. การเปลี่ยนสีเนื่องจากอุณหภูมิหลีกเลี่ยงโดยไม่เก็บในที่ร้อนหรือเก็บในที่อากาศถ่ายเท
4. การเกาะจับตัวเป็นก้อนเนื่องจากดูดความชื้นจากอากาศหลีกเลี่ยงโดยการเก็บในภาชนะปิดสนิทเมื่อเก็บอาหารที่มีความชื้นต่ำกว่าความชื้นสมดุลกับบรรยากาศเฉลี่ยอาหารจะดูดความชื้นจากอากาศ จึงต้องเก็บในภาชนะปิดสนิทแต่อาหารที่มีความชื้นสูงกว่าความชื้นสมดุล เช่น หอม กระเทียมแห้งจะต้องเก็บในภาชนะโปร่งระบายอากาศได้เพราะจะมีการระเหยน้ำจากหอม และกระเทียมถ้าอยู่ในภาชนะปิดสนิทน้ำที่ระเหยออกมาจะควบแน่นเป็นหยดน้ำเปียกที่ผิวทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 อุตสาหกรรมชา

อุตสาหกรรมชาของไทย เริ่มจากชาวบ้านในแถบภาคเหนือของไทยได้ทำการผลิตเป็นอุตสาหกรรมมานานแล้ว อุตสาหกรรมประเภทนี้ คือ “เมี่ยง” ที่ชาวเหนือรู้จักกันดี เนื่องจากภาคเหนือเป็นแหล่งชา ที่เก่าแก่ของโลก มีชาป่าขึ้นกระจัดกระจายทั่วไปในพื้นที่ จังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง ตาก แม่ฮ่องสอน พะเยา ฯลฯ ชาวบ้านอาศัยเก็บชาจากป่าเหล่านี้ ดังนั้น “เมี่ยง” จึงนับว่าเป็นอุตสาหกรรมชาชนิดแรกของไทย ต่อมาได้มีคนจีนเข้ามาตั้งถิ่นฐานในแถบภาคเหนือ ชาใบหรือชาคอก จึงได้เกิดขึ้น จากความรู้ที่ตกทอด จากบรรพบุรุษ ของชาวจีนเหล่านั้น อุตสาหกรรมชาค่อย ๆ พัฒนาอย่างช้า ๆ การผลิตชาใบ (หรือชาจีน) ก็เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และอุตสาหกรรมชาประเภทเมี่ยงก็เสื่อมความนิยมลงเรื่อย ๆ ตามยุคสมัย ต่อมาได้มีการเริ่มตั้งโรงงานชาเล็ก ๆ โดยให้ชาวบ้านที่ทำชาเมี่ยงอยู่แล้วเก็บใบชาจากสวนป่าในเขต อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นชาป่าพันธุ์พื้นเมือง ขึ้นอยู่เองตามธรรมชาติ นำมาเข้ากรรมวิธีการผลิตพร้อมกับให้ความรู้และแนะนำชาวบ้านในการปรับปรุงต้นเมี่ยงให้เป็นต้นชาด้วย ซึ่งชาที่ได้ยังมีคุณภาพไม่ดีพอ และชาวบ้านขาดความรู้และความชำนาญในการเก็บชา

ต่อมาได้มีการส่งเสริมการผลิตชามากขึ้น โดยทำเรื่องขอสัมปทานทำไร่ชา ได้ทำการปรับปรุงสวนชาและผลิตภัณฑจากใบชามาจนกระทั่งถึงปัจจุบันในนามของใบชาระมิงค์ และได้มีผู้สนใจการทำชามากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบัน (สถาบันวิจัยพืชสวน. 2528 : 18)

2.3.1 การจำแนกประเภทชา

ผลิตภัณฑชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากการนำใบชาสด มาผ่านกรรมวิธีแปรรูปต่างๆแบ่งออกได้ดังนี้

1. ชาใบหรือชาจีน (Leave Tea or Chinese Tea)

เป็นผลิตภัณฑชาดั้งเดิมที่กำเนิดในประเทศจีน ชาวจีนนิยมดื่มชาประเภทนี้กันมาก จึงเรียกว่าชาจีน ด้วยลักษณะที่ยังคงเป็นใบอยู่ จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ชาใบ (Leave Tea)

2. ชาฝรั่งหรือชาผง (Black Tea or Tea Dust)

เป็นเครื่องดื่มหากลิ่นที่นิยมดื่มกันทั่วไป โดยเฉพาะแถบทางยุโรป คนไทยจึงเรียกว่า ชาฝรั่ง ภาษาอังกฤษใช้คำว่า Black Tea แปลว่า ชาดำ เนื่องจากผงชาแห้ง ก่อนที่จะนำชามาชงนั้นจะมีสีน้ำตาลเกือบดำเหมือนชาฝรั่งมีลักษณะเป็นผงเรียกว่า ชาผง (Tea Dust) ส่วนคนจีนเรียกชาฝรั่งว่า ชาแดง หรือ หังซ่า เพราะสีของน้ำชาเป็นสีทองแดง ชาฝรั่งถือว่าเป็นชาประเภทหมักเต็มที่ (Fermented Tea)

3. ชาแผ่นหรือชาแท่ง (Brick or Tablet Tea)

เป็นชาที่ถูกลัดกันเป็นแท่งหรือเป็นก้อน เพื่อให้ง่ายต่อการพกพาเมื่อจะดื่ม เพียงแต่บีบใส่ภาชนะและใส่น้ำลงไป มีการบริโภคชาแบบนี้แถบประเทศรัสเซีย และทิเบต

4. เมี่ยง (Pickled Tea)

เมี่ยงแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือเมี่ยงฝาดและเมี่ยงเปรี้ยว เมี่ยงฝาดเป็นเมี่ยงที่ไม่ผ่านการหมักทำจากใบชาอ่อนนำมาอัดเป็นกำ ๆ แล้วทำการนึ่ง ส่วนเมี่ยงเปรี้ยว ทำจากใบชาแก่ นำมาอัดเป็น กำ ๆ หมักในหลุมซีเมนต์ขนาดใหญ่ นานประมาณ 12 เดือน ใบชาจะมีสภาพเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมีลักษณะขุย

5. ชาสำเร็จรูป (Instant Tea)

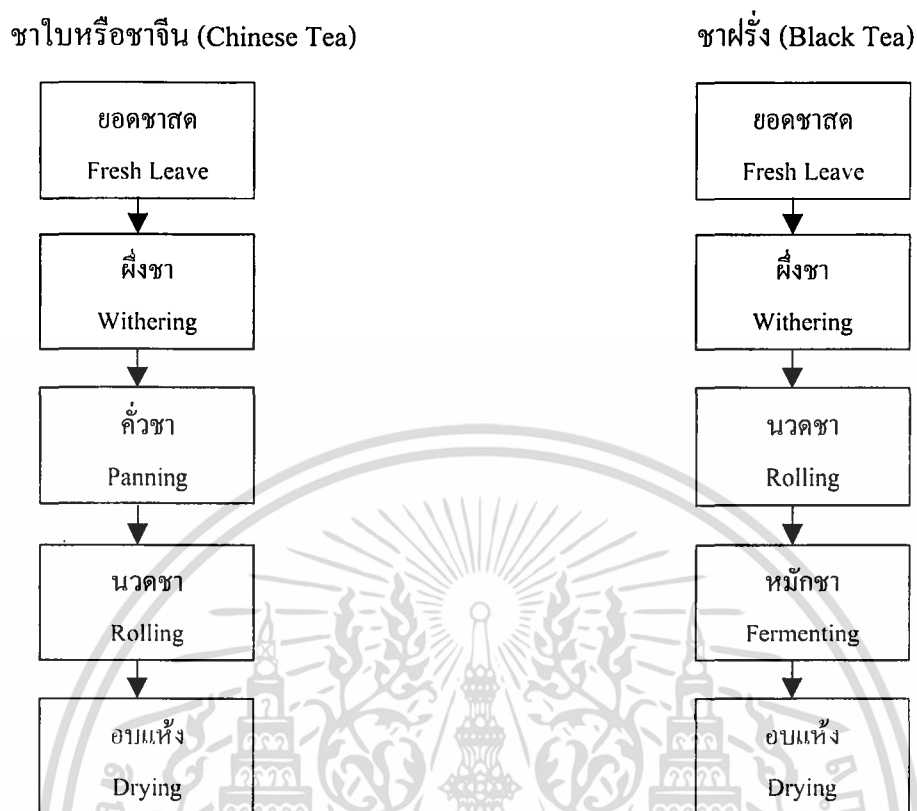
เป็นชาที่แยกสกัดสารละลายชาและทำให้แห้ง เมื่อจะดื่ม นำมาชงได้ทันที ไม่ต้องใช้เครื่องกรอง

6. น้ำชาอัดลม (Carbonated Tea)

เป็นชาที่นำน้ำชามาเติมก๊าซเช่นเดียวกับน้ำอัดลมทั่วไป

2.3.2 หลักทั่วไป และขั้นตอนในการผลิตชาจีนและชาฝรั่ง

ชาเป็นที่รู้จักกันดีและเป็นที่นิยมมีอยู่ 2 ชนิดคือ ชาจีน หรือชาใบ และชาฝรั่ง โดยมีขั้นตอนการผลิตออกเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการผลิตชาจีนและชาฝรั่ง

ที่มา : ไพโรจน์ พงศ์สุภสมิทธิ์, 2528 : 21

2.2.3 ชาสมุนไพร

ปัจจุบันผู้บริโภคได้หันมาให้ความสำคัญ และสนใจในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น จึงทำให้อาหารและเครื่องดื่มที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพพลอยได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเป็นเงาตามตัว เช่นเดียวกับเครื่องดื่มประเภทชาสมุนไพร ซึ่งมีการผลิตออกมาจำหน่ายหลากหลายชนิดหลากหลายยี่ห้อ ซึ่งมีการใช้สมุนไพรบดหยาบบรรจุในซองกระดาษกรอง (กระดาษเยื่อหรือกระดาษสา) ในรูปชาสำเร็จรูป ชงน้ำร้อนดื่มสะดวกกว่ายาชงแบบเดิม เพราะไม่มีกาก แต่การเตรียมไว้รับประทานเองอาจไม่สะดวกเนื่องจากต้องซื้อซองกระดาษกรองครั้งละมาก ๆ และต้องใช้เครื่องมือฝีกปากซองอีกด้วย (อร่าม อรรถเจดีย์, 2542 : 151)

ชาสมุนไพรที่ผลิตขายส่วนใหญ่จะเป็นสมุนไพรเดี่ยว ๆ มีน้อยชนิดที่ผลิตในลักษณะเป็นสมุนไพรหลายชนิดรวมกัน ใช้สำหรับผู้บริโภคที่ป่วยเป็นโรคเฉพาะอย่าง เช่น เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ส่วนของพืชสมุนไพรที่นำมาใช้ก็มีทั้ง ส่วนลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ดอก ผล เมล็ด ขึ้นอยู่กับสรรพคุณและสมุนไพรที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการผลิตชาสมุนไพรจำหน่าย นอกจากชาสมุนไพรผงแล้ว ยังมีชาสมุนไพรในรูปวัตถุดิบแห้งบรรจุถุงพลาสติก เมื่อจะดื่มก็นำไปต้มหรือชง แล้วกรองเอากากออก ชาสมุนไพรผลในรูปละลายน้ำดื่มในทันที เป็นชาติสกัดสารจากสมุนไพรแล้วนำมาทำให้เข้มข้นและเติมน้ำตาลปรุงแต่งกลิ่นรส จากนั้นทำให้แห้ง โดยการพ่นฝอยแล้วบรรจุถุงเล็ก ๆ ขนาดชงได้หนึ่งถ้วย ซึ่งเป็นชาติผู้บริโภคนิยมซื้อเพราะชงได้สะดวกกว่าชาสมุนไพรในรูปแบบอื่น (ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ, 2542 : 4)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ก. วัสดุดิบ

เปลือกมะนาวเป็น

ข. อุปกรณ์

1. ตู้อบลมร้อน
2. เครื่องชั่ง
3. มีด
4. กระดาษ
5. ถุงพลาสติก
6. ทัพพี
7. จาน
8. เขียง
9. ถาด
10. กระทะ
11. ตะหลิว
12. เตาแก๊ส
13. กาต้มน้ำไฟฟ้า
14. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
15. เทอร์โมมิเตอร์
16. แก้ว
17. บีกเกอร์ขนาด 250 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำรูปเล่มปัญหาพิเศษ

1. กระดาษ A4 2 รีม
2. อุปกรณ์เครื่องเขียน 1 ชุด
3. แผ่นดิสก์ 6 แผ่น
4. คอมพิวเตอร์

3.2 วิธีการ

1. การเตรียมเปลือกมะนาวเพื่อใช้ในการทำชา

- ก. เลือกใช้มะนาวเป็นเพราะในอุตสาหกรรมนิยมใช้มะนาวพันธุ์นี้มากจึงมีเปลือกเหลือมาก เลือกเปลือกมะนาวที่มีสีเขียว ผิวเรียบ ไม่มีตำหนิ
- ข. ล้างทำความสะอาดมะนาวด้วยน้ำสะอาด
- ค. ผ่าครึ่งมะนาว บีบน้ำออก นำน้ำที่ได้ไปทำน้ำผลไม้พร้อมดื่มในอุตสาหกรรม
- ง. ตึงส่วนที่เป็นกลีบมะนาวออกเพื่อที่จะเอาส่วนที่เป็นเปลือกมะนาวเท่านั้น
- จ. ตึงส่วนที่เป็นเปลือกชั้นใน (สีเขียว) ของเปลือกมะนาวออก เพราะส่วนนี้เป็นส่วนที่ประกอบไปด้วยลิโมนิน โดยจะอยู่ในรูปลิโมนเอท เอ-ริง แลคโตส (limonate A-ring lactone) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น (precursor) ของลิโมนินที่ไม่มีรสขมแต่จะเปลี่ยนเป็นลิโมนินเมื่อถูกกระตุ้นด้วยความร้อนทำให้เกิดรสขมของเปลือกมะนาว
- ฉ. ล้างทำความสะอาดเปลือกมะนาวด้วยน้ำสะอาดเพื่อล้างความสกปรกและบางส่วนที่ยังคงเหลืออยู่ที่เปลือกมะนาวให้หมดไปและทิ้งไว้ให้สะเด็ดน้ำ
- ช. นำเปลือกมะนาวที่เตรียมไว้มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 1x1 เซนติเมตร

2. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตชาเปลือกมะนาว

2.1 การทำชาเปลือกมะนาวโดยวิธีการอบแห้ง

นำเปลือกมะนาวที่เตรียมได้ในข้อ 1 ใส่ถาดแล้วเกลี่ยให้ทั่วถาด นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง ขณะที่อบต้องคนเปลือกมะนาวด้วยเพื่อให้เปลือกมะนาวได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง (รำพรรณ รักศรีอักษร, 2542 : 51-52) อบเสร็จแล้วนำมาลดความร้อน โดยตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อป้องกันการเกิดไอในภาชนะหลังจากนั้นเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

2.2 การทำชาเปลือกมะนาวโดยวิธีการอบแห้งแล้วคั่ว

นำเปลือกมะนาวที่เตรียมได้ในข้อ 1 ใส่ถาดแล้วเกลี่ยให้ทั่วถาด นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง ขณะที่อบต้องคนเปลือกมะนาวด้วยเพื่อให้เปลือกมะนาวได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง (รำพรรณ รักศรีอักษร, 2542 : 51-52) หลังจากนั้นนำเปลือกมะนาวที่อบแห้งแล้วมาคั่วในกระทะโดยใช้ไฟอ่อน ๆ ประมาณ 15 นาที เพื่อเป็นการเพิ่มกลิ่นให้ชาเปลือกมะนาวหอมเหมือนใบไม้คั่วเช่นเดียวกับใบชาแต่เป็นกลิ่นเฉพาะของเปลือกมะนาว หลังจากนั้นเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

2.3 การทำชาเปลือกมะนาวโดยวิธีการคั่วแล้วอบแห้ง

นำเปลือกมะนาวที่เตรียมได้ในข้อ 1 ไปคั่วในกระทะโดยใช้ไฟอ่อน ๆ ประมาณ 15 นาที เพื่อเป็นการเพิ่มกลิ่นให้ชาเปลือกมะนาวหอมเหมือนใบไม้คั่วเช่นเดียวกับใบชาแต่เป็นกลิ่นเฉพาะของเปลือกมะนาว แล้วนำเปลือกมะนาวใส่ถาดเกลี่ยให้ทั่วถาด นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลานานประมาณ 2 ชั่วโมง ขณะที่อบต้องคนเปลือกมะนาวด้วยเพื่อให้เปลือกมะนาวได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึง (รำพรรณ รักศรีอักษร, 2542 : 51-52) อบเสร็จแล้วนำมาลดความร้อนโดยตั้งทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเพื่อป้องกันการเกิดไอในภาชนะหลังจากนั้นเก็บในภาชนะที่ปิดสนิท

3. การศึกษาเปรียบเทียบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว

ก. นำชาเปลือกมะนาวที่ได้จากการผลิตในข้อ 1, 2 และ 3 มาทดสอบโดยวิธีทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมที่มีต่อชาเปลือกมะนาวโดยการนำชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่าง ที่ผ่านการชงชาปริมาณ 2 กรัม ในน้ำร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส น้ำ 250 มิลลิลิตร นานประมาณ 5 นาที นำตัวอย่างที่เตรียมได้ทั้ง 3 ตัวอย่าง ไปให้ผู้ทดสอบทำการชิมและประเมินผลทางประสาทสัมผัสโดยทดสอบด้วยวิธี Hedonic Rating Scales โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คนและใช้แบบประเมินผลแบบ 9 - point Hedonic Scale (ภาคผนวก ก)

ข. วิเคราะห์ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design)

จำนวน 3 ตัวอย่าง ทำการทดลอง 2 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อชาเปลือกมะนาวที่ผลิตได้ ทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of Variance ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.3 สถานที่ทำการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยี-
พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2544 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

การทดลองนำเปลือกมะนาวที่เหลือใช้มาผลิตเป็นชาเปลือกมะนาว เพื่อให้ได้เครื่องดื่มสมุนไพรที่มีรสชาติใหม่ และเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภค จึงได้ศึกษาวิธีการผลิตชาเปลือกมะนาว โดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน 3 วิธี ได้แก่ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว โดยการวางแผนการทดลอง RCBD (Randomized Completed Block Design) จากนั้นทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อชาเปลือกมะนาวในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คน ได้ผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อชาเปลือกมะนาว

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อชาเปลือกมะนาวที่ใช้กรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี คือ วิธีการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 ชั่วโมง วิธีการคั่วเป็นเวลา 15 นาทีแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 ชั่วโมง และวิธีการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นานประมาณ 2 ชั่วโมงแล้วคั่ว ในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมที่มีต่อชาเปลือกมะนาวโดยการนำชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 2 กรัม ที่ผ่านการชงชาในน้ำร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส น้ำ 250 มิลลิลิตร นานประมาณ 5 นาที นำตัวอย่างที่เตรียมได้ทั้ง 3 ตัวอย่าง ไปให้ผู้ทดสอบทำการชิมและประเมินผลทางประสาทสัมผัส โดยทดสอบด้วยวิธี Hedonic Rating Scales โดยใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 20 คนและใช้แบบประเมินผลแบบ 9 - point Hedonic Scale (ภาคผนวก ก) ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. คะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ

ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยของผลการทดสอบลักษณะคุณภาพทางประสาทสัมผัส			
	สี	กลิ่น	รสชาติ	การยอมรับโดยรวม
A ^{1/}	6.35 ^{c2/}	7.00 ^b	6.65 ^b	6.55 ^c
B	7.13 ^b	7.65 ^a	7.90 ^a	8.03 ^a
C	8.50 ^a	6.80 ^c	6.95 ^b	7.30 ^b

1/ = ตัวอย่าง

A= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง

B= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง

C= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว

2/ = คะแนนเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$)

4.1.1 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านสี

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกัน พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่วมากที่สุด มีคะแนนการยอมรับชอบมากที่สุด เท่ากับ 8.50 ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอย่างอื่นทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) และรองลงมาคือ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง มีคะแนนการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 7.13 และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง มีคะแนนการยอมรับชอบเล็กน้อย เท่ากับ 6.35 ตามลำดับ ซึ่งสีของน้ำที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีสีน้ำตาลอ่อนเพราะการอบแห้งแล้วคั่วเป็นการเพิ่มสีของชาเปลือกมะนาวเนื่องจากการคั่วทำให้เกิดปฏิกิริยามิลลาร์ด คือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลโดยไม่อาศัยเอนไซม์ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดอะมิโนกับน้ำตาล โดยเฉพาะพวกรีดิวซ์ (reducing sugar) ทำให้เปลือกมะนาวเกิดสีน้ำตาลได้

4.1.2 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกันพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งมากที่สุด มีคะแนนการยอมรับชอบมาก เท่ากับ 7.65 ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอย่างอื่นทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) และรองลงมาคือ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง มีคะแนนเฉลี่ยการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 7.00 และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่วมีคะแนนการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 6.80 ตามลำดับ กลิ่นที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของเปลือกมะนาวคั่วเพราะการคั่วเป็นเป็นการกระตุ้นน้ำมันหอมระเหยในเปลือกมะนาวให้ระเหยออกมาจึงทำให้มีกลิ่นหอมของเปลือกมะนาว

4.1.3 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกันพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งมีคะแนนการยอมรับมากที่สุด โดยมีคะแนนการยอมรับชอบมาก เท่ากับ 7.90 ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอย่างอื่นทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) และรองลงมาคือ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่วมีคะแนนการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 6.95 และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 6.65 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 ตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) เพราะอาจเกิดจากผู้ทดสอบมีความชอบแตกต่างกันหรือผู้ทดสอบขาดความรู้ ความชำนาญในการแยกแยะทางประสาทสัมผัสของชาเปลือกมะนาวด้านรสชาติทั้ง 3 สูตรและรสชาติที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุดจะมีรสฝื่อนเล็กน้อย ไม่มีรสขม

4.1.4 ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวม

จากผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว ทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกันพบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งมากที่สุด มีคะแนนการยอมรับชอบมาก เท่ากับ 8.03 ซึ่งมีความแตกต่างกับตัวอย่างอื่นทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) และรองลงมาคือ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่วมีคะแนนการยอมรับชอบมาก เท่ากับ 7.30 และชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งมีคะแนนการยอมรับชอบปานกลาง เท่ากับ 6.55 ตามลำดับ ชาเปลือกมะนาว

ที่ผ่านการคัดเลือกแล้วอบแห้งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภครับประทานได้ทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่น และรสชาติและการยอมรับโดยรวมมากที่สุด ส่วนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี คะแนนการยอมรับได้เป็นอันดับ 2 รองจากชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว ดังนั้นชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคัดเลือกแล้วอบแห้งจึงเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดสอบการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อชาเปลือกมะนาวที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน 3 วิธี พบว่าชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งได้รับคะแนนเฉลี่ยการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างจากวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากชาเปลือกมะนาวที่ได้มีสี กลิ่น และรสชาติที่ผู้บริโภคให้การยอมรับมากที่สุด โดยมีสีของน้ำชาเปลือกมะนาวเป็นสีน้ำตาลอ่อนมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของเปลือกมะนาวคั่ว และรสฝื่อนเล็กน้อย ไม่มีรสขม และจากการทดลองในครั้งนี้ได้ผลิตภัณฑ์ชาเปลือกมะนาว ที่เป็นชาสมุนไพร มีสรรพคุณ รักษาอาการท้องอืด ท้องเฟ้อและแน่นจุกเสียดได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากชาเปลือกมะนาวที่ได้จะมีรสชาติฝื่อนเล็กน้อย ในการบริโภคอาจมีการเติมหรือน้ำผึ้งผสมลงไปเพื่อให้ได้รสชาติที่ดีขึ้น
2. ชาเปลือกมะนาวเมื่อนำไปชงอาจมีตะกอนเล็ก ๆ ปรากรูอยู่ อาจมีนำไปบรรจุในซองชาพร้อมซอง ที่ทำจากกระดาษโปร่งให้น้ำผ่านเข้าออกได้ เพื่อเป็นการป้องกันตะกอนและให้ลักษณะของชาที่น่าดื่มยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

กระยาทิพย์ เรือนใจ. 2537. ผลไม้คุณค่านานาเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพฯ : ต้นธรรม. 215 น.

คั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,สถาบัน. 2543.

เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ. กรมส่งเสริมการเกษตร (พิมพ์)

โครงการเผยแพร่ความรู้และผลงานทางวิชาการผ่านสื่อหนังสือพิมพ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “สรรพคุณของมะนาวในการใช้เป็นยาสมุนไพร” เดลินิวส์.
(20 มีนาคม 2543) น.12

จรรยา สุบรรณ. 2525. ตำราการถนอมอาหาร. แผนกวิชาคหกรรมศาสตร์ทั่วไป วิทยาลัยเทคโนโลยี
และอาชีวศึกษา. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ. 309น.

ชัยวัฒน์ เหลืองภักดิ์และประดิษฐ์ชาติ เหนียวแจ่ม. 2543. ชาใบชี่เหล็ก. กรุงเทพฯ : ปัญหา
พิเศษ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 62 น.

ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ. “ชาสมุนไพร” เดลินิวส์.
(9 พฤศจิกายน 2542) น.4

นภัสกรณ์ ทองสกุล. 2542. “เปรี้ยว หวาน เค็ม เผ็ด รสชาติของความเป็นไทย” หน้า 14 วัชรินทร์
คงวิลาด, กรุงเทพฯ : บริษัท รุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977). น.56

นิจศิริ เรื่องรังสีและพยอม ต้นติวัฒน์. 2534. พืชสมุนไพร. กรุงเทพฯ : โอ เอส พรินต์ติ้ง เฮาส์.
242 น.

พะเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2537. สมุนไพรก้าวใหม่แก้ไขปรับปรุงใหม่จากตำรายาศาสตร์สมุนไพร.
พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : ที.พี.พรินท์ จำกัด. 202 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไพโรจน์ พงศ์ศุภมิตร. 2538. “แนวทางการพัฒนาชาในอนาคต” กรมวิชาการเกษตร กระทรวง-
เกษตรและสหกรณ์. (พิมพ์)

ภูวนาท นนทรี. มปป. คู่มือการปลูกมะนาวนอกฤดู. กรุงเทพฯ : โครงการหนังสือเกษตรชุมชน.
72 น.

รุ่งระวี เต็มศิริฤกษ์กุล. 2536. สมุนไพรรักษาโรคเรื้อรังบางชนิด. กรุงเทพฯ : คณะเภสัชศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล. 145 น.

จำพรรณ รักศรีอักษร. 2542. มาแปรรูปอาหารกันดีกว่า. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : นานามีบุ๊กส์.
72 น.

วิทย์ เทียงบูรณธรรม. 2536. พจนานุกรมสมุนไพรไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ประชุมทองการ-
พิมพ์. 880 น.

วิเศษ อัครวิทยากุล. 2537. มะนาว. กรุงเทพฯ : โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. 72 น.

ศุภนารถ เกตุเจริญ. 2538. ชา. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 65 น.

ศุภกิจ แก้วถนอม. 2540. การปลูกมะนาว. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์. 72 น.

สมบัติ ขอทวีวัฒนา. 2529. กรรมวิธีการอบแห้ง. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์
คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 287 น.

สมศักดิ์ วรรณศิริ. 2539. สวนมะนาว. นนทบุรี : ศูนย์ผลิตตำราเกษตรเพื่อชนบท. 63 น.

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม. 2540. “บทที่ 8” กระบวนการทำแห้ง. น. 165 – 172. อรอนงค์ นัยวิกุล.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 504 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุภาวดี พุกกุล. 2544. “เอกสารประกอบการเรียนวิชาเคมีอาหาร2” คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี-
การอาหาร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี. (อค์สำเนา) 235 น.

อรพิน ชัยประสพ. “ การกำจัดรสมในน้ำผลไม้จากพืชตระกูลส้ม”. วารสารอาหาร. ปีที่ 21 เล่ม3
(เมษายน – มิถุนายน). น. 87 – 88

อร่าม อรรถเจตีย์. 2542. “เอกสารคำสอนวิชาพืชสมุนไพร” สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยา-
เขตจันทบุรี. (อค์สำเนา) 269 น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การทดสอบคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัส (Hedonic scale test)

ชื่อผู้ทดสอบ วันที่ทดสอบ

ตัวอย่างอาหาร ชาเปลือกมะนาว

คำชี้แจง กรุณาทดสอบคุณภาพด้าน สี กลิ่น รสชาติและการยอมรับโดยรวมของชาเปลือกมะนาวแต่ละตัวอย่างต่อไปนี้ จากซ้ายไปขวา โดยการให้คะแนนตัวอย่างอาหารแต่ละตัวอย่างในช่องที่กำหนดให้ตามระดับความชอบไม่ชอบ ดังนี้

ระดับความชอบ

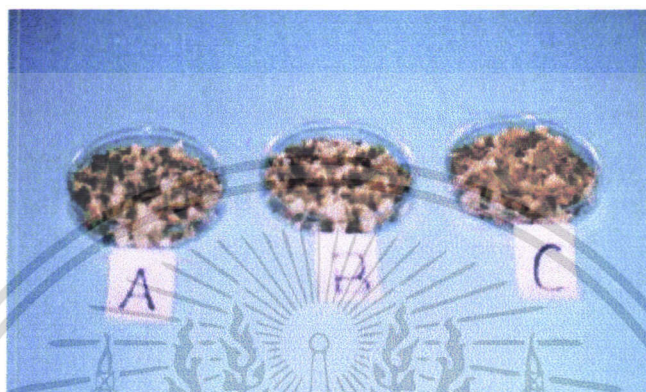
ชอบมากที่สุด	9	คะแนน
ชอบมาก	8	คะแนน
ชอบปานกลาง	7	คะแนน
ชอบเล็กน้อย	6	คะแนน
เฉย ๆ	5	คะแนน
ไม่ชอบเล็กน้อย	4	คะแนน
ไม่ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ไม่ชอบมาก	2	คะแนน
ไม่ชอบมากที่สุด	1	คะแนน

คุณลักษณะที่ประเมิน	ระบุคะแนนแสดงระดับความชอบ		
	542	238	610
สี			
กลิ่น			
รสชาติ			
การยอมรับโดยรวม			

ข้อเสนอแนะ:.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

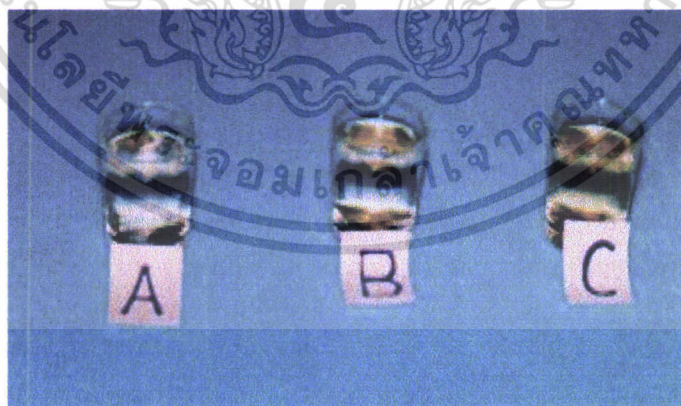


ภาพภาคผนวกที่ ข1. ลักษณะของชาเปลือกมะนาวที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ

A= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง

B= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง

C= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว



ภาพภาคผนวกที่ ข2. ลักษณะของน้ำชาเปลือกมะนาวที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ

A= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง

B= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง

C= ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Analysis of Variance และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตัวอย่าง ในการทดลองการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบชิม จำนวน 20 คน โดยทดสอบด้วยวิธี Hedonic Rating Scales

การกำหนดสัญลักษณ์มีดังนี้

- A = ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง
- B = ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้ง
- C = ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว

การกำหนดการให้คะแนนสำหรับผู้บริโภค

- 9 = ชอบมากที่สุด
- 8 = ชอบมาก
- 7 = ชอบปานกลาง
- 6 = ชอบเล็กน้อย
- 5 = เฉยๆ
- 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย
- 3 = ไม่ชอบปานกลาง
- 2 = ไม่ชอบอย่างมาก
- 1 = ไม่ชอบมากที่สุด

ตารางภาพผนวกที่ ค.1. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสีของชาเปลือกมะนาว

ผู้ทดสอบ ลำดับ	คะแนน			Total
	A	B	C	
1	4.5	4	7	15.5
2	6	7	8	21
3	7	8.5	9	24
4	5.5	7	9	21.5
5	7	6.5	8	21.5
6	7	8	9	24
7	6	7	9	22
8	8	8	8	24
9	7	7	9	23
10	7	8	9	24
11	6	7	7.5	20.5
12	6	7	9	22
13	7	8	9	24
14	4	7	8	19
15	5	6.5	8	19.5
16	4	6	9	19
17	7.5	7	8	22.5
18	8	7	8.5	23.5
19	7	8	9	24
20	7.5	8	9	24.5
Total	127	142.5	170	439.5
Sample mean	6.35	7.13	8.5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.2. การวิเคราะห์แบบ ANOVA ของชาเปลือกมะนาวในด้านสี

SOV	Df	SS	MS	F _{cal}	F _{0.05}
Sample	2	47.42	23.71	24.96*	3.23
Judges	19	35.41	1.86	1.96*	1.79
Error	38	36.08	0.95		
Total	59	118.91			

ตารางภาคผนวกที่ ค.3. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นของชาเปลือกมะนาว

ผู้ทดสอบ ลำดับที่	คะแนน			Total
	A	B	C	
1	7	6.5	8	21.5
2	8	8	7	23
3	8	7.5	7	22.5
4	5.5	8	6	19.5
5	7	8	7	22
6	5	6	9	20
7	6	9	7	22
8	7.5	7	8	22.5
9	8	7	7.5	22.5
10	8	8	7.5	23.5
11	6.5	7.5	5.5	19.5
12	6	7	5	18
13	6	9	5	20
14	8.5	7	6	21.5
15	6	8	6	20
16	5	8	6	19
17	7	7	7	21
18	8	7.5	7.5	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค3. ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้าน กลิ่นของชาเปลือกมะนาว (ต่อ)

ผู้ทดสอบ ลำดับที่	คะแนน			Total
	A	B	C	
19	8	9	7	24
20	9	8	7	24
Total	140	153	136	429
Sample mean	7	7.65	6.8	

ตารางภาคผนวกที่ ค4. การวิเคราะห์แบบ ANOVA ของชาเปลือกมะนาวในด้านกลิ่น

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F _{cal}	F _{0.05}
Sample	2	79	3.95	3.73*	3.23
Judges	19	19.32	1.02	0.96 ^{ns}	1.79
Error	38	40.43	1.06		
Total	59	67.65			

ตารางภาคผนวกที่ ค5. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านรสชาติของชาเปลือกมะนาว

ผู้ทดสอบ ลำดับที่	คะแนน			Total
	A	B	C	
1	7	8	8	23
2	8	8.5	8	24.5
3	9	7	8	24
4	7	9	8	24
5	4.5	5	7	316.5
6	7	8	9	24
7	6	9	7	22
8	7	7	7	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การคัดลอกหรือการนำเอกสารนี้ไปใช้ในทางที่ผิดโดยไม่ได้รับอนุญาต อาจทำให้เอกสารนี้เสียหายได้ กรุณาแจ้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทันที

ตารางภาคผนวกที่ ค.5. ผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสทาง ด้านรสชาติของชาเปลือกมะนาว (ต่อ)

ผู้ทดสอบ ลำดับที่	คะแนน			Total
	A	B	C	
9	6	6.5	6	18.5
10	6.5	7	6	19.5
11	6	8	5.5	19.5
12	6	8	6	20
13	6.5	9	8	23.5
14	5	8	7	20
15	7	9	6	22
16	7	8	6	21
17	6	7	7.5	20.5
18	7	8	7	22
19	7.5	9	6	22.5
20	7	9	6	22
Total	133	158	139	430
Sample mean	6.65	7.9	6.95	

ตารางภาคผนวกที่ ค.6. การวิเคราะห์แบบ ANOVA ของชาเปลือกมะนาวในด้านรสชาติ

ANOVA

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Sample	2	17.03	8.52	10.65*	3.23
Judges	19	27.99	1.47	1.84*	1.79
Error	38	30.31	0.8		
Total	59	75.33			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ ค.7. ผลการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสทาง ด้านการยอมรับโดยรวมของชาเป็ลือกมะนาว

ผู้ทดสอบ ลำดับ	คะแนน			Total
	A	B	C	
1	6	7	8	21
2	8	8	8	24
3	7	8	7.5	22.5
4	7	9	8	24
5	5	6.5	8	19.5
6	7	8	9	24
7	6	9	7	22
8	7	7	8	22
9	6	7.5	6	19.5
10	6.5	8	7	21.5
11	7	8	6	21
12	6	8	5.5	19.5
13	6	9	7	22
14	7	8	8	23
15	5.5	8.5	7	21
16	6	9	7	22
17	6	7	6.5	19.5
18	7	7	8	22
19	7	9	7	23
20	8	9	7.5	24.5
Total	131	160.5	146	437.5
Sample mean	6.55	8.03	7.3	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8. การวิเคราะห์แบบ ANOVA ของชาเปลือกมะนาวใน ด้านการยอมรับโดยรวม

ANOVA

SOV	Df	SS	MS	F _{cal}	F _{0.05}
Sample	2	21.76	10.88	136*	3.23
Judges	19	35.48	1.87	23.38*	1.79
Error	38	2.91	0.08		
Total	59	60.15			

จากการวิเคราะห์แบบ ANOVA ในคุณลักษณะต่างๆ ซึ่งค่าที่คำนวณได้ภายในตาราง ANOVA สามารถคำนวณค่าต่างๆ ได้จากวิธีการการคำนวณดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง

การคำนวณค่า Analysis of Variance ทดสอบการยอมรับทาง ด้านรสชาติของชาเปลือกมะนาว โดยมีกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกัน ดังนี้ ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้ง, ชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการคั่วแล้วอบแห้งและชาเปลือกมะนาวที่ผ่านการอบแห้งแล้วคั่ว

1. การคำนวณหา C.F. (Corection Factor)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{Total})^2}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด}} \\
 &= \frac{(430)^2}{60} \\
 &= 3081.67
 \end{aligned}$$

2. การคำนวณหาค่า df (degree of freedom)

2.1 df, sample

$$\begin{aligned}
 &= \text{จำนวนตัวอย่าง} - 1 \\
 &= 3 - 1 \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 df, judges

$$\begin{aligned}
 &= \text{จำนวนผู้ทดสอบ} - 1 \\
 &= 20 - 1 \\
 &= 19
 \end{aligned}$$

2.3 df, total

$$\begin{aligned}
 &= \text{จำนวนการตรวจ} \\
 &= 60 - 1 \\
 &= 59
 \end{aligned}$$

2.4 df, error

$$\begin{aligned}
 &= \text{df, total} - \text{df, judges} - \text{df, sample} \\
 &= 59 - 19 - 2 \\
 &= 38
 \end{aligned}$$

3. การคำนวณหาค่า SS (Sum of square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 3.1 \text{ SS, sample} &= \frac{(\text{ผลรวมของค่า total ของแต่ละ sample})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ sample})} - CF \\
 &= \frac{(133^2 + 158^2 + 139^2)}{20} - 3081.67 \\
 &= 17.03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3.2 \text{ SS, judges} &= \frac{(\text{ผลรวมของค่า total ของแต่ละ judges})^2}{(\text{จำนวนครั้งที่ประเมินของแต่ละ judges})} - CF \\
 &= \frac{(23^2 + 24^2 + \dots + 22^2)}{20} - 3081.67 \\
 &= 27.99
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 3.3 \text{ SS, total} &= (\text{ผลรวมของค่าการประเมินทุกค่า})^2 - CF \\
 &= (7^2 + 8^2 + \dots + 6^2) - 3081.67 \\
 &= 3157 - 3081.67 \\
 &= 75.33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3.4 \text{ SS, error} &= \text{SS, total} - \text{SS, judges} - \text{SS, sample} \\
 &= 7.53 - 27.99 - 17.03 \\
 &= 30.31
 \end{aligned}$$

4. การคำนวณหา MS (Mean Square) ของตัวแปร โดยจำแนกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 4.1 \text{ MS, sample} &= \frac{\text{SS, sample}}{\text{df, sample}} \\
 &= \frac{17.03}{2} \\
 &= 8.52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.2 \text{ MS, judges} &= \frac{\text{SS, judges}}{\text{df, judges}} \\
 &= \frac{27.99}{19} \\
 &= 1.47
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4.3 \text{ MS, error} &= \frac{\text{SS, error}}{\text{df, error}} \\
 &= \frac{30.31}{38} \\
 &= 0.80
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การคำนวณหาค่า F (Variance ratio) ของ Sample และ Judges โดยจำแนกได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 5.1 \text{ F, Sample} &= \frac{\text{MS, sample}}{\text{MS, error}} \\
 &= \frac{8.52}{0.80} \\
 &= 10.65
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5.2 \text{ F, judges} &= \frac{\text{MS, judges}}{\text{MS, error}} \\
 &= \frac{1.47}{0.80} \\
 &= 1.84
 \end{aligned}$$

6. นำค่า F ไปพิจารณาค่า P โดยเปิดตาราง (Variance ratio)

6.1 พิจารณาความแตกต่างของ sample

$$F, \text{ sample} = 10.65$$

$$F, \text{ total, P} = 0.05 \text{ ที่ } df, \text{ sample } n_1 = 2$$

$$df, \text{ error } n_2 = 38$$

$$= 3.23$$

จากการคำนวณ F, sample ที่คำนวณได้ 10.65 มีค่ามากกว่าค่า F ในตารางที่ระดับ $P = 0.05$ ได้ 3.23 แสดงว่าแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

6.2 พิจารณาความแตกต่างของ judges

$$F, \text{ judges} = 1.84$$

$$F, \text{ total, P} = 0.05 \text{ ที่ } df, \text{ sample } n_1 = 19$$

$$df, \text{ error } n_2 = 38$$

$$= 1.79$$

จากการคำนวณ F, judges ที่คำนวณได้ 1.84 มีค่ามากกว่าค่า F ในตารางที่ระดับ $P = 0.05$ ค่าที่ได้ 1.79 แสดงว่า Judges มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

7. พิจารณาความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่ระดับ $P \leq 0.05$
จากคะแนนเฉลี่ยของแต่ละตัวอย่างตามลำดับจากมากไปหาน้อย

B	C	A
7.90	6.95	6.65

7.1 หาค่า Standard error (SE)

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{\text{MS error}}{\text{replicate}}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.80}{20}} \\
 &= 0.20
 \end{aligned}$$

7.2 เปิดตารางหาค่า Significant studentized Range (SSR) ที่ $t = 3$ ค่า
df, error = 38 จากการเปิดตารางค่าที่ได้ = 3.44

7.3 คำนวณค่า LSD (Least significant difference) ค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด

$$\begin{aligned}
 \text{LSD} &= \text{SE} \times \text{SSR} \\
 &= 0.20 \times 3.44 \\
 &= 0.69
 \end{aligned}$$

โดยค่า LSD ที่ได้จะเป็นค่าความแตกต่างระหว่างตัวอย่างต่ำสุด ถ้าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มมีค่ามากกว่าค่า LSD แสดงว่าตัวอย่างทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน ผลปรากฏค่าดังนี้

$$B (7.90)^a \quad C (6.95)^b \quad A (6.65)^b$$