ถุงหลายชั้นที่ใช้พอลิโพรพิลีนเป็นฟิล์มปิดผนึกสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น

นายชวัลวิทย์ รัศมีพจน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

MULTILAYER POUCH USING POLYPROPYLENE AS A SEALANT FILM FOR CONTAINING MANGO SYRUP

Mr. Chawawit Rassameepotch

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of science Program in Imaging Technology

Department of Imaging and Printing Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ถุงหลายชั้นที่ใช้พอลิโพรพิลีนเป็นฟิล์มปิดผนึกสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น
โดย	นายชวัลวิทย์ รัศมีพจน์
สาขาวิชา	เทคโนโลยีทางภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ หารหนองบัว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คูร์พิพัฒน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุวิมล กีรติพิบูล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.เข็มชัย เหมะจันทร)

ชวัลวิทย์ รัศมีพจน์ : ถุงหลายชั้นที่ใช้พอลิโพรพิลีนเป็นฟิล์มปิดผนึกสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น (MULTILAYER POUCH USING POLYPROPYLENE AS A SEALANT FILM FOR CONTAINING MANGO SYRUP) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ. ดร. อรัญ หาญสืบสาย , 76 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบโครงสร้างถุงฟิล์มหลายชั้น เพื่อใช้บรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นจากมะม่วงแก้วและแรดที่พบได้ทั่วไปในประเทศไทย โดยกำหนดโครงสร้าง 3 แบบ ได้แก่ CPP/AI/PET, CPP/MPET/PET, CPP/PA ซึ่งใช้ฟิล์มพอลิโพรพิลีนเป็นฟิล์มปิดผนึก ทำการวิเคราะห์สมบัติของถุงฟิล์มหลายชั้น ได้แก่ สมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน สมบัติการซึมผ่านของน้ำ อุณหภูมิที่ใช้ในการผนึกติด การส่องผ่านของแสง จากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงในถุง เช่น สี ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่รวมทั้งหมด (องศาบริกซ์) ในน้ำมะม่วง และความพึงพอใจของผู้บริโภค ณ ภาวะการเก็บรักษาที่ 6 องศาเซลเซียส และ 30 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังทำการสำรวจหาเฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนส่วนใหญ่ชอบ เพื่อนำไปออกแบบภาพกราฟฟิกบนบรรจุภัณฑ์ พบว่าถุง CPP/AI/PET, CPP/MPET/PET สามารถกันการซึมผ่านของแก๊สและน้ำได้กีว่าถุง CPP/PA ในขณะที่ถุง CPP/PA ให้อุณหภูมิเริ่มการปิดผนึกที่ต่ำที่สุด ไม่มีการส่องผ่านแสงของถุง CPP/AI/PET ในขณะที่ ถุง CPP/PA ให้แสงส่องผ่านได้มากที่สุด ส่วนถุง CPP/MPET/PET ให้แสงผ่านได้เล็กน้อย ในส่วนของคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้นพบว่า ค่า pH และค่าองศาบริกซ์ (°Bx) ให้ค่าคงที่ตลอดการทดลอง ค่าสีของน้ำมะม่วงในถุงที่เก็บที่อุณหภูมิ 6 องศาเซลเซียส มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยกว่าที่เก็บในอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะถุง CPP/PA เก็บที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีการเปลี่ยนแปลงสีที่มากที่สุด ดังนั้นภาวะการเก็บรักษาน้ำมะม่วงเข้มข้นที่ดีที่สุดคือควรเก็บในถุง CPP/MPET/PET ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียส ส่วนค่าความพึงพอใจของรสชาติและกลิ่น มีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยมาก จนถือว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากตัวอย่างอ้างอิง และในส่วนเฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนส่วนใหญ่ชอบพบว่าชอบน้ำมะม่วงเฉดสีเหลืองและเฉดสีเหลืองอมแดงเล็กน้อย เพราะรู้สึกว่าสีสันเป็นธรรมชาติ ไม่ได้ใส่สีเจือปน และสีสันน่าทาน ให้ความรู้สึกหวานอร่อย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ลายมือชื่อนิสิต_____

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางภาพ

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์_____

5372224823: MAJOR IMAGING TECHNOLOGY
KEYWORDS : MULTILAYER FILM, MANGO SURUP

CHAWANWIT RASSAMEEPOTCH : MULTILAYER POUCH USING POLYPROPYLENE AS A SEALANT FILM FOR CONTAINING MANGO SYRUP.
ADVISSOR : ASSOC.PROF. ARAN HANSUEBSAI, Ph.D., 76 pp.

This research aimed to design the multilayer film pouch's structure for containing mango syrup. We chose Kaew and Rad mangoes as they are planted in all part of the country. The comparison of film structures as following: CPP/Al/PET, CPP/MPET/PET and CPP/PA were considered, using CPP as sealant film. Total thickness was controlled at between 49-75 μm based on dry lamination technique. Water vapour transmission rate, oxygen transmission rate, seal strength and density of multilayer film pouches were measured. To examine the quality of contained mango syrup, colour, pH and ºBx parameters and sensory test were evaluated under condition's storage at 6ºC and 30ºC. Evaluation of sensory test was done by using Saitenho method. Results showed that CPP/Al/PET structure is the best barrier property followed by CPP/MPET/PET and CPP/PA structures respectively. Browning reaction slowly occurred at low temperature. Aluminum foil protected the change of mango's color from light, oxygen and vapour. While pH and ºBx values of mango syrup in the pouches were consistency. It is suggested that the proper structure of pouch for preserving the mango syrup is CPP/Al/PET. In additions the storaged temperature should be under 6 ºC. The sensory test scores showed the same level as those of reference sample. It was found that Thai teenagers preferred mango juice in yellowish and reddish yellow colour sheds. It is because these colour are nature-look, non toxic, tasty and sweety.

Department : Imaging and printing technology Student's Signature _____

Field of study : Imaging technology

Academic Year : 2011 Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ หาญสืบสาย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจแก้ไขข้อบกพร่อด้วยความเอาใจใส่ สนับสนุนและให้กำลังใจ ชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบน้ำมะม่วงเข้นข้นเพื่อการวิจัยนี้ และเครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัยนี้

ขอขอบคุณบริษัทพริ้นท์มาสเตอร์ จำกัด ที่ได้มอบฟิล์มหลายชั้นเพื่อการวิจัยนี้ อีกทั้งยังอุปการะให้ใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติของฟิล์มหลายชั้น และความรู้เกี่ยวกับถุงฟิล์มหลายชั้น

ขอขอบคุณบริษัท Toyo Seikan Kaisha Ltd. ทีได้ให้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติของถุงฟิล์มหลายชั้น เทคนิคการผลิตถุงฟิล์มหลายชั้น และเทคนิคการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวาล คูร์พิพัฒน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ พรทวี พึ่งรัศมี รองศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล กีรติพิบูล และ รองศาสตราจารย์ ดร.เข็มชัย เหมะจันทร คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลามาให้คำแนะนำและทำการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อมร เพชรสม และนางเพ็ญพิมล จาตุรนต์รัศมี ที่ได้ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับน้ำมะม่วงเข้มข้น และคุณวิมล กวินวิภารักษ์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับฟิล์มหลายชั้น อีกทั้งยังค่อยช่วยเหลือให้กำลังใจในการดำเนินงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 บทนำ..... 1

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 3

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.5 แนวคิดและทฎษฎี..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ฟิล์มหลายชั้น (Multilayer film)..... 6

2.2 สมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มที่นำมาประกอบเป็นฟิล์มหลายชั้น..... 7

2.3 สมบัติการซึมผ่าน (Barrier properties)..... 8

2.4 การลามิเนตแบบแห้ง (dry lamination)..... 9

2.5 การพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหลายชั้น..... 10

2.4.1 การพิมพ์ทางตรง..... 10

2.4.2 การพิมพ์ทางอ้อม..... 11

2.6 ไซรัป (syrup)..... 11

2.7 น้ำมะม่วงเข้มข้น (Mango syrup)..... 13

2.8 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction)..... 14

2.8.1 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด..... 15

หน้า

2.9 ระบบสี NCS (NCS colour system)..... 17
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 18

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 21
3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 21
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 22
3.2.1 ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้น.....
ทำถุงฟิล์มหลายชั้น และวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มหลายชั้น..... 22
3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 บรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น ผ่านการฆ่าเชื้อโรค.....
ด้วยความร้อน และนำไปเก็บรักษา..... 25
3.3.3 ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำมะม่วงเข้มข้น.....
ตามช่วงเวลาที่กำหนด..... 25
3.3.4 ขั้นตอนที่ 4 ทำแบบสอบถามเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์.....
น้ำมะม่วงเข้มข้น..... 27
3.3.5 ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์เปรียบเทียบ และประเมินผลการทดลอง..... 28

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล..... 29
4.1 สมบัติของถุงหลายชั้น..... 29
4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น..... 35
4.3 ความพึงพอใจในการเลือกประเภทบรรจุภัณฑ์ และสีของน้ำมะม่วง..... 48

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย..... 54
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 54
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 55
รายการอ้างอิง..... 56
ภาคผนวก..... 60
ภาคผนวก ก..... 61

หน้า

ภาคผนวก ข..... 65
ภาคผนวก ค..... 73
ภาคผนวก ง..... 74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 76

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O2TR) ของถุง 3 ชนิด……..	30
4-2	เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด……	31
4-3	เปรียบเทียบค่าความดำชนิดส่องผ่านของถุงหลายชั้น 3 ชนิด……	33
4-4	เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน……..	34
4-5	เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้น……... ในภาวะต่าง ๆ……	35
4-6	เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าองศาบริกซ์ของน้ำมะม่วงเข้มข้น……. ในภาวะต่าง ๆ……	36
4-7	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา..……..…… ณ อุณหภูมิ 6°C……	37
4-8	การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา……... ณ อุณหภูมิ 30°C……..	38
4-9	เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น……..	45
4-10	เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น……..	47

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	โครงสร้างทั่วไปของฟิล์มหลายชั้น จำนวน 3 ชั้น	6
2-2	การลามิเนตแบบแห้ง	9
2-3	การพิมพ์ที่ด้านหลังของฟิล์ม	10
2-4	ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด	16
2-5	สีพื้นฐานของระบบสี NCS	17
2-6	แถบสีระบบ NCS	18
3-1	ลักษณะน้ำมะม่วงเข้มข้นที่มองผ่านรีแฟรกโตมิเตอร์ในการวัดค่าองศาบริกซ์	26
3-2	ตำแหน่งการวางตัวอย่างในการชิม	27
4-1	เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O2TR) ของถุง 3 ชนิด	30
4-2	เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด	32
4-3	เปรียบเทียบค่า TD ของถุงฟิล์มหลายชั้น 3 ชนิด	33
4-4	เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้น ในภาวะต่าง ๆ	35
4-5	เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าองศาบริกซ์ของน้ำมะม่วงเข้มข้น ในภาวะต่าง ๆ	36
4-6	เปรียบเทียบสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ	40
4-7	เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นใน ภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6ºC	42
4-8	เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นใน ภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30ºC	42
4-9	เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นใน ภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6ºC	43
4-10	เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นใน ภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30ºC	43
4-11	เปรียบเทียบค่า ΔE ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ	44
4-12	เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น	46

ภาพที่		หน้า
4-13	เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น.....	48
4-14	เฉดสีที่แสดงความเป็นน้ำมะม่วงได้.....	49
4-15	เหตุผลในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง.....	49
4-16	เฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนไทยวัยรุ่นชอบ.....	50
4-17	เหตุผลของคนไทยวัยรุ่นในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง.....	51
4-18	ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง.....	51
4-19	เปรียบเทียบสัดส่วนการเลือกบรรจุภัณฑ์บรรจุน้ำมะม่วงของคนไทยวัยรุ่น.....	52
4-20	เหตุผลที่คนไทยวัยรุ่นเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำมะม่วง.....	53

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ถุงฟิล์มหลายชั้นประกอบด้วยชั้นฟิล์มอย่างน้อย 2 ชั้น ชั้นข้างในสำหรับการปิดผนึก และชั้นถัดไปสามารถเลือกได้จากวัสดุต่าง ๆ ที่ทนความร้อนได้ดี เช่น พลาสติก โลหะ หรือ กระดาษ อีกทั้งยังสามารถเลือกฟิล์มชั้นนอกสุดเป็นวัสดุชนิดที่ง่ายต่อการนำไปพิมพ์ เช่น PET และ PA เป็นต้น โดยแต่ละชั้นถูกประกบติดกันด้วยกาว โดยทั่วไปการออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้นจะพิจราณาชั้นปิดผนึกก่อน ซึ่งต้องมีสมบัติปิดผนึกที่อุณหภูมิต่ำ และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารและเครื่องดื่มที่บรรจุอยู่ภายใน ตัวอย่างเช่น พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE / low density polyethylene) ให้ความเหนียวที่ดี ทนต่อสารเคมี มีความขุ่นเล็กน้อย บางครั้งอาจผสมสารให้สีรวมอยู่ด้วย [1],[2] และพอลิโพรพิลินชนิดหล่อ (CPP / cast polypropylene) เป็นฟิล์มที่มีคุณสมบัติพิเศษในการผนึกติดได้ดี มีความใส ความพรุน ความหนาแน่นต่ำ ผิวมันวาว เหนียว ทนต่อแรงดึง ไม่มีไฟฟ้าสถิตย์ กันน้ำได้ดี และทนต่อสารเคมี [3],[4] ในขณะที่พอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลต (Polyethylene terephthalate film / PET) มีสมบัติที่ดีทั้งทางด้านความใส ความแข็งแรง ทนต่อสารเคมี [4] แต่ไม่สามารถนำมาใช้ได้เพราะ สมบัติการปิดผนึกต้องใช้อุณหภูมิสูง ทั้ง ๆ ที่ PET ใช้กันทั่วไปในการบรรจุอาหารและเครื่องดื่มก็ตาม

ปัจจุบันการพัฒนาการผลิตฟิล์มพอลิโพรพิลินให้เป็นชั้นปิดผนึกได้รับการปรับปรุงดีขึ้น ไม่ให้มีฟองอากาศที่ผิวสัมผัสระหว่างชั้นลามิเนตและเมื่อนำถุงไปผ่านความร้อนฆ่าเชื้อโรค เพราะพอลิโพรพิลินมีอุณหภูมิหลอมละลายในช่วง 130ºC-150ºC [5]

ปัจจัยอื่น ๆ ที่ต้องพิจารณาในการออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้นนอกจากชั้นปิดผนึกแล้ว ควรคำนึงถึงความต้องการของอายุของผลิตภัณฑ์ ความทึบ ความโปร่งใส ความแข็งแรง การนำไปใช้งาน และราคา สำหรับการขึ้นรูปถุงในประเทศไทย โดยทั่วไปมักจะออกแบบให้มีจำนวน 2-3 ชั้น ให้ความหนาของชั้นฟิล์มพอลิโพรพิลินอยู่ที่ระหว่าง 25-100 ไมครอน พบว่าส่วนใหญ่การผลิตฟิล์มหลายชั้นเหล่านี้ยังคงทำด้วยการลามิเนต โดยใช้กาวเป็นตัวเชื่อม ตัวอย่างฟิล์มที่ทน

ความร้อนได้เช่น ไนลอน-6, ไนลอน-6,6, ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลต (PET), ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลตเคลือบไอโลหะ (MPET) เกณฑ์การตรวจสอบคุณภาพของฟิล์มหลายชั้น จะพิจารณาการปรากฏของฟิล์ม (laminate appearance) ความแข็งแรงของแรงยึดติด (laminate blocking strength), ความแข็งแรงของแรงยึดติดขณะผ่านความร้อน (fusion blocking strength in retort processing) ความโปร่งใส (transparency) และสมบัติการซึมผ่าน (barrier properties) เป็นต้น [6]

น้ำมะม่วงเข้มข้น โดยปกติหมายถึงน้ำมะม่วงที่มีเนื้อผสมอยู่ ในขณะที่น้ำมะม่วงไซรัปหมายถึงน้ำมะม่วงอย่างเดียว ซึ่งเตรียมโดยวิธีการย่อยมะม่วงสายพันธุ์ที่ต้องการ โดยเอนไซม์แลคติเนส ระเหยน้ำออกให้ได้ค่าการละลายของของแข็งที่ต้องการ จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง ได้น้ำมะม่วง ซึ่งงานวิจัยนี้ขอเรียกน้ำมะม่วงไซรัปว่าน้ำมะม่วงเข้มข้น เพราะในทางการค้ายังคงใช้เรียกคำนี้ในทางการสื่อสารกันอยู่

การบริโภคน้ำมะม่วงเข้มข้นหรือไซรัป สามารถนำไปเจืองจางเพื่อกลายเป็นน้ำมะม่วงสดหรือบริโภคได้โดยตรง โดยใช้ราดบนขนมปัง และไอศกรีม เป็นต้น น้ำมะม่วงเข้มข้นนี้ถือว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่สำหรับประเทศไทย ซึ่งส่วนใหญ่ที่ขายในท้องตลาดมักจะเป็นน้ำเชื่อมกลิ่นมะม่วง ทั้งยังไม่มีบรรจุภัณฑ์รองรับ

บรรจุภัณฑ์สำหรับบรรจุเครื่องดื่มประเภทไซรัปในประเทศไทยส่วนใหญ่ยังใช้ขวดแก้ว เนื่องจากดูหรูหรา มีความใส และสมบัติกันซึมได้เป็นอย่างดี ในขณะที่ถุงฟิล์มเริ่มมีการใช้กันบ้างแล้ว ซึ่งเป็นที่นิยมในต่างประเทศ ถุงฟิล์มมีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ บางแบบออกแบบมาให้ทนต่อความร้อนในการฆ่าเชื้อโรค (sterilization) สำหรับการบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นในถุงนั้น มีรายงานว่าผู้ผลิตสามารถบรรจุน้ำมะม่วงลงในถุงได้โดยตรง โดยสามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 8 เดือน และอาจจะเกิน 1 ปีได้ โดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทั้งทางเคมีและฟิสิกส์ [7] เพราะความหวานเป็นปัจจัยในการถนอมผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามถ้ามีการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อนหลังจากบรรจุ ก็สามารถทำได้ โดยอุณหภูมิไม่จำเป็นต้องสูงมาก

ข้อควรสังเกตุประการหนึ่งของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผลไม้ทั่วไป คือการเปลี่ยนแปลงของสี ซึ่งมาจากปฏิกิริยาที่มาจากเอนไซม์ และไม่ได้มาจากเอนไซม์ รวมทั้งการเสื่อมสภาพของสารสี (pigment) ในน้ำผลไม้เอง ส่วนการเปลี่ยนแปลงสีในมะม่วงพบว่ามาจากการเสื่อมสภาพของสารแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ที่เป็นรงควัตถุ ซึ่งเกิดจากการทำลายของอนุมูลอิสระ และออกซิเจนในบรรจุภัณฑ์ สามารถชะลอได้ด้วยการใส่สารในกลุ่มซัลไฟท์ (sulfite) เช่น โซเดียมไบซัลไฟท์ (Sodium bisulphate) เป็นต้น [8]

งานวิจัยนี้ศึกษาโครงสร้างถุงฟิล์มหลายชั้นสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ใส่น้ำมะม่วงเข้มข้น เพราะถุงหลายชั้นสะดวกต่อลักษณะการใช้งานแบบเป็นถุงขนาดเล็กใช้ครั้งเดียวทิ้ง เพราะเป็นที่นิยมในในประเทศญี่ปุ่น และกลุ่มประเทศในยุโรป เหมาะสำหรับผู้ที่อยู่คนเดียวหรือครอบครัวขนาดเล็กในอพาทเมนต์ วิธีนี้ได้เปรียบกว่าการใช้บรรจุภัณฑ์ขวดแก้ว เพราะเมื่อมีอากาศเข้าไปในขวดแก้ว จะทำให้น้ำมะม่วงเข้มข้นที่เหลืออยู่ในบรรจุภัณฑ์มีโอกาสได้รับการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์และแบคทีเรียจากภายนอกได้ อีกทั้งการวิจัยนี้ยังศึกษาสีของน้ำมะม่วงที่คนส่วนใหญ่ชอบ เพื่อนำไปออกแบบให้มีประโยชน์ต่อวงการออกแบบกราฟฟิกและวงการพิมพ์อีกด้วย

1.2 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ฟิล์มหลายชั้นสำหรับทำถุงบรรจุภัณฑ์ชนิดเครื่องดื่มถือได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในประเทศไทย อีกทั้งยังมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาความสด คุณภาพ รสชาติ สี และกลิ่น ของเครื่องดื่ม เพื่อให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์นั้นได้นาน โดยใช้หลักการเลือกฟิล์มที่ให้สมบัติต่าง ๆ ตามความต้องการ เช่น ทนความร้อนได้ดี ไม่เสียรูปเมื่อโดนความร้อน กันซึมอากาศโดยเฉพาะออกซิเจน ไม่ให้ความชื้นและแสงผ่าน เข้าไปทำปฏิกิริยาหรือกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีทางอาหาร เป็นต้น [9]

น้ำมะม่วงเข้มข้น จัดได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่ามะม่วงของไทย นอกเหนือจากการผลิตเป็นมะม่วงกวน มะม่วงแช่อิ่ม ฯลฯ ซึ่งยังไม่มีบรรจุภัณฑ์รองรับในปัจจุบัน ซึ่งน้ำมะม่วงเข้มข้นนี้ มีลักษณะการใช้งานที่หลากหลาย โดยใช้ในรูปแบบของไซรัป ใช้ในการราดทานบนอาหารเพื่อต้องการความหวาน และในรูปแบบของน้ำเชื่อมหัวเชื้อเข้มข้นที่สามารถนำไปผสมน้ำ

เพื่อเป็นน้ำมะม่วงสดดื่มได้ ดังนั้นการวิจัยนี้จึงได้ออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับน้ำมะม่วงเข้มข้น โดยเลือกเป็นชนิดถุงฟิล์มหลายชั้น เพื่อตอบสนองลักษณะการใช้งานของน้ำมะม่วงเข้มข้น

อนึ่งงานวิจัยนี้ เป็นการบูรณาการศาสตร์ร่วมกันกับสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพ และคณะเภสัชศาสตร์ภายใต้โครงการพัฒนาตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯสยามบรมราชกุมารี นอกจากนี้ยังเป็นส่วนหนึ่งในโครงการวิจัยของหน่วยปฏิบัติการและวิจัยการออกแบบและผลิตบรรจุภัณฑ์ รับผิดชอบโดยภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ ภายใต้ศูนย์นวัตกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์สุขภาพและเกษตรครบวงจร จ.สระบุรี ซึ่งประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการใช้พื้นที่เกือบครึ่งหนึ่งของประเทศในการเพาะปลูก มีการใช้แรงงานในการเพาะปลูกประมาณร้อยละ 60 ของแรงงานทั้งหมดในประเทศ และเป็นประเทศผู้ส่งออกสินค้าเกษตรประเภทอาหาร เช่น ข้าว กุ้ง มันสำปะหลัง และผลไม้ เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ในอดีตสินค้าเกษตรที่ไทยส่งออกมักเป็นสินค้าที่ไม่ผ่านการแปรรูป การแปรรูปอาหารเพื่อการส่งออกเริ่มต้นขึ้นในช่วง พ.ศ. 2510-2520 และมีการพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าสินค้าเกษตรอย่างต่อเนื่องนับแต่นั้นเป็นต้นมา [10]

1.3 **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เลือกชนิดฟิล์มหลายชั้นที่ใช้พอลิโพรพิลินเป็นฟิล์มปิดผนึกทำถุงสำหรับยืดอายุในการเก็บน้ำมะม่วงเข้มข้น เพื่อการออกแบบกระบวนการผลิตงานพิมพ์

1.4 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

ได้ชนิดฟิล์มที่ใช้ทำถุงหลายชั้นในการใช้บรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น และช่วยให้สามารถออกแบบการพิมพ์ได้ถูกต้อง

1.5 **แนวคิดและทฎษฎี**

ฟิล์มหลายชั้นสำหรับทำถุงบรรจุเครื่องดื่มมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อการรักษาความสด คุณภาพ รสชาติ สีและกลิ่น ของเครื่องดื่ม เพื่อให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์นั้นได้นาน โดยใช้หลักการเลือกฟิล์มที่ให้สมบัติต่าง ๆ ตามความต้องการ เช่น ทนความร้อนได้ดี กันซึมอากาศ

โดยเฉพาะออกซิเจน ไม่ให้ความชื้นและแสงผ่าน เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยจากการสำรวจพบว่าส่วนใหญ่ถุงฟิล์มหลายชั้นได้ออกแบบให้มีชั้นฟิล์มเพียง 2-3 ชั้นเท่านั้น โดยฟิล์มปิดผนึกชั้นในจะเป็นชั้นพอลิโพรพิลีนชนิดหล่อ (cast polypropylene / CPP) เป็นฐานหลัก ซึ่งนอกจากจะให้ความใส ผิวมันวาวแล้ว ยังทนความร้อนได้ดีกว่าฟิล์มพอลิเอทิลีนชนิด LDPE และยังเหมาะกับกระบวนการลามิเนตได้ดีอีกด้วยในขณะที่ชั้นฟิล์มที่เหลือสามารถแปรเปลี่ยนได้ แต่ต้องทนความร้อนและให้สมบัติกันซึมและกั้นแสงขึ้น อยู่กับว่าต้องการอายุผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มนานเท่าไรและต้นทุนในการผลิตเป็นอย่างไร ตัวอย่างฟิล์มทนความร้อนที่สามารถเลือกหาได้ในท้องตลาดได้แก่ PA, PET, metalized PET (MPET) เป็นต้น รวมทั้งฟอยล์อะลูมิเนียม อีกทั้งยังสามารถเลือกฟิล์มชั้นนอกสุดเป็นชนิดที่ง่ายต่อการนำไปพิมพ์ เช่น PET และ PA หรือ ไนลอน (nylon) เป็นต้น งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการหน่วยปฏิบัติการวิจัยและออกแบบบรรจุภัณฑ์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ทำการศึกษาการออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้นที่ใช้ฟิล์ม CPP เป็นหลักในการเป็นชั้นปิดผนึกด้านในสุด ตัวอย่างเช่น CPP/Al/PET, CPP/MPET/PET และ CPP/PA โดยกำหนดความหนาของชั้น CPP ระหว่าง 30-60 ไมโครเมตร และความหนารวมของชั้นฟิล์มทั้งหมดไม่เกิน 75 ไมโครเมตร ตามข้อกำหนดที่ใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรม นำไปบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นที่ทำมาจากมะม่วงแก้วและมะม่วงแรด ซึ่งพัฒนาสูตรโดยสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ร่วมกับคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เป็นถุงฟิล์มหลายชั้นสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น จากนั้นทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงในถุงแบบต่าง ๆ ที่เก็บไว้ระหว่าง 4 สัปดาห์ เช่น สี ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลาย (°Brix) และความพึงพอใจของผู้บริโภค อีกทั้งวัดสมบัติของฟิล์มหลายชั้น เช่น สมบัติกันแก๊ส กันซึมน้ำ และสมบัติการส่องผ่านของแสง เป็นต้น และยังมีการทำผลสำรวจ โดยใช้แบบสอบถามเชิงคุณภาพสำหรับการออกแบบบรรจุภัณฑ์อีกด้วย เพื่อหารูปแบบโครงสร้างของฟิล์มหลายชั้นที่ช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้นานในขณะที่ต้นทุนการผลิตต่ำ รวมทั้งจะเป็นประโยชน์ช่วยให้โรงพิมพ์สามารถออกแบบการพิมพ์ได้ถูกต้อง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 **ฟิล์มหลายชั้น** (Multilayer film)

ฟิล์มหลายชั้นมีหลักการคือการเลือกฟิล์มแต่ละชนิดที่มีสมบัติในแต่ละด้านมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้สมบัติตามที่ต้องการเช่น ฟิล์มชนิดหนึ่งเด่นในสมบัติกันซึมอากาศ แต่ด้อยในสมบัติกันน้ำ ดังนั้นสิ่งที่บรรจุข้างในที่ต้องการทั้งสมบัติการกันซึมอากาศและน้ำที่ดี จึงจำเป็นต้องจับคู่กับฟิล์มอีกชนิดหนึ่งที่มีสมบัติกันน้ำได้ดี เป็นต้น เราสามารถจำแนกโครงสร้างทั่วไปของฟิล์มหลายชั้นได้ดังภาพที่ 2-1

ภาพ 2-1 โครงสร้างทั่วไปของฟิล์มหลายชั้น จำนวน 3 ชั้น

ฟิล์มชั้นที่อยู่นอกสุด ควรจะให้สมบัติสภาพพิมพ์ได้ มีความแข็งแรง ทนต่อแรงขีดข่วน เพราะต้องสัมผัสกับผู้บริโภคตลอดเวลา ฟิล์มชั้นกลาง เป็นชั้นที่ให้สมบัติป้องกันตามที่เราต้องการเช่น กันซึม กันออกซิเจน และกันแสงผ่าน สำหรับฟิล์มชั้นใน เป็นชั้นที่สัมผัสกับสิ่งของหรืออาหารที่บรรจุอยู่ข้างใน ที่เราควรเลือกฟิล์มที่ปลอดภัยต่ออาหาร และมีสมบัติการปิดผนึก (sealing) ที่ดี

2.2 สมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มที่นำมาประกอบเป็นฟิล์มหลายชั้น

เนื่องจากถุงฟิล์มหลายชั้นสำหรับบรรจุอาหารแต่ละชนิดให้สมบัติที่ไม่เหมือนกัน การเลือกใช้ฟิล์มทำถุงฟิล์มหลายชั้นแต่ละชนิดจึงอาจไม่เหมือนกันก็ได้ เช่น สมบัติความโปร่งใส ช่วยในการตัดสินใจว่าบรรจุภัณฑ์ของเรานั้นต้องการให้มองเห็นทะลุข้างในหรือไม่ หรือต้องการสมบัติทึบแสงแทน ถ้าบรรจุของเหลวลงในบรรจุภัณฑ์ สมบัติกันซึมน้ำมีความสำคัญมาก สมบัติกันซึมออกซิเจนเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เราทราบว่าจะมีปริมาณออกซิเจนทำปฏิกิริยากับอาหารหรือเครื่องดื่มภายในมากน้อยอย่างไร สมบัติการปิดผนึก ใช้ในการเลือกฟิล์มชั้นใน ในขณะที่การเลือกฟิล์มชั้นนอก ฟิล์มนั้นต้องสามารถเปียกผิวหมึกพิมพ์ได้ดี หรืออาจต้องทำการปรับสภาพผิวก่อนพิมพ์ก็ได้ โดยสมบัติต่าง ๆ ของฟิล์มที่นำมาใช้ในการวิจัยมีดังนี้ [4], [11]

2.2.1 ฟิล์มพอลิโพรพิลีน (Polypropylene film / PP) ที่นิยมใช้ในกระบวนการลามิเนตคือฟิล์ม CPP (cast Polypropylene film) ซึ่งเป็นฟิล์มที่มีคุณสมบัติโดดเด่นมากทั้งในด้านความใส ผิวมันวาว เหนียว ทนต่อแรงดึง ไม่มีไฟฟ้าสถิตย์ กันน้ำได้ดี ฟิล์ม CPP มักถูกใช้ควบคู่กับฟิล์มชนิดอื่นโดย CPP จะทำหน้าที่เป็นชั้นเคลือบเพื่อให้อาหารหรือสินค้าที่บรรจุปลอดภัยจากผลกระทบของสีที่พิมพ์ลงฟิล์มชนิดอื่น

2.2.2 ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลต (Polyethylene terephthalate film / PET) ฟิล์ม PET มีผิวเรียบ มีความใส ทนทานต่อการฉีกขาดหรือการกดกระแทก รักษารูปทรงได้ดีในอุณหภูมิระดับต่าง ๆ ทนความร้อนสูงสามารถใช้กับไมโครเวฟได้ ทนทานต่อความชื้น ทนสารเคมีและตัวทำละลายได้หลากหลายประเภท สามารถป้องกันการซึมผ่านของก๊าซต่าง ๆ ได้ดี ทำให้เหมาะสมในการถนอมและรักษากลิ่นของอาหาร

2.2.3 ฟิล์มไนลอน (Polyamide / PA / nylon) ฟิล์มไนลอนมีคุณสมบัติที่ดีในการต้านทานการรั่วซึม ทนต่ออุณภูมิร้อน-เย็น มีความเหนียวเป็นพิเศษ จึงสามารถนำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์สูญญากาศ สำหรับบรรจุอาหารได้

2.2.4 ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลตเคลือบไอโลหะ (metalized Polyethylene terephthalate film, MPET) เป็นฟิล์มพลาสติก PET ที่ผ่านกระบวนการฉาบด้วยโลหะอลูมิเนียม

(Aluminum) ทำให้ซองบรรจุภัณฑ์มีสีสันแวววาว กันการซึมผ่านของก๊าซได้ดี ช่วยยืดอายุของสินค้าภายในได้ดีกว่าแผ่นฟิล์มชนิดธรรมดา ฉะนั้นฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลตเคลือบไอโลหะจึงเหมาะกับการนำไปใช้งานในด้านบรรจุภัณฑ์เป็นอย่างมาก [4]

2.2.5 ฟอยล์อลูมิเนียม (Aluminum Foil, Al) ใช้เรียกฟอยล์อลูมิเนียมเมื่อแผ่นอลูมิเนียมมีความหนาน้อยกว่า 200 ไมโครเมตร ฟอยล์อลูมิเนียมนิยมนำมาใช้ตั้งแต่ช่วงกลางศตวรรษที่ 20 จนถึงปัจจุบัน ฟอยล์อลูมิเนียมมีคุณสมบัติสำหรับการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ดีที่สุดถ้าเทียบกับฟิล์มพลาสติกชนิดอื่น ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น แต่ก็มีราคาแพงที่สุดเช่นกัน โดยฟอยล์อลูมิเนียมมีคุณสมบัติในการป้องกันอย่างสมบูรณ์แบบ ได้แก่ กันการซึมผ่านของก๊าซ น้ำ กลิ่น น้ำมัน แสง และแบคทีเรีย ทำให้สามารถปกป้องและถนอมผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในได้ยาวนานกว่า ฟิล์มชนิดอื่น ๆ โดยไม่จำเป็นต้องเก็บในที่เย็น อลูมิเนียมฟอยล์ใช้ได้กับ บรรจุภัณฑ์อาหาร ยา ฯลฯ ทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว ถ้าหากผลิตภัณฑ์กัดกร่อนได้ก็ยังสามารถลามิเนตฟอยล์อลูมิเนียมกับฟิล์มพลาสติกอื่น ๆ ที่ทนต่อการกัดกร่อนได้และผิวของฟอยล์อลูมิเนียมก็มีความมันวาวสวยงามเช่นเดียวกับฟิล์มเคลือบไอโลหะอีกด้วย [12]

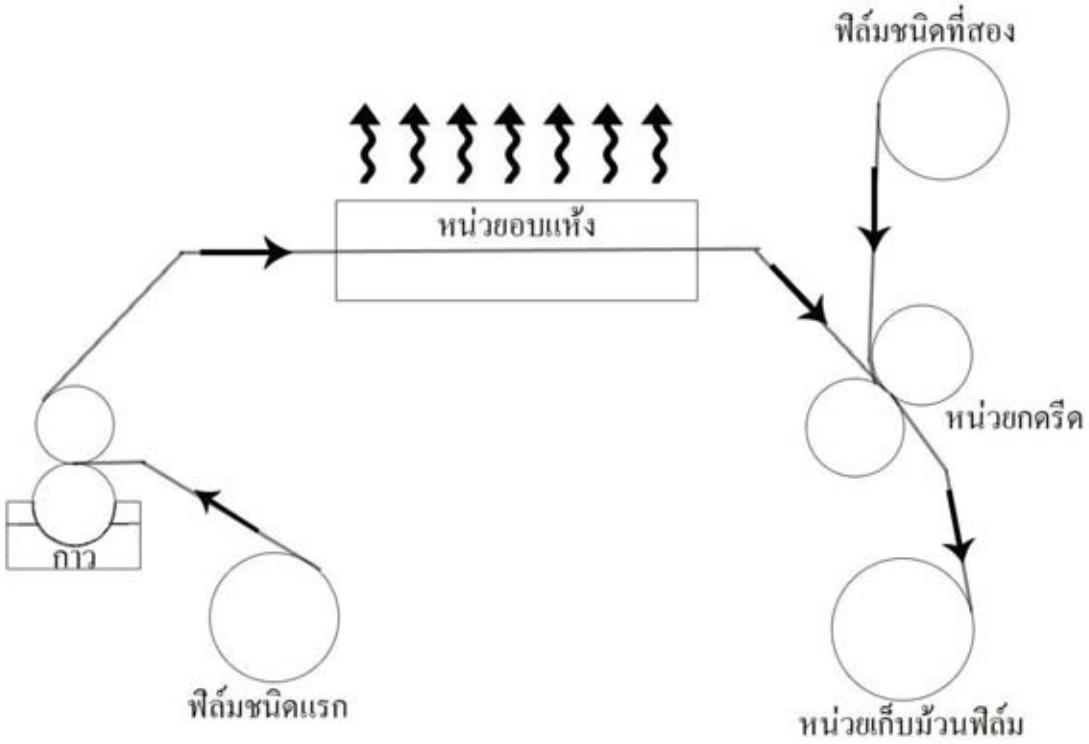
2.3 **สมบัติการซึมผ่าน** (Barrier properties)

ออกซิเจน ไอน้ำ และแสง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุของผลิตภัณฑ์ที่วางขายบนชั้น (shelf life) ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้ในฟิล์มหลายชั้น เช่น CPP ไม่เหมือน OPP ถึงแม้นจะเป็น PP เหมือนกันแต่เนื่องจาก OPP โครงสร้างถูกดึงยืด ทำให้ความหนาแน่นของโครงสร้างสูงขึ้นจึงไม่เหมาะที่จะเป็นชั้นปิดผนึก ในขณะที่ LDPE มีสมบัติการผนึกติดที่ดีแต่ไม่เหมาะที่นำมาใช้ในถุงที่ต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน เพราะไม่ทนความร้อนจะสูญเสียรูปได้ในขบวนการผ่านความร้อนฆ่าเชื้อโรคหรือรีทอร์ต PET นิยมใช้ในบรรจุภัณฑ์หลายชั้นเพราะมีสมบัติที่ดีทั้งทางด้านความแข็งแรง ความแข็งตึง (stiffness) และทนต่อความร้อน นิยมจับคู่กับฟิล์มอื่นเพื่อเพิ่มสมบัติการปิดผนึกและสมบัติการกั้น ในขณะที่ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลตเคลือบไอโลหะ (MPET) มีสมบัติที่ดีเช่นเดียวกับ PET แต่เพิ่มสมบัติกันแก๊ส น้ำ และทึบแสง ไนลอนมีสมบัติการกันแก๊สที่ดี แต่สมบัติกันน้ำที่ไม่ดี อลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตกับพลาสติกเพื่อเพิ่มสมบัติกันแก๊ส

กันน้ำ และกันแสงที่ดีเยี่ยม ถึงแม้ว่าจะมีสมบัติที่ดีเยี่ยมแต่กำลังถูกแทนที่ด้วยฟิล์มเคลือบไอโลหะ เพราะต้นทุนที่ต่ำกว่า

2.4 **การลามิเนตแบบแห้ง** (dry lamination)

การลามิเนตมีความจำเป็นต้องใช้กาว (adhesive) หรือสารเคมีชนิดอื่นๆ มาเป็นตัวเชื่อมประสานระหว่างชั้นฟิล์ม เพราะว่าฟิล์มบางชนิดไม่สามารถประสานติดกันได้อย่างสมบูรณ์ด้วยการใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากคุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์มทั้งสองชนิดไม่สามารถเข้ากันได้ ดังภาพที่ 2-2 เป็นกระบวนการลามิเนตฟิล์มแบบแห้ง โดยเริ่มจากการคลี่ม้วนของฟิล์มชนิดแรกที่ต้องการลามิเนต ผ่านไปที่หน่วยกาวหรือสารเคลือบประสานฟิล์ม (adhesive) และหน่วยทำแห้งด้วยลมร้อนตามลำดับ เมื่อกาวที่เคลือบไว้แห้งแล้ว นำฟิล์มชนิดที่สองเข้ามาประกบติด จากนั้นผ่านลูกกลิ้งเพื่อให้ฟิล์มทั้งสองชนิดประกบติดกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องทำการเป่าลมร้อนอีกครั้ง [13]



ภาพ 2-2 การลามิเนตแบบแห้ง

2.5 การพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์ฟิล์มหลายชั้น

การพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์นั้น เป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าและความสวยงามของบรรจุภัณฑ์ ให้เป็นที่ดึงดูดสายตาของผ้บริโภค มีการวิจัยมาว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ ใช้เวลาในการตัดสินใจในการเลือกหยิบสินค้าเพียงแค่ 3 วินาทีบนชั้นวางสินค้า การพิมพ์บนบรรจุภัณฑ์หลายชั้นนั้น นิยมใน 2 รูปแบบคือ

2.4.1 การพิมพ์ทางตรง

การพิมพ์ลักษณะนี้ เป็นการพิมพ์โดยตรงบนวัสดุใช้พิมพ์ โดยปกติการพิมพ์คอมเมอเชียล จะนิยมพิมพ์ลงบนผิวหน้าด้านบน (surface) ของวัสดุใช้พิมพ์ เช่น บนกระดาษ แต่สำหรับการพิมพ์บรรจุภัณฑ์ประเภทฟิล์มหลายชั้น มักจะพิมพ์ที่ผิวด้านหลัง (reverse) แทน ดังภาพที่ 2-3 หลังจากนั้นนำไปลามิเนตกับฟิล์มชั้นถัดไปที่ด้านล่าง เพื่อป้องกันหมึกโดนการขัดถู แล้วหลุดลอกออกมา โดยกระบวนการพิมพ์จะเรียงลำดับสีในการพิมพ์ตามปกติ แต่ถ้าต้องการพื้นสีขาว จะทำการพิมพ์สีขาวไว้ในการพิมพ์ชั้นสุดท้าย เพื่อเป็นการปูพื้นให้เหมือนสภาพการพิมพ์บนกระดาษ แต่วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่จำเป็นต้องพิมพ์ให้เสร็จก่อน จึงนำมาลามิเนตกับฟิล์มชั้นอื่นได้

ภาพ 2-3 การพิมพ์ที่ด้านหลังของฟิล์ม

2.4.2 การพิมพ์ทางอ้อม

การพิมพ์ทางอ้อมหมายถึง เป็นการพิมพ์บนฉลากประเภทสติกเกอร์ก่อน แล้วนำไปติดบนผิวบรรจุภัณฑ์ มีข้อดีที่ผลิตได้ง่ายกว่าการพิมพ์ลงบนด้านหลังของ ฟิล์ม โดยไม่จำเป็นต้องฟิล์มลงบนบรรจุภัณฑ์โดยตรง ซึ้งแก้ไขปัญหาเรื่องเครื่องจักรของผู้ผลิตรายย่อยได้ โดยการพิมล์ลงบนสติกเกอร์นั้น สามารถพิมพ์ลงบนทั้งกระดาษ และสติกเกอร์ได้ แล้วแต่ผู้ผลิตต้องการ และมีการใส่ลูกเล่นต่าง ๆ ตามความต้องการได้ เช่น การพิมพ์บนฟอยล์ ลามิเนตด้านลามิเนตเงา การพิมพ์โฮโลแกรม การพิมพ์เพื่อป้องการกันปลอมแปลง [14] ฯลฯ อีกทั้งการพิมพ์บนสติกเกอร์สติกเกอร์นี้ จะไม่มีการซึมผ่านของหมึกพิมพ์และกาวลงไปถึงผลิตภัณฑ์ภายในได้ เพราะกาวที่ใช้มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ทำให้การซึมผ่านเข้าไปเนื้อของพลาสติก แล้วแพร่ผ่านเข้าไปในบรรจุภัณฑ์นั้นเป็นเรื่องที่ยากมาก แต่จะมีข้อเสียตรงที่ต้นทุนในการผลิตต่อหน่วยอาจจะสูงกว่าและขั้นตอนการผลิตที่มากกว่า

2.6 **ไซรัป** (syrup)

ไซรัป คือ สารให้ความหวานที่มีมีปริมาณน้ำตาลมาก ลักษณะเป็นของเหลวหนืด โดยความหนืดของไซรัปเกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างสารละลายน้ำตาลซึ่งเป็นกลุ่มของไฮดรอกไซด์และน้ำ ไซรัปสามารถผลิตได้จากพืชโดยการสกัดน้ำตาลจากพืชและนำไปทำให้เข้มข้นด้วยวิธีต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ยา หรือใช้ในการบริโภคโดยนำไปผสมในอาหาร เครื่องดื่ม เพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติ ใช้ตกแต่งหน้าอาหารเพื่อเพิ่มความสวยงาม [15]

ไซรัปที่นิยมบริโภคมากในต่างประเทศและถือเป็นไซรัปที่มีชื่อเสียงมากที่สุด คือ เมเปิลไซรัป ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำน้ำยางจากต้นเมเปิลมาทำให้เข้มข้น น้ำยางจากเมเปิลไซรัปจะสามารถเก็บเกี่ยวได้เพียงปีละ 1 เดือนเท่านั้น และต้องใช้น้ำยางจำนวนมากถึง 40 ส่วนเพื่อให้ได้เมเปิลไซรัป 1 ส่วน เมเปิลไซรัปจึงเป็นผลิตภัณฑ์ไซรัปที่มีราคาสูง เหตุผลที่เมเปิลไซรัปได้รับความนิยมในกลุ่มผู้บริโภคเนื่องจากเป็นไซรัปให้กลิ่นหอมตามธรรมชาติที่มีลักษณะเฉพาะ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง เช่น วิตามิน B2, B3, B5, B6, ไบโอติน, กรดอะมิโน, กรดโฟลิก, โปแตสเซียม,

แคลเซียม, ฯลฯ [16] สามารถบริโภคได้โดยตรง หรือใช้ผสมในอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อแต่งเติมให้มีรสหวานและกลิ่นหอม นอกจากเมเปิลไซรัปแล้ว ยังมีไซรัปชนิดอื่น ๆ ที่เป็นที่นิยมในการบริโภค เช่น กล้วยหอมทองไซรัป และไซรัปผลไม้ชนิดต่าง ๆ

การนำเข้าไซรัปที่ผลิตจากต่างประเทศโดยเฉพาะการนำเข้าเมเปิลไซรัปที่มีมูลค่าสูง ทำให้เกิดแนวคิดที่จะผลิตไซรัปขึ้นเองภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าไซรัปจากต่างประเทศ และเพิ่มมูลค่าของสินค้าทางการเกษตรภายในประเทศ โดยไซรัปที่ผลิตขึ้นเองในประเทศมาจากพืชที่สามารถปลูกได้ภายในประเทศ ซึ่งจะทาให้สามารถผลิตไซรัปได้โดยไม่ต้องนำเข้าหัวเชื้อจากต่างประเทศและเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าเกษตรภายในประเทศ [17] จากแนวคิดดังกล่าวทาให้เกิดการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไซรัปจากพืชภายในประเทศ เช่น ไซรัปจากอ้อย ไซรัปจากกล้วยตาก ไซรัปจากกล้วยหอมทอง ไซรัปจากน้ำตาลสด ไซรัปจากน้ำตาลมะพร้าว และผลิตภัณฑ์ใหม่ล่าสุดคือไซรัปจากมะม่วง หรือน้ำมะม่วงเข้มข้น เป็นต้น อีกทั้งมีการผลิตไซรัปขึ้นเองภายในประเทศเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์แล้วบางส่วน คือ ไซรัปจากอ้อยและไซรัปจากกล้วยตาก ซึ่งได้จากผลผลิตทางการเกษตรภายในประเทศ โดยไซรัปที่ผลิตได้เน้นจำหน่ายให้กับผู้บริโภคระดับครัวเรือนมากกว่าระดับอุตสาหกรรม

ไซรัปจากมะม่วงถือเป็นไซรัปจากพืชภายในประเทศชนิดหนึ่งที่มีความเหมาะสมที่จะผลิตในเชิงพาณิชย์ เนื่องจากมะม่วงเป็นผลไม้ที่มีกลิ่นหอมที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวสามารถดึงดูดใจผู้บริโภคได้ และได้มีการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วงเข้มข้นให้สามารถผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในประเทศแล้ว จึงมีความเป็นไปได้ที่จะน้ำมะม่วงเข้มข้นภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าไซรัปชนิดอื่น ๆ จากต่างประเทศ

ข้อสังเกตุ : ไซรัปผลไม้หากต้องการนำมาทำเป็นเครื่องดื่มจำเป็นต้องมีการนำมาเจือจางก่อนบริโภค โดยไซรัปเตรียมจากน้ำผลไม้ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการหมัก และทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออก และต้องไม่มีเนื้อผลไม้ปะปนอยู่ในผลิตภัณฑ์ [18]

2.7 **น้ำมะม่วงเข้มข้น** (Mango syrup)

มะม่วงเป็นผลไม้เมืองร้อน ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตมะม่วงที่สำคัญ สามารถปลูกได้ในทุกภาคของประเทศไทย มะม่วงจากประเทศไทยมีคุณภาพสูง มะม่วงสุกใช้กินเป็นของว่าง โดยน้ำมะม่วงเข้มข้นสามารถใช้ทานคู่กับไอศกรีม หรือผสมกับชา น้ำมะนาว น้ำผลไม้ปั่น เพื่อความรู้สึกสดชื่น

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการพัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าของมะม่วงไทย โดยสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ร่วมกับคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ผลิตน้ำมะม่วงเข้มข้นจากมะม่วงแก้วและมะม่วงแรด ซึ่งเป็นพืชในท้องถิ่นในประเทศไทย ตระกูลเดียวกัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Mangifera indica Linn. อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae ชื่อสามัญคือ Mango ที่น่าสนใจคือโภชนาการของมะม่วง มีสารต้านอนุมูลอิสระที่สูง มีสมบัติทางยาและประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ และสารต้านมะเร็ง เป็นต้น และในแพทย์แผนไทยยังมีสรรพคุณทางยา กล่าวคือ ผลมะม่วงสดแก่ ใช้รับประทานแก้คลื่นไส้อาเจียน วิงเวียน กระหายน้ำได้ [19], [20]

น้ำมะม่วงเข้มข้นประกอบด้วยมะม่วง น้ำตาล น้ำ และแร่ธาตุต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และแหล่งปลูกมะม่วง ในทางการค้าอาจมีการใส่สารกันบูด โดยปกติน้ำมะม่วงเข้มข้นถูกเก็บรักษาไว้ในที่เย็น ตัวแปรในการตรวจวัดคุณภาพน้ำมะม่วงเข้มข้นได้แก่ ปฏิกิริยาในการเกิดสีน้ำตาล ค่าความเป็นกรด-เบส และค่าการละลายของของแข็งรวม

ขั้นตอนการเตรียมน้ำมะม่วงเข้มข้น กระทำได้โดยวิธีการย่อยมะม่วงสายพันธุ์ที่ต้องการโดยใช้เอนไซม์แลคติเนสสำหรับย่อยแลคตินในเนื้อมะม่วง จากนั้นทำการระเหยน้ำออกให้ได้ค่าการละลายของของแข็งที่ต้องการซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 70°Brix จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อกรองตะกอนหรือเศษของมะม่วงออก

งานวิจัยนี้ศึกษาการออกแบบถุงฟิล์มหลายชั้นสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น โดยกำหนดโครงสร้างชั้นปิดผนึกเป็นฟิล์มพอลิโพรพิลิน อีกทั้งยังสามารถเลือกฟิล์มชั้นนอกสุดเป็นวัสดุชนิดที่ง่ายต่อการนำไปพิมพ์ เช่น PET และ PA เป็นต้น [21] จากนั้นเปรียบเทียบจำนวนชั้นและชนิดของ

ฟิล์มที่ทนความร้อน ที่มีผลต่ออายุการเก็บน้ำมะม่วงเข้มข้น ซึ่งจะเป็นประโยชน์ช่วยให้โรงพิมพ์สามารถออกแบบการพิมพ์ได้ถูกต้อง

2.8 ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Browning reaction)

หนึ่งในตัวแปรของการตรวจวัดคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น นั้นคือปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล น้ำมะม่วงเข้มข้นนั้นมีปริมาณน้ำตาลที่สูง จึงไวต่อการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เมื่อเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลในน้ำมะม่วงเข้มข้น ทำให้เกิดปัญหาทางด้านสีสันที่ทำให้ดูไม่น่ารับประทาน อีกทั้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นและรสชาติที่เปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้เปลี่ยนแปลงไปทางด้านของผลเสีย ความรู้สึกในแง่ลบ

โดยปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้อาหารเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดขึ้นได้ระหว่างการแปรรูปและเก็บรักษา สามารถแบ่งปฏิกิริยาได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (enzymatic browning reaction) และปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) [22]

ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ ทำให้เกิดสีน้ำตาลในอาหาร มี 2 ประเภทหลัก คือ

- ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมล (caramelization)
- ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction)

เนื่องจากการวิจัยนี้ เอนไซม์ในน้ำมะม่วงเข้มข้นได้ถูกทำลาย ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจึงเกิดแบบปฏิกิริยาเมลลาร์ด

ปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) [23] เป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ชนิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) เกิดระหว่างน้ำตาลรีดิวซิ่ง (reducing sugar) กับ กรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่น ๆ โดยมีความร้อน เร่งปฏิกิริยา ได้สารประกอบที่ให้สีน้ำตาลและกลิ่นรสต่าง ๆ ทั้งที่พึงประสงค์ เช่น สีน้ำตาลที่เกิดขึ้นระหว่างการอบ การทอด เช่น เนื้อสัตว์ เบเกอรี (bakery) ปฏิกิริยานี้ยังมี

ความสำคัญต่อการเกิดสีและกลิ่นหอมที่ได้จาก การคั่วเมล็ดกาแฟ การทำคาราเมล โกโก้ ทอฟฟี่ ช็อกโกแลต น้ำปลา ซีอิ๊ว (fermented soy sauce)เป็นต้น

แต่ปฏิกิริยาเมลลาร์ด เป็นปฏิกิริยาที่ไม่พึงประสงค์ เกิดระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ผลิตภัณฑ์เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เช่น ใน นมผง ทุเรียนกวน เป็นต้น

2.8.1 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

2.8.1.1 น้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ทั้งน้ำตาลคีโตส (ketose) เช่น ฟรุกโตส (fructose) และน้ำตาลแอลโดส (aldose) เช่น กลูโคส (glucose) จะรวมตัวกับหมู่อะมิโน (RNH_2) ของ กรดอะมิโน ได้เป็นไกลโคซิลเอมีน

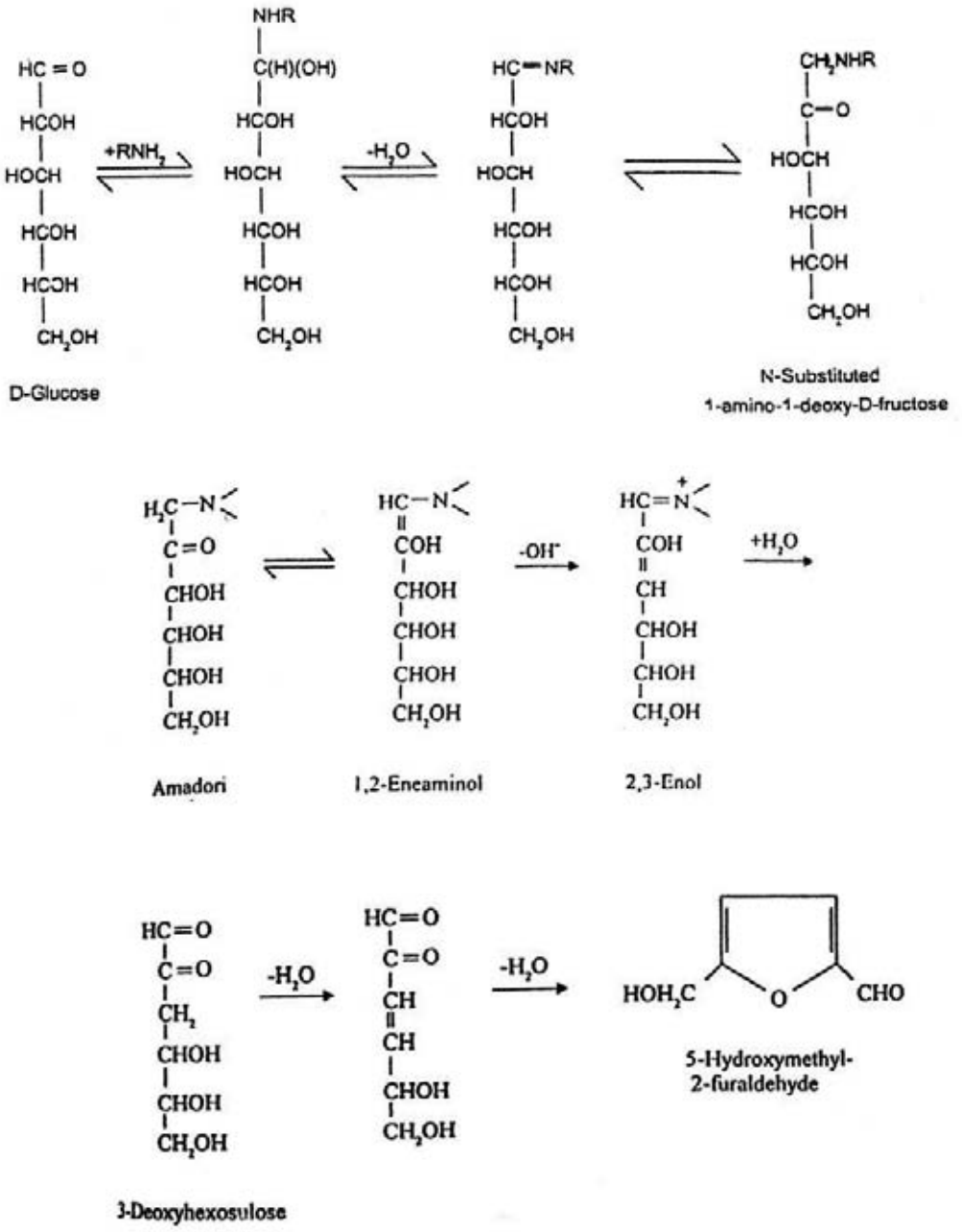
2.8.1.2 เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันได้เป็นอิมีน (imines หรือ Schiff base) และเกิดการเรียงตัวใหม่ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า การเรียงตัวแบบอามาโดริ (Amadori rearrangement) ได้เป็นแอลโดสเอมีน (aldoseamine) หรือ คีโตสเอมีน (ketoseamine) เรียกว่า สารประกอบอามาโดริ (Amadori compound) เช่น 1-อะมิโน-1-ดีออกซี-คีโตส ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องได้ เมื่อมีพีเอช 5 หรือต่ำกว่า

2.8.1.3 เกิดปฏิกิริยาอีโนไลซ์เซชันของสารประกอบอามาโดริ (Amadori compounds) ได้เป็นไดคีโตสเอมีนหรือไดอะมิโนซูการ์ เช่น 3-ดีออกซีเฮกโซซูโลส

2.8.1.4 เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันต่อได้เป็นอนุพันธ์ของฟูแรน (furan) ถ้าเป็นน้ำตาลเฮกโซส อนุพันธ์ฟูแรน คือ 5-ไฮดรอกซีเมทิล-2-เฟอรัลดีไฮด์ (5-hydroxymethyl-2-furaldehyde / HMF)

2.8.1.5 อนุพันธ์ฟูแรนวงแหวน เช่น HMF จะเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรซ์อย่างรวดเร็วกลายเป็นสารสีน้ำตาลที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วยและไม่ละลายน้ำ ซึ่งต่างจากการเกิดคาราเมไลเซชัน (caramelization) ซึ่งมีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว สารสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นนี้จึงเรียกว่า เมลานอยดิน (melanoidins) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาโมลต่อโมล (mole per mole reaction) ดังภาพที่ 2-4

ข้อสังเกตุ : ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาเมลลาร์ดนี้มีทั้งพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำและไม่ละลายในน้ำ



ที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/Maillard%20reaction

ภาพ 2-4 ขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด

2.9 **ระบบสี** NCS (NCS colour system)

ระบบสี NCS หรือชื่อเต็มทางภาษาอังกฤษว่า Natural colour system เป็นเป็นระบบสีที่ง่ายต่อการเข้าใจและนำไปใช้ ไม่ว่าจะสีใด ๆ ก็ตามในบรรดาสีที่มนุษย์สามารถเห็นนั้น สามารถระบุได้อย่างแม่นยำและใกล้เคียงด้วยระบบสี NCS รหัสสีของ NCS นั้น จะช่วยให้การสื่อสารด้านสีและการระบุสี เป็นไปอย่างถูกต้อง การจัดลำดับและการเรียงรหัสสีต่าง ๆ ของ NCS นั้นเป็นไปตามการรับรู้ด้านสีของมนุษย์ ซึ่งไม่มีความเกี่ยวข้องใด ๆ กับการผสมกันของสีเช่นปริมาณเนื้อสี หรือ ปริมาณหมึกพิมพ์ หรือแม้แต่ค่าการสะท้อนแสง

สีพื้นฐานของ NCS ประกอบด้วย 6 สีพื้นฐานดังภาพที่ 2-5

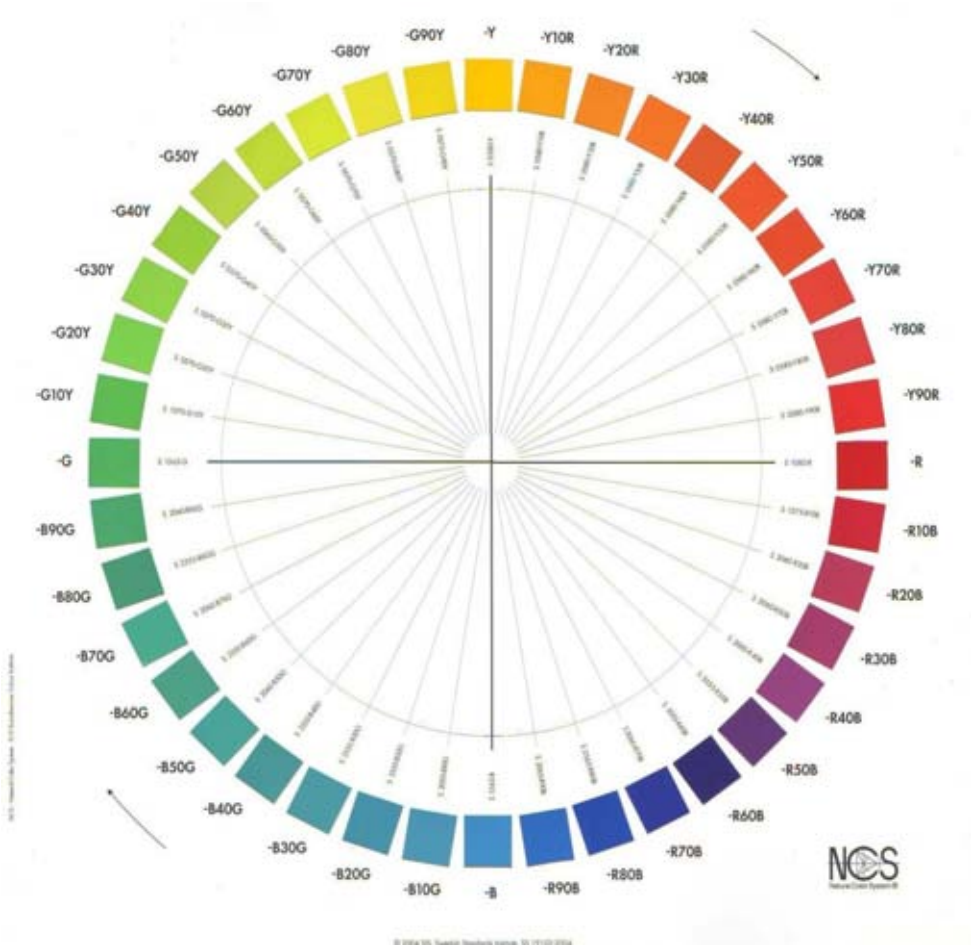
ภาพ 2-5 สีพื้นฐานของระบบสี NCS

สีพื้นฐานของ NCS นั้นประกอบด้วย 6 สี ซึ่งเป็นสีที่มนุษย์รับรู้ว่าเป็นสีที่บริสุทธิ์ ตัวอย่างเช่นสีแดงพื้นฐานของ NCS จะเป็นสีแดงที่เป็นสีแดงเท่านั้น ไม่ใช่สีแดงที่มีเหลืองเจือปน หรือ มีน้ำเงินเจือปน สีพื้นฐานหล่านี้เป็นสีที่สอดคล้องกับการรับรู้สีของสมองของมนุษย์

สีพื้นฐานของ NCS ทั้ง 6 สี จะประกอบด้วยสี เหลือง (Y) แดง (R) น้ำเงิน (B) เขียว (G) ขาว (W) และ ดำ (S) สีทั้งหมดที่เรามองเห็นสามารถอธิบายออกมาด้วยการผสมกันของค่าสีพื้นฐานทั้งหกสีนี้ ขึ้นกับว่าจะใช้สีไหนมากหรือน้อย ตัวอย่างเช่นสีส้ม จะเป็นส่วนผสมกันระหว่างสีพื้นฐานสองสีคือ แดงและเหลือง ซึ่งขึ้นกับว่าจะมีสัดส่วนของสีไหนมากกว่ากัน [24]

งานวิจัยนี้ใช้แถบระบบสี NCS เป็นตัวอย่างสีอ้างอิง ในการตอบแบบสอบถาม เพื่อเลือกเฉดสีของน้ำมะม่วงที่สามารถแสดงได้ และเฉดสีของน้ำมะม่วงที่ชอบ ดังแสดงในภาพที่ 2-5

เพราะระบบสี NCS เป็นระบบสีที่สะดวกต่อการสังเกตุ ไม่ซับซ้อน อีกทั้งยังบอกเฉพาะค่าสีสัน (Hue) ซึ่งไม่มีค่าความสว่างเข้ามาเกี่ยวข้อง



ภาพ 2-6 แถบสีระบบ NCS

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 ผู้ทำการวิจัยได้รับทุนความร่วมมือระหว่างคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับบริษัท Toyo Seikan Kaisha (Japan) ไปทำการวิจัยที่บริษัท Toyo Seikan Kaisha (Japan) ระหว่างวันที่ 1-31 ต.ค. 2553 ได้ทำการทดลองเรื่อง “การออกแบบโครงสร้างถุงหลายชั้นสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น” [25] โดยออกแบบถุงหลายชั้น 4 ชนิดได้แก่ PP 70 µm / Al 7 µm / PA 15 µm / BOPET 12 µm (ถุง 1), PP 70 µm / BOPET 12 µm (ถุง 2), PET 50 µm / Al 7 µm / PA 15 µm / BOPET 12 µm (ถุง 3), PET 70 µm / BOPET 12 µm (ถุง 4) ทำการบรรจุ

น้ำมะม่วงเข้มข้นภายใต้ภาวะออกซิเจนในอากาศต่ำกว่า 1% แล้วผ่านความร้อนฆ่าเชื้อโรค (sterilization) ที่อุณหภูมิ 85°C ระยะเวลา 3 นาที นำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บในถุง 3 มีการเปลี่ยนคุณภาพที่น้อยที่สุด และรองลงมาคือ ถุง 1 โดยมีความแตกต่างกันที่ค่าการดูดซึมกลิ่น (sorption) ของชั้นฟิล์มปิดผนึก ที่ฟิล์ม PET มีค่าการดูดซึมกลิ่นของชั้นปิดผนึกที่ต่ำกว่าฟิล์ม PP เพราะความเป็นรูพรุนในโครงสร้างของชนิดฟิล์มเอง แต่เมื่อนำมาพิจารณาการนำมาใช้บรรจุจริงในเชิงอุตสาหกรรมในประเทศไทย พบว่าชั้นปิดผนึกที่เป็นฟิล์ม PET มีสมบัติการปิดผนึกที่ไม่ดี จึงไม่สามารถนำมาใช้จริงได้ในอุตสาหกรรมในประเทศไทย ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกใช้ชั้นปิดผนึกเป็น CPP เป็นแทนเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2.10.2 O. O. Alaka และคณะ [26] ได้ศึกษาผลของภาวะในการเก็บรักษาที่มีผลต่อสมบัติของน้ำมะม่วงสายพันธุ์ออกโบโมโซ (Ogbomoso) โดยทำการบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นลงในบรรจุภัณฑ์สามชนิด คือ ถุง PE ขวด PET และ ขวดแก้ว จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 34°C 26°C และ 6°C พบว่าน้ำมะม่วงที่บรรจุในขวดแก้วมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงที่น้อยกว่า ขวด PET และ ถุง PE ตามลำดับ อันเนื่องมาจากสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจนที่ขวดแก้วสามารถกันได้ดีที่สุด และการเก็บรักษาน้ำมะม่วงที่อุณหภูมิต่ำ สมบัติของน้ำมะม่วงที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีทางอาหารจะมีการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุด

2.10.3 นางสาว วรวรรณ ภูษิตมงคลโชติ [27] ได้ศึกษาเรื่อง “ปัจจัยกาหนดอุปสงค์ไซรัปกล้วยหอมทองของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร” เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในการบริโภคไซรัปผลไม้โดยเฉพาะไซรัปจากกล้วยหอมทอง และปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออุปสงค์ไซรัปกล้วยหอมทองของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งไซรับกล้วยหอมทองนั้นมีความคล้ายคลึงกันกับน้ำมะม่วงเข้มข้นตรงที่เป็นไซรัปที่ผลิตจากผลไม้ภายในประเทศไทยเช่นกัน และเป็นไซรัปผลไม้ชนิดใหม่ จากผลการศึกษาพบว่าพฤติกรรมส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างมีดังนี้ ผลิตภัณฑ์ที่เคยรับประทานคือน้ำผึ้ง เมเปิลไซรัป คาราเมลไซรัปตามลำดับ โดยรับประทานเฉลี่ย 1-20 ครั้งต่อปี รับประทานเป็นอาหารว่างและอาหารเช้า รับประทานคู่กับวัฟเฟิล แพนเค้ก ไอศกรีม ชา/กาแฟ ตามลำดับเหตุผลที่รับประทานคือชอบกลิ่นและรสชาติ มีคุณค่าทางโภชนาการ และสะดวกในการรับประทาน บุคคลที่มีผลต่อการตัดสินใจรับประทานคือตนเอง และสถานที่ที่รับประทานคือที่บ้าน

และร้านอาหาร โดยมีกลุ่มตัวอย่างเพียงร้อยละ 7.78 ที่เคยรับประทานไซรัปกล้วยหอมทอง อีกทั้งปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจบริโภคและปริมาณการบริโภคไซรัปกล้วยหอมทองของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นปัจจัยเดียวกัน คือ ความชอบรับประทานไซรัป การให้คำแนะนาของพนักงานขายชื่อเสียงของไซรัปกล้วยหอมทอง การแจกผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง และราคาไซรัปกล้วยหอมทองนอกจากนี้การตัดสินใจบริโภคไซรัปกล้วยหอมทองมีปัจจัยที่กำหนดเพิ่มเติม คือ ความชอบกลิ่นและรสชาติกล้วยหอมทอง และเพศของผู้บริโภคซึ่งเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะตัดสินใจบริโภคมากกว่าเพศชาย ส่วนปริมาณการบริโภคไซรัปกล้วยหอมทองมีปัจจัยที่กำหนดเพิ่มเติม คือ ความต้องการส่งเสริมสินค้าไทย ดังนั้นผู้ผลิตควรทำการโฆษณาผลิตภัณฑ์ มีพนักงานขายแนะนำผลิตภัณฑ์ แจกผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง เพื่อสร้างแรงจูงใจในการบริโภคมากขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ฟิล์มพลาสติกชนิดต่าง ๆ

- ฟิล์มพอลิโพรพิลินชนิดหล่อ (CPP) ความหนา 30 ไมโครเมตร และ 60 ไมโครเมตร

- อะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) ความหนา 7 ไมโครเมตร

- ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลตเคลือบไอโลหะ (MPET) ความหนา 12 ไมโครเมตร

- ฟิล์มพอลิเอทิลีนเทเรฟแทเลต (PET) ความหนา 12 ไมโครเมตร

- ฟิล์มพอลิเอไมด์ (PA / nylon) ความหนา 15 ไมโครเมตร

3.1.2 เครื่องมือในการวิจัยต่าง ๆ

- เครื่องปิดผนึก SANGYO รุ่น TP-701-A

- เครื่องวัดสีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ Hunter Lab รุ่น ColorQuest XT ขนาดของเซลล์ 10 มิลลิเมตร

- กล้องถ่ายรูป Casio รุ่น EX-FH20

- เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง Denver instrument รุ่น Model 225

- เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ATAGO รุ่น N3 วัดค่า ºBrix อยู่ในช่วง 58-90%

- เครื่องวัดความดำ ชนิดส่องผ่าน (transmission densitometer) FAG รุ่น VIPDENS 602

- เครื่องวัดการซึมผ่านของออกซิเจน Illinois Instruments รุ่น 8003 Oxygen Permeation Analyzer

- เครื่องวัดการซึมผ่านของไอน้ำ Illinois Instruments รุ่น 7001 Water vapor Permeation Analyzer

- เครื่องวัดอุณหภูมิในการปิดผนึก และความแข็งแรงของแนวปิดผนึก (seal strength) IDM Instrument รุ่น ESCM Laboratory Heat Sealer

- แถบสีระบบ NCS

3.1.3 น้ำมะม่วงเข้มข้นจากมะม่วงแก้ว และมะม่วงแรด ผลิตโดยสถาบันเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้น ทำถุงฟิล์มหลายชั้น และวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มหลายชั้น

3.2.1.1 ทำการสำรวจตลาดบรรจุภัณฑ์พลาสติกหลายชั้นประเภทถุงบรรจุอาหารและเครื่องดื่มพบว่า ส่วนใหญ่จะใช้โครงสร้าง 2 ชั้นได้แก่ CPP 60 µm /PA 15 µm เพื่อบรรจุน้ำผลไม้ต่าง ๆ และไส้กรอก เป็นต้น งานวิจัยนี้ออกแบบโครงสร้างฟิล์มหลายชั้นเพิ่มเติม ที่คาดว่าจะสามารถถนอมยืดอายุของน้ำมะม่วงได้ดีกว่าในท้องตลาด และสามารถลดต้นทุนได้ ดังนี้

- CPP 30 µm / Al 7 µm / PET 12 µm (ถุง 1) โดยเลือกชั้น CPP เป็นชั้นปิดผนึก เพราะ CPP สมบัติการปิดผนึกที่ดี และไม่ทำปฏิกิริยากับอาหาร ชั้นอะลูมิเนียมฟอยล์ (Al) ใช้เพื่อต้องการสมบัติการ

กั้น (barrier) ที่ยอดเยี่ยม ทั้งทางด้านแก๊ส ไอน้ำ และแสง ส่วนชั้น PET สามารถพิมพ์ติดได้ดี และมีสมบัติการกั้นที่ดี

- CPP 30 µm /MPET 12 µm / PET12 µm (ถุง 2) เหตุผลในการเลือกค้ายคลึงกับถุง 1 แตกต่างที่ชั้น MPET นำมาใช้เพื่อลดต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าการเลือกใช้อะลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนสมบัติที่ได้นั้นมีความใกล้เคียงกับโครงสร้างของถุง 1 มากแต่อาจจะด้อยกว่าเล็กน้อย

- CPP 60 µm / PA 15 µm (ถุง 3) เนื่องจาก CPP มีสมบัติการกั้นแก๊สที่ไม่ดี และไนลอนมีสมบัติการกั้นแก๊สที่ดีและสามารถพิมพ์ติดได้ดี จึงได้นำมาจับคู่กับเพื่อแก้ไขข้อด้อยทางด้านการกันแก๊ส ที่คาดว่าจะมีผลต่อการเก็บรักษาอาหารมากที่สุด และยังถือว่าเป็นโครสร้างพื้นฐานที่สามารถผลิตได้ง่ายเพราะมีเพียง 2 ชั้นและราคาถูกที่สุดในโครงสร้างทั้งหมดในการวิจัยนี้

โดยฟิล์มทั้งหมดได้รับการอนุเคราะห์จากบริษัทพริ้นท์มาสเตอร์ จำกัด ซึ่งทำการลามิเนตฟิล์มชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ตามโครงสร้างข้างต้น หลังจากการลามิเนตแล้ว มีการเก็บรักษาฟิล์มในห้องเก็บฟิล์มลามิเนตเป็นเวลา 3 วันเพื่อให้ไอระเหยออกไปจากชั้นกาว

3.3.1.2 ขึ้นรูปถุงด้วยวิธีการปิดผนึกสองด้านของถุง ด้วยเครื่องปิดผนึกยี่ห้อ SANGYO รุ่น TP-701-A ที่อุณหภูมิ 155ºC ใช้เวลาในการปิดผนึก 1 วินาที

3.3.1.3 ทำการวิเคราะห์สมบัติของฟิล์มหลายชั้น วิเคราะห์จากตัวอย่างจำนวน 5 ตัวอย่างต่อฟิล์มหลายชั้นแต่ละชนิด หาค่าต่ำสุดและสูงสุด จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยวิเคราะห์สมบัติดังนี้

- สมบัติการกันแก๊ส ด้วยเครื่องวัดการซึมผ่านของออกซิเจน (oxygen permeation analyzer) ตามวิธีการของ ASTM F1249-90 ภาวะในการทดสอบ

คือ อุณหภูมิ 37.8ºC ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 90% ถ้าค่าการซึมผ่านของออกซิเจนมีค่าสูง แสดงถึงออกซิเจนสามารถซึมผ่านฟิล์มหลายชั้นได้มาก ซึ่งหมายถึงสมบัติการกันแก๊สที่ไม่ดี มีหน่วยเป็น $cc/m^2/day$

- สมบัติการกันซึมน้ำ ด้วยเครื่องวัดการซึมผ่านของไอน้ำ (water vapor permeation analyzer) ตามวิธีการของ ASTM D3985-81 ภาวะในการทดสอบ คือ อุณหภูมิ 23ºC ความชื้นสัมพัทธ์ที่ 0% ถ้าค่าการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าสูง แสดงถึงไอน้ำสามารถซึมผ่านฟิล์มหลายชั้นได้มาก ซึ่งหมายถึงสมบัติการกันซึมน้ำที่ไม่ดี มีหน่วยเป็น $g/m^2/day$

- สมบัติการส่องผ่านของแสง เครื่องวัดความดำ ชนิดส่องผ่าน (transmission densitometer) เพื่อวัดปริมาณแสงที่ผ่านฟิล์มหลายชั้น โดยแสดงผลเป็นค่าความดำชนิดส่องผ่าน (transmittance density) ค่าความดำแปรผกผันกับปริมาณแสงที่ส่องผ่าน มีค่าสูงสุดคือ 2.5 หมายถึงแสงไม่สามารถส่องผ่านได้ 100% และค่าต่ำสุดคือ 0.0 หมายถึงแสงสามารถส่องผ่านได้ 100%

- อุณหภูมิในการปิดผนึก และความแข็งแรงของแนวปิดผนึก (seal strength) ด้วยเครื่องวัดอุณหภูมิในการปิดผนึก และความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ซึ่งเป็นเครื่องทดสอบที่ตั้งอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ จึงทำให้สามารถทดสอบช่วงอุณหภูมิที่ปิดผนึกได้ โดยค่าอุณหภูมิเริ่มต้นปิดผนึกติด (seal initial temperature, SIT) คือ ค่าอุณหภูมิสูงที่สุดที่ฟิล์มไม่เสียสภาพ โดยทดสอบที่ภาวะเวลาในการปิดผนึก 1 วินาที ที่แรงดันในการกด 2 atm ส่วนความแข็งแรงของแนวปิดผนึก คือ ค่าแรงดึงสูงที่สุด ที่ทำให้แนวปิดผนึกแยกออกจากกัน ตัวอย่างเช่น มีค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึก 2 kg/15 mm หมายความว่า ค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึกมีค่าตั้งแต่ 2 kg/15 mm ขึ้นไป สำหรับโครงสร้างของฟิล์มหลายชั้นที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ โดยขึ้นอยู่กับโครงสร้างและฟิล์มชั้นปิดผนึก

3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 บรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยความร้อน และนำไปเก็บรักษา

3.3.2.1 ทำการบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นลงในถุงเป็นปริมาตร 10 มิลลิลิตร และฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีให้ความร้อนด้วยวิธีการต้มที่อุณหภูมิประมาณ 80ºC เวลา 3 นาที จากนั้นปล่อยทิ้งไว้ ณ อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีเพื่อเป็นการปรับอุณหภูมิ ก่อนนำไปเก็บรักษา

3.3.2.2 เก็บรักษาถุงที่ทำการบรรจุแล้วบรรจุลงในกล่องกระดาษ เพื่อจำลองสภาพจริงของบรรจุภัณฑ์ในการจำหน่าย ณ อุณหภูมิห้อง โดยอ้างอิงอุณหภูมิจากการรายงานของกรมอุตุนิยมวิทยาในเดือนมีนาคมที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30ºC [ดูภาคผนวก ข] และ เก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 6ºC ส่วนตัวอย่างอ้างอิง เก็บในห้องแช่แข็งอุณหภูมิ 0ºC

3.3.3 ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์คุณภาพน้ำมะม่วงเข้มข้น ตามช่วงเวลาที่กำหนด

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงทุก ๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ เทียบกับคุณภาพของน้ำมะม่วงก่อนบรรจุ โดยวิเคราะห์จากตัวอย่างจำนวน 3 ตัวอย่างต่อภาวะในการเก็บรักษาแต่ละชนิด จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังนี้

3.3.3.1 การเกิดสีน้ำตาล (browning)

- ด้วยเครื่องวัดสีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ วัดค่าสีเป็นค่า L*a*b* เพื่อแสดงตำแหน่งพิกัดของค่าสีบนปริภูมิสี L*a*b* เปรียบเทียบระยะห่างระหว่างค่าสีของน้ำมะม่วงก่อนบรรจุ กับค่าสีของน้ำมะม่วงที่ภาวะต่าง ๆ

- บันทึกด้วยกล้องถ่ายรูป ภายใต้ตู้แสง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง D65 ระยะห่างจากเลนส์ ถึงตัวอย่าง 20 เซ็นติเมตร

ตั้งค่ากล้องถ่ายรูปดังนี้

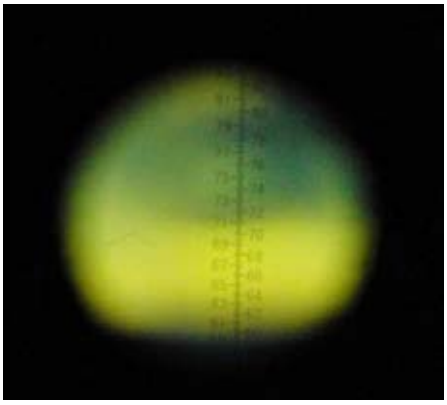
- ค่าเปิดรูรับแสง F/7.7
- ระยะเวลาในการรับแสง 1/10 วินาที

- ค่าความไวแสง ISO-100
- การชดเชยค่าสีของแหล่งกำเนิดแสง เป็นชนิด daylight

จากนั้น นำรูปที่ได้มาวิเคราะห์เปรียบเทียบการมองเห็นเปรียบต่างสีด้วยตาเปล่า

3.3.3.2 ความเป็นกรด-ด่าง โดยทั่วไปเมื่ออาหารเกิดกระบวนการแปรสภาพ และกระบวนการหมักเกิดขึ้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง มักจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

3.3.3.3 ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่รวมทั้งหมด (total soluble solid / องศาบริกซ์ / ºBx) ในน้ำมะม่วงเข้มข้น ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ เนื่องจากน้ำมะม่วงเข้มข้นมีลักษณะเป็นสารประกอบ ลักษณะปรากฏในการวัดนั้นจึงไม่คมชัดเหมือนสารบริสุทธิ์ โดยจะมีลักษณะเป็นหมอกมัว ๆ แต่มีแนวเส้นให้ประมาณได้ด้วยสายตาดังแสดงในภาพที่ 3-1 ซึ่งค่าที่ได้อาจมีการคลาดเคลื่อนมาจากผู้สังเกตุ

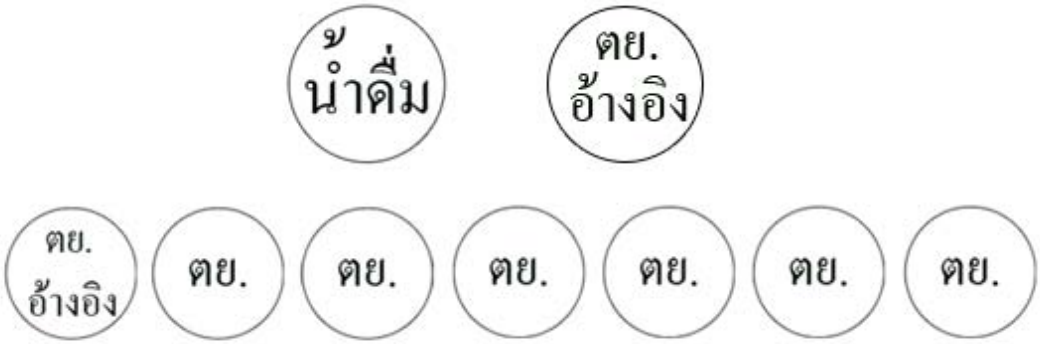


ภาพ 3-1 ลักษณะน้ำมะม่วงเข้มข้นที่มองผ่านรีแฟรกโตมิเตอร์ในการวัดค่าองศาบริกซ์

3.3.3.4 ความพึงพอใจในรสชาติและกลิ่น และประเมินแบบสอบถาม (วัดเฉพาะสัปดาห์สุดท้าย)

วิธีการทดสอบนี้ใช้วิธีที่เรียกว่า “Saitenho” ที่นิยมใช้ในประเทศญี่ปุ่น [28] เป็นวิธีการแปลงค่าความรู้สึกของมนุษย์ออกมาเป็นค่าตัวเลข ซึ่งเป็นวิธีการที่ประเมินความแตกต่างของคุณภาพของอาหารที่ต้องการระหว่างตัวอย่างอ้างอิงกับตัวอย่างที่ต้องการ ซึ่งมีการเรียงตัวอย่าง

อ้างอิงปนอยู่ในตัวอย่างที่ต้องการทำการทดสอบด้วย วิธีการนี้ใช้เมื่อมีตัวอย่างที่ต้องการประเมินจำนวนมาก โดยแบบสอบถามจะให้คะแนนความพึงพอใจของ รสชาติ และ กลิ่น ของน้ำมะม่วงเข้มข้น หลังจากการเจือจางด้วยน้ำดื่มสะอาดในอัตราส่วนน้ำมะม้วงเข้มข้น 1 ส่วน ต่อ น้ำดื่มสะอาด 5 ส่วน โดยให้เกณฑ์การให้คะแนนตั้งแต่ -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 ค่าป็น – คือรู้สึกพอน้อยกว่าตัวอย่างอิง และค่าเป็น + คือพอใจมากกว่าตัวอย่างอ้างอิง ส่วนค่าเป็น 0 คือพอใจเท่ากับตัวอย่างอ้างอิง [ดูภาคผนวก ค] ตัวอย่างอ้างอิงบรรจุในขวดแก้วสีชา เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0ºC โดยผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 15 คน ซึ่งก่อนทำการตอบแบบสอบถาม มีการให้ความรู้ก่อนตอบแบบสอบ จากนั้นให้ทำความสะอาดช่องปากและลิ้นด้วยการบ้วนปากด้วยน้ำเปล่าก่อนการทดสอบ เพื่อเป็นการปรับการรับรู้ของลิ้นให้พร้อมต่อการทำแบบสอบถาม ตำแหน่งการวางของตัวอย่างในการชิมนั้นมีการสุ่มวาง สลับลำดับของตัวอย่าง เพื่อไม่ให้ลำดับในการชิมมีผลต่อการตัดสินใจ ดังภาพที่ 3-2 ตำแหน่งการวางตัวอย่างในการชิม โดยมีน้ำดื่มสะอาดให้ดื่มหลังจากที่ชิมตัวอย่างเสร็จแล้ว เพื่อทำความสะอาดช่องปาก ก่อนทำการชิมตัวอย่างต่อไป ซึ่งตัวอย่างที่ 1 ถึงตัวอย่างที่ 6 จะมีการสุ่มเรียงลำดับตำแหน่ง



ภาพ 3-2 ตำแหน่งการวางตัวอย่างในการชิม

3.3.4 ขั้นตอนที่ 4 ทำแบบสอบถามเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วงเข้มข้น

ทำแบบสอบถามเชิงคุณภาพความพึงพอใจเฉดสีของน้ำมะม่วง ความต้องการลักษณะการใช้งานของบรรจุภัณฑ์ เหตุผลในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง เป็นต้น [ดูภาคผนวก ง] เพื่อนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในออกแบบสี ภาพกราฟฟิก ของบรรจุภัณฑ์ ให้ดึงดูดผู้บริโภค และเป็น

แนวทางในการผลิตสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น โดยทำแบบสอบถามสีของน้ำมะม่วงที่ชอบ สอบถามนิสิตชายและหญิงในช่วงอายุ 18-30 ปี ของคณะต่าง ๆ ภายใต้ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้แก่ คณะวิทยาศาสตร์, คณะนิเทศศาสตร์, คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี, วิศวกรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, คณะศิลปกรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์, คณะสหเวชศาสตร์ และ คณะอักษรศาสตร์ จำนวนรวมทั้งสิ้น 60 คน โดยใช้ตัวอย่างแถบสีระบบ NCS เป็นมาตรฐานอ้างอิง ภายใต้แสงในร่ม ระยะห่างประมาณ 30 เซ็นติเมตร ก่อนตอบแบบสอบถามมีการให้ความรู้และอธิบายแถบสี NCS ก่อนตอบแบบสอบถาม

3.3.5 ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์เปรียบเทียบ และประเมินผลการทดลอง

นำข้อมูลที่ได้มา วิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างสมบัติของถุง กับคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้นหลังจากการบรรจุแล้ว และข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อการออกแบบบรรจุภัณฑ์ จากนั้นประเมินผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยนี้สามารถแบ่งผลการทดลองได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ สมบัติของถุงหลายชั้น เพื่อทราบข้อมูลของสมบัติต่าง ๆ ของถุงหลายชั้นที่ต้องการที่มีผลต่อการรักษาคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น ได้แก่ สมบัติการสมบัติการกันซึมของอากาศและน้ำ สมบัติการส่องผ่านของแสง อุณหภูมิในการปิดผนึก และความแข็งแรงของการปิดผนึก การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น เพื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของน้ำมะม่วงเข้นข้นในภาวะต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้ ในการหาภาวะที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาน้ำมะม่วงเข้มข้น และความพึงพอใจในการเลือกบรรจุภัณฑ์ และสีของน้ำมะม่วง เพื่อนำข้อมูลที่ได้เป็นแนวทางในการออกแบบบรรจุภัณฑ์ในอนาคต

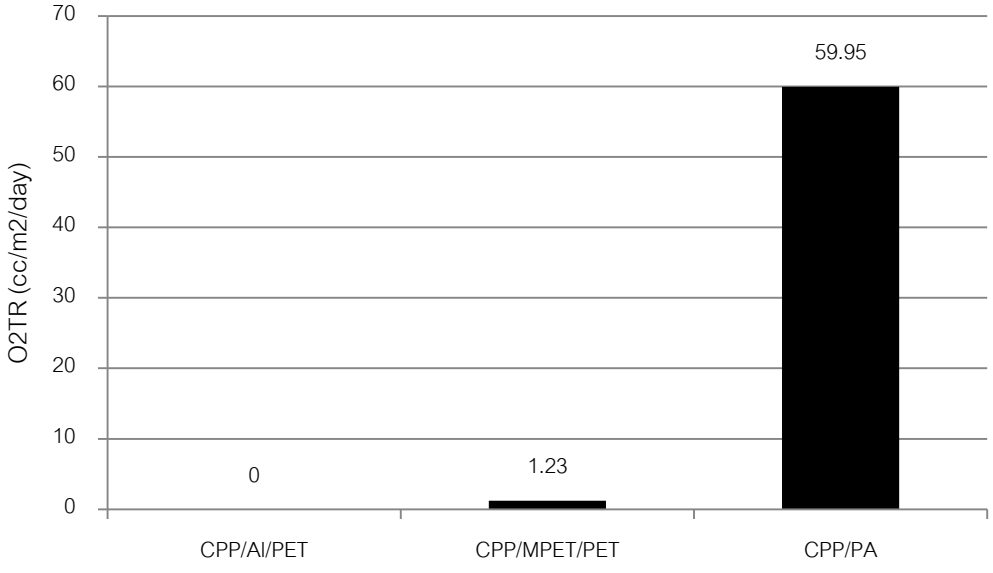
4.1 สมบัติของถุงหลายชั้น

การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าออกซิเจนมีผลในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้น้ำมะม่วงเข้มเข้นเปลี่ยนสภาพไป โดยเฉพาะปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ดของน้ำมะม่วงเข้มข้น ซึ่งเกิดจากน้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ถ้ามีออกซิเจนปริมาณมาก ทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซิงจำนวนมากเช่นกัน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยา อีกทั้งออกซิเจนยังไวต่อการทำปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ อีกด้วย โดยถ้าค่าการซึมผ่านของออกซิเจนมีค่าสูง แสดงว่าออกซิเจนมาสามารถซึมผ่านฟิล์มหลายชั้นได้มาก ทำให้สมบัติการกั้นแก๊สต่ำ จากตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) ของถุง 3 ชนิด และภาพที่ 4-1 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) ของถุง 3 ชนิด พบว่าถุงฟิล์มหลายชั้น 3 ชนิดมีการซึมผ่านของออกซิเจนที่น้อย โดยถุง 1 มีโครงสร้าง CPP 30 μm / Al 7 μm / PET 12 μm มีการซึมผ่านของออกซิเจนเท่ากับ 0 กล่าวคือไม่มีการซึมผ่านของออกซิเจนเลย เนื่องมาจากชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสมบัติการกั้นที่ยอดเยี่ยม โดยเนื้อของอะลูมิเนียมฟอยด์นั้นมีความหนาแน่นมากจนออกซิเจนไม่สามารถทะลุผ่านได้ รองลงมาที่ถุง 2 มีโครงสร้าง CPP 30 μm /MPET 12 μm / PET12 μm มีค่าการซึมผ่านของออกซิเจน ที่มากขึ้นกว่าถุง 1 เล็กน้อยเพียงแค่ 1.23 $cc/m^2/day$ เนื่องจากสมบัติของฟิล์ม MPET ที่มีสมบัติการกั้นที่ดีมาก แต่ไม่สมบูรณ์แบบเท่าอะลูมิเนียมฟอยล์

เพราะ MPET เป็นเพียงฟิล์ม PET เคลือบด้วยไออะลูมิเนียมบาง ๆ แต่มีข้อดีที่ราคาของฟิล์ม MPET จะต่ำกว่าอะลูมิเนียมฟอยล์ จึงนับว่าเป็นทางเลือกสำรองที่ดี ส่วนในถุง 3 มีโครงสร้าง CPP 60 µm / PA 15 µm มีการซึมผ่านของออกซิเจนที่สูงที่สุดในโครงสร้างทั้ง 3 ถุง โดยค่าประมาณ 59.95 cc/m^2/day แต่ไม่ถือว่าสูงสำหรับการบรรจุอาหาร โดย CPP มีสมบัติกันแก๊สที่ไม่ดี ส่วนฟิล์ม PA มีสมบัติกันแก๊สที่ดี เมื่อนำมาจับคู่กับจึงสามารถทดแทนข้อด้อยในด้านกันกันแก๊สที่ไม่ดีลงได้ในระดับหนึ่ง ไม่ได้สมบูรณ์แบบเท่ากับที่มีชั้นอะลูมิเนียมฟอยล์ เพราะออกซิเจนมีอำนาจการทะลุทะลวงและความแรงในการทำปฏิกิริยาที่สูง ดังนั้นพลาสติกที่มีความพรุนในเนื้อจึงไม่สามารถกันออกซิเจนได้ 100%

ตาราง 4-1 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) ของถุง 3 ชนิด

	ค่า O_2TR (cc/m^2/day)			
ขนิดของฟิล์มหลายชั้น	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถุง 1 (CPP/Al/PET)	0.00	0.00	0.00	0.00
ถุง 2 (CPP/MPET/PET)	1.23	1.23	1.23	0.00
ถุง 3 (CPP/PA)	59.70	60.20	59.95	0.35

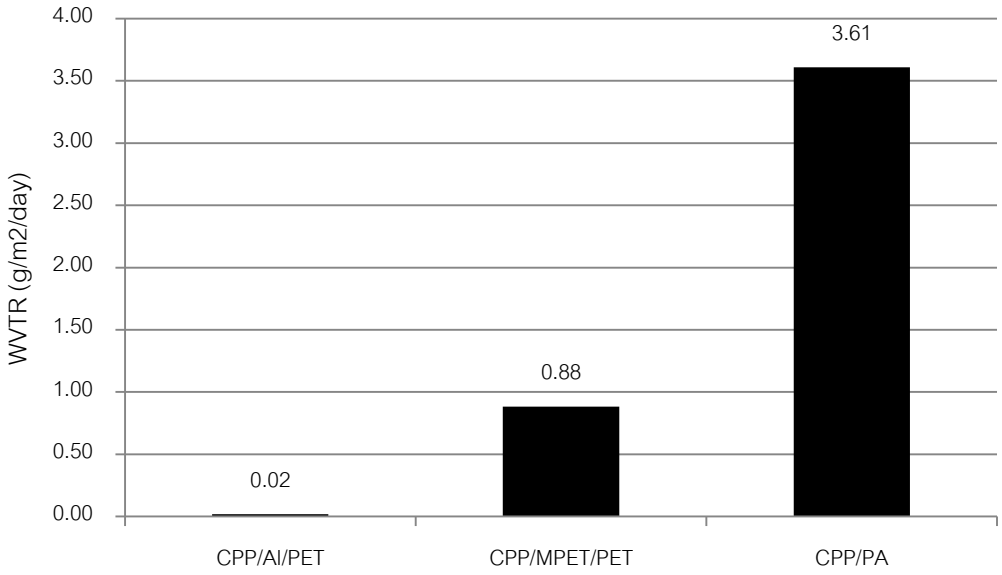


ภาพ 4-1 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน (O_2TR) ของถุง 3 ชนิด

การวิจัยนี้คาดว่าไอน้ำจะมีผลในการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้น้ำมะม่วงเข้มเข้นเปลี่ยนสภาพไป และโดยเฉพาะปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำมะม่วงเข้มข้น โดยขั้นตอนการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ด จะเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งจำเป็นต้องมีน้ำเป็นส่วนประกอบในการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าว ถ้าค่าการซึมผ่านของไอน้ำมีค่าสูง แสดงว่าไอน้ำสามารถซึมผ่านฟิล์มหลายชั้นได้ปริมาณมาก ทำให้สมบัติการกันซึมน้ำต่ำ จากตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด และภาพที่ 4-2 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด พบว่าถุงฟิล์มหลายชั้นทั้ง 3 ชนิด มีการซึมผ่านของไอน้ำที่น้อยมาก เหมาะสมแก่การนำมาบรรจุของเหลว โดยถุง 1 ที่มีโครงสร้าง CPP 30 μm / Al 7 μm / PET 12 μm มีการซึมผ่านของไอน้ำเท่ากับ 0.2 กล่าวคือไม่ถือว่ามีการซึมผ่านของไอน้ำเลย เนื่องมาจากชั้นของอะลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสมบัติการกั้นที่ยอดเยี่ยม โดยเนื้อของอะลูมิเนียมฟอยด์นั้นมีความหนาแน่นมากเกินกว่าไอน้ำสามารถทะลุผ่านได้ รองลงมาที่ถุง 2 ที่มีโครงสร้าง CPP 30 μm /MPET 12 μm / PET12 μm มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำ ที่มากขึ้นกว่าถุง 1 โดยมีค่า 0.88 g/m^2/day เนื่องจากสมบัติของฟิล์ม MPET ที่มีสมบัติการกั้นที่ดีมาก แต่ไม่สมบูรณ์แบบเท่าอะลูมิเนียมฟอยล์ ส่วนในถุง 3 ที่มีโครงสร้าง CPP 60 μm / PA 15 μm มีการซึมผ่านของไอน้ำที่สูงที่สุดในโครงสร้างทั้ง 3 ถุง โดยค่าประมาณ 3.16 g/m^2/day แต่ไม่ถือว่าสูงสำหรับการนำไปบรรจุอาหาร เพราะไนลอนมีการซึมผ่านของน้ำที่สูง ทำให้ไอน้ำซึมผ่านเข้ามาได้มาก แต่ไม่สามารถผ่านเข้าไปในถุงได้มากเพราะ CPP มีสมบัติการกันไอน้ำที่ดี ทำให้มีค่าการซึมผ่านของไอน้ำที่ไม่สูงมากจนเกินไป

จากตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด

	ค่า WVTR (g/m^2/day)			
ขนิดของฟิล์มหลายชั้น	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถุง 1 (CPP/Al/PET)	0.018	0.017	0.018	0.001
ถุง 2 (CPP/MPET/PET)	0.809	0.954	0.882	0.103
ถุง 3 (CPP/PA)	3.600	3.620	3.610	0.014

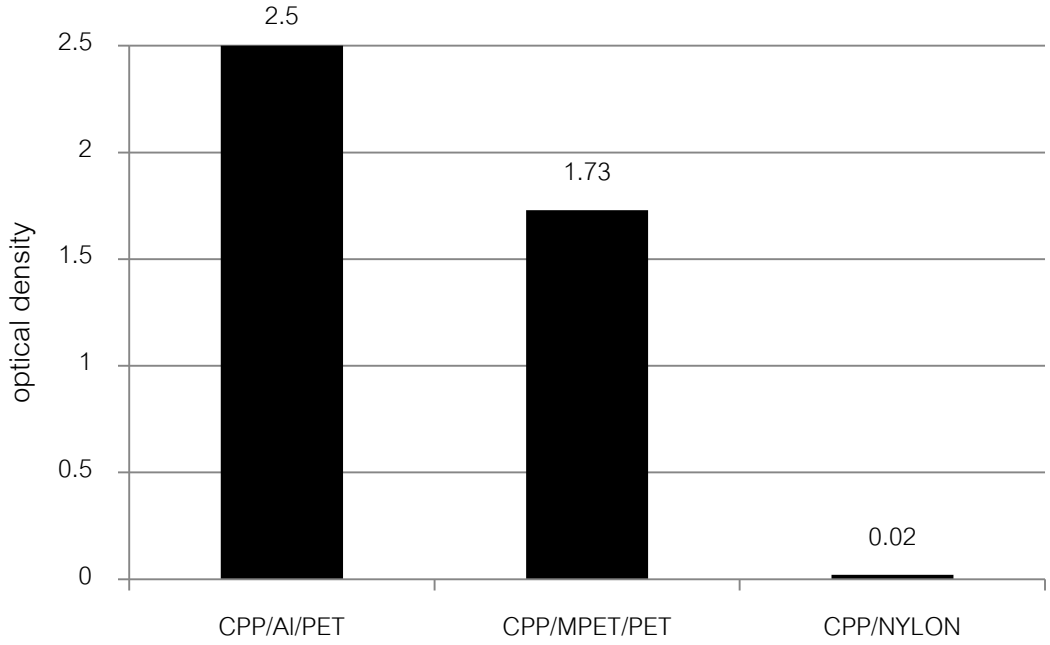


ภาพ 4-2 เปรียบเทียบสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำ (WVTR) ของถุง 3 ชนิด

งานวิจัยนี้วัดค่าความดำชนิดส่องผ่านเพื่อต้องการทราบถึงสมบัติการส่องผ่านของแสง เครื่องวัดความดำชนิดส่องผ่านนั้นมีหลักการทำงานคือฟิล์มที่ต้องการวัดค่าความดำ จะอยู่ตรงกลางระหว่างตัวตรวจจับแสง (light sensor) และแหล่งกำเนิดแสง (light source) เพื่อวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านมา โดยถ้าค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าแสงสามารถส่องผ่านได้ 100% และถ้ามีค่า 2.5 หมายความว่าแสงไม่สามารถส่องผ่านได้ 100% เช่นเดียวกัน โดยคาดว่าสมบัติการกันแสงนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมะม่วงเข้มข้น เพราะแสงสามารถกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระได้ ซึ่งจะเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้รวดเร็วยิ่งขึ้น จากตารางที่ 4-3 เปรียบเทียบค่าความดำชนิดส่องผ่านของถุงหลายชั้น 3 ชนิด และภาพที่ 4-3 เปรียบเทียบค่า TD ของถุงหลายชั้น 3 ชนิด พบว่าถุง 1 ที่มีชั้นอะลูมิเนียมฟอยล์แสงไม่สามารถผ่านได้ คือมีค่าความดำชนิดส่องผ่าน 2.5 เพราะอะลูมินัมฟอยล์มีสมบัติการกั้นที่ยอดเยี่ยม มาจากความหนาแน่นของเนื้อโลหะเอง ทำให้แสงไม่สามารถส่องผ่านได้ ส่วนในถุง 2 มีค่าความดำชนิดส่องผ่าน 1.73 กล่าวคือแสงสามารถส่องผ่านได้บางส่วน แต่ไม่สามารถระบุอย่างแน่ชัดได้ว่ามากน้อยเพียงใด สาเหตุที่มีแสงส่องผ่านได้บางส่วน เพราะ MPET เป็นเพียงไอโลหะบาง ๆ ที่เคลือบอยู่บนฟิล์ม PET ทำให้สามารถกั้นแสงได้เพียงบางส่วน และฟิล์ม PET เป็นฟิล์มใส ส่วนถุง 3 เป็นถุงใสแสงสามารถส่องผ่านได้ เพราะมีค่าความดำชนิดส่องผ่านที่ 0.02

ตาราง 4-3 เปรียบเทียบค่าความดำชนิดส่องผ่านของถุงหลายชั้น 3 ชนิด

	ค่า transmittance density (TD)			
ชนิดของฟิล์มหลายชั้น	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ถุง 1 (CPP/Al/PET)	2.50	2.50	2.50	0.00
ถุง 2 (CPP/MPET/PET)	1.67	1.73	1.70	0.04
ถุง 3 (CPP/PA)	0.03	0.01	0.02	0.01



ภาพ 4-3 เปรียบเทียบค่า TD ของถุงฟิล์มหลายชั้น 3 ชนิด

ในการอุสหากรรมการผลิตขึ้นรูปถุงฟิล์มหลายชั้น และการบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น อุณหภูมิในการปิดผนึกนั้นมีผลต่อต้นทุนและเวลาในสายการผลิต ถ้าสามารถใช้อุณหภูมิที่ต่ำในการปิดผนึกแล้วได้ความแข็งแรงในแนวปิดผนึกที่ดี จะช่วยลดต้นทุนทางด้านการใช้พลังงานได้ และค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึกจะส่งผลต่อความแข็งแรงของถุงบรรจุภัณฑ์ที่ไม่แตกง่ายจนเกินไปเมื่อได้รับแรงกดทับ โดยค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึกที่ยอมรับว่าเป็นอุณหภูมิเริ่มในการผนึกติดคือมีค่าประมาณ 2 kg/15mm จากตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ณ อุณหภูมิต่าง ๆ มีความสัมพันธ์

กับต้นทุนในการผลิต พบว่าถุงที่ใช้อุณหภูมิในการปิดผนึกที่ต่ำที่สุดคือ ถุง 3 ณ อุณหภูมิ 126ºC เพราะว่ามีฟิล์มชั้นนอกนั้นบางที่สุด เพียง 15 ไมโครเมตร ที่ติดกับชั้นฟิล์ม CPP ที่เป็นฟิล์มปิดผนึก ในขณะที่ ถุง 1 ฟิล์มชั้นนอก 2 ชั้นรวมกันมีความหนา 19 ไมโครเมตร และ ถุง 2 ฟิล์มชั้นนอก 2 ชั้นรวมกันมีความหนา 24 ไมโครเมตร และอีกเหตุผลคือความหนาของฟิล์ม CPP ในถุง 3 มีความหนาที่สุดคือ 60 ไมโครเมตร ในขณะที่ ถุง 1 และถุง 2 มีชั้น CPP มีความหนา 30 ไมโครเมตร โดยเครื่องวัดความแข็งแรงของแนวปิดผนึก จะอ้างอิงอุณหภูมิในการเริ่มปิดผนึก กับความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ซึ่งมีค่าประมาณ 2 kg/15mm ซึ่งชั้น CPP ที่หนาของถุง 3 จึงทำให้ความแข็งแรงของการปิดผนึกสูงกว่าทั้งสองถุง และทำให้อุณหภูมิในการเริ่มปิดผนึกที่ต่ำกว่าถุงทั้งสอง

ตารางที่ 4-4 เปรียบเทียบค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึก ณ อุณหภูมิต่าง ๆ กัน

	ค่าความแข็งแรงของแนวปิดผนึก (seal strength) (kg/15mm)		
อุณหภูมิ	CPP 30 µm / Al 7 µm / PET12 µm	CPP 30 µm / MPET12 µm / PET12 µm	CPP 60 µm / PA 15 µm
123ºC	-	-	1.47 – 1.48
126ºC	-	-	3.37 – 3.38 *
129ºC	-	-	3.43 – 3.99
132ºC	-	-	3.72 – 4.21
135ºC	0.78 – 0.86	0.99 – 1.00	4.38 – 4.39
138ºC	1.94 – 2.43 *	1.96 – 2.27 *	4.17 – 4.47
141ºC	2.33 – 2.35	2.44 – 2.64	4.05 – 4.27
144ºC	2.50 – 2.54	2.25 – 2.49	3.90 – 4.07
147ºC	2.61- 2.66	2.40 – 2.70	3.84 – 3.87
150ºC	2.80 – 3.27	2.49 - 2.56	4.13 – 4.57

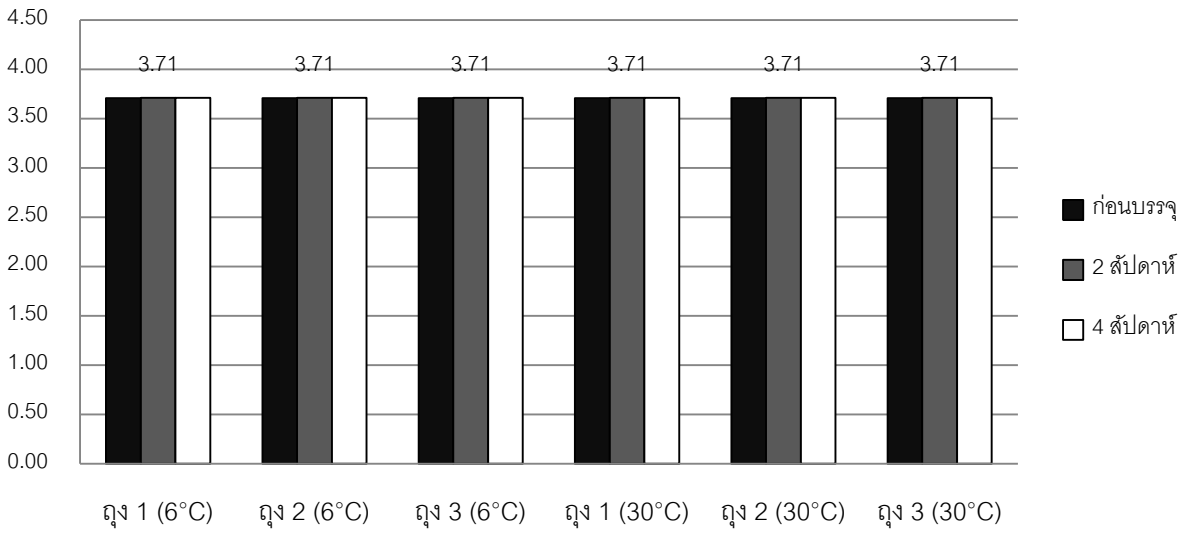
* คืออุณหภูมิในการเริ่มปิดผนึก

4.2 การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น

โดยทั่วไปเมื่ออาหารเกิดปฏิกิริยาเคมีใด ๆ เกิดขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงค่ากรด-ด่าง จากตารางที่ 4-5 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ และภาพที่ 4-4 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในค่ากรด-ด่าง แสดงว่าไม่การเกิดปฏิกิริยาเคมีทางอาหาร เช่นการหมัก (fermentation) ที่ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้นนี้ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยของการซึมผ่านของออกซิเจน ไอน้ำ แสง และอุณหภูมิในการเก็บรักษาก็ตาม

ตาราง 4-5 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

	ค่ากรด-ด่าง						
	เก็บรักษาที่ 6°C			เก็บรักษาที่ 30°C			
	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ก่อนบรรจุ	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	0.01
2 สัปดาห์	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	0.01
4 สัปดาห์	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	37.1	0.01

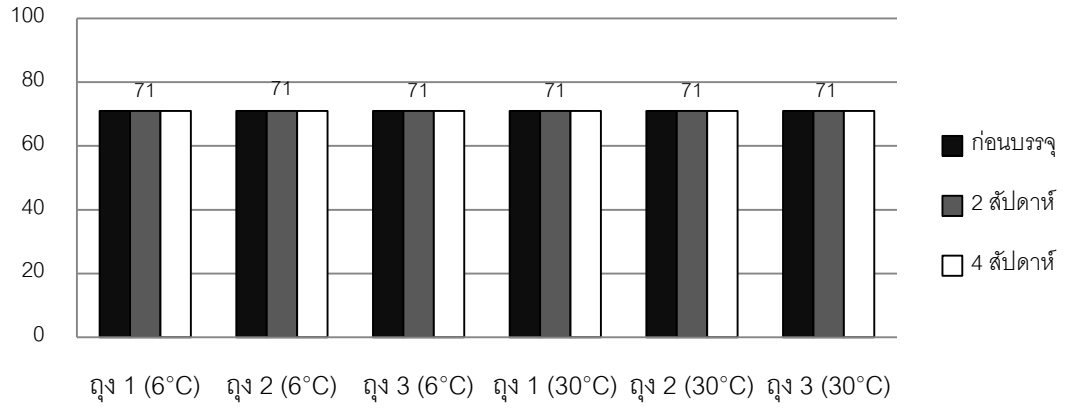


ภาพ 4-4 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

โดยปกติเมื่อมีจุลินทรีย์เจริญเติบโตในอาหารทำให้ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่รวมทั้งหมด (องศาบริกซ์ / ºBx) เกิดการเปลี่ยนแปลง ไปในทางที่ลดลงได้ จากตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าองศาบริกซ์ ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ และภาพที่ 4-5 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงองศาบริกซ์ ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ จากข้อมูลข้างต้นพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงขององศาบริกซ์ แสดงว่าไม่การเกิดปฏิกิริยาเคมีทางอาหาร เช่น การหมักทางอาหาร (fermentation) ที่ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อค่าองศาบริกซ์ของน้ำมะม่วงเข้มข้นนี้ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางด้านการซึมผ่านของออกซิเจน ไอน้ำ แสง และอุณหภูมิในการเก็บรักษาก็ตาม

จากตารางที่ 4-6 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าองศาบริกซ์ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

	ปริมาณของแข็งที่ละลายอยู่รวมทั้งหมด (องศาบริกซ์)					
	เก็บรักษาที่ 6°C			เก็บรักษาที่ 30°C		
	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3
ก่อนบรรจุ	71	71	71	71	71	71
2 สัปดาห์	71	71	71	71	71	71
4 สัปดาห์	71	71	71	71	71	71



ภาพ 4-5 เปรียบเทียบสมบัติการเปลี่ยนแปลงค่าองศาบริกซ์ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

การเปลี่ยนแปลงค่าเฉดสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นจะมาจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ด ซึ่งส่งผลเสียต่อความรู้สึกโดยตรง การเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล จะทำให้เฉดสีเปลี่ยนไปในทางที่คล้ำขึ้น โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาคือ ออกซิเจน น้ำ แสง และอุณหภูมิในการเก็บรักษา จากตารางที่ 4-7 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 6°C, ตารางที่ 4-8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 30°C พบว่าเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 6°C เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่น้อยมากกว่าเก็บที่อุณหภูมิ 30°C เพราะปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเกิดได้ไวกว่าเนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยในการเร่งปฏิกิริยาให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล และเมื่อเราดูที่ถุง 3 พบว่าเกิดสีน้ำตาลเข้มที่สุด เนื่องมาจากการซึมผ่านของออกซิเจน ไอน้ำ และแสง ก็เป็นปัจจัยในการกระตุ้นเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล เช่นกัน และเมื่อมาพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน พบว่าค่า b* มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงที่สุด แสดงว่าการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลค่อนข้างมีผลกระทบค่าสีเหลืองมากที่สุด รองลงมาที่ความส่าง และสีแดงตามลำดับ

ตาราง 4-7 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 6°C

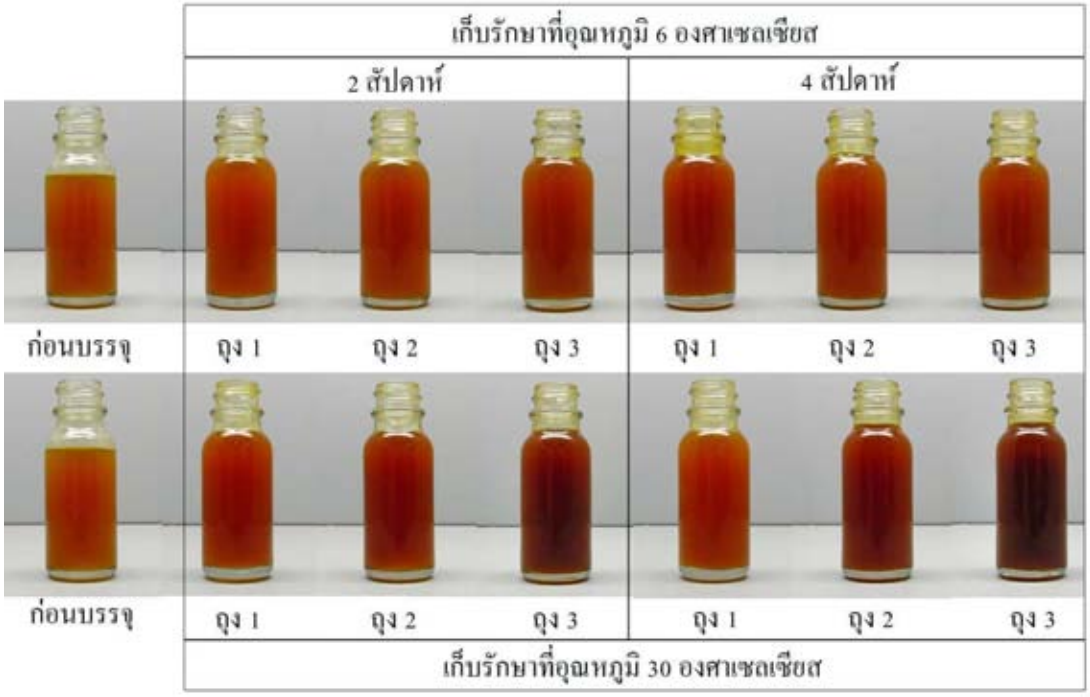
		2 สัปดาห์			4 สัปดาห์			
ค่าสี	ก่อนบรรจุ	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
L*	42.56	41.97	39.58	38.26	40.94	38.44	36.21	0.49
a*	28.48	31.46	31.79	30.78	31.49	31.69	30.99	0.37
b*	72.10	71.46	67.51	65.15	69.72	65.23	61.56	0.80
ตย.สี								

ตาราง 4-8 การเปลี่ยนแปลงค่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้น ระหว่างการเก็บรักษา ณ อุณหภูมิ 30°C

		2 สัปดาห์			4 สัปดาห์			
ค่าสี	ก่อนบรรจุ	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ค่าเบี่ยงมาตรฐาน
L*	42.56	35.38	32.02	24.53	32.06	26.70	17.35	0.52
a*	28.48	34.11	33.77	32.10	34.24	33.71	30.40	0.32
b*	72.10	60.37	54.48	42.06	54.56	45.48	29.64	0.86
ต.ย. สี								

การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ดด้วยตาเปล่านั้นมีข้อดีตรงที่ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือและวิธีการที่ซับซ้อน อีกทั้งยังสามารถรับรู้ถึงการยอมรับเฉดสีที่เปลี่ยนไปของน้ำมะม่วงเข้มข้นได้ของผู้สังเกตุด้วย จากภาพที่ 4-6 เปรียบเทียบสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ จากการถ่ายรูปและนำมามองด้วยตาเปล่าสามารถระบุได้ถึงการยอมรับได้ในสีที่เปลี่ยนไปของน้ำมะม่วงเข้มข้น โดยอ้างอิงจากการตัดสินใจของผู้ทำการสังเกตุ พบว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะก่อนบรรจุ มีความสว่าง และออกสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย เมื่อพิจารณาสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ เทียบกับสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นก่อนบรรจุ พบว่าในถุงฟิล์มหลายชั้นทั้ง 3 ชนิด รู้สึกว่าเฉดสีแดงเข้มขึ้นและคล้ำขึ้นกว่าก่อนบรรจุเพียงเล็กน้อยจบแทบจะสังเกตุไม่ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงน้ำเป็นที่ยอมรับได้ และให้ความรู้สึกว่าน้ำมะม่วงเข้มข้นนี้มีความเข้มข้นมากขึ้น อาจเป็นเพราะว่าสีของมะม่วงสุก จะมีสีออกไปในทางสีเหลืองอมแดงเล็กน้อย ซึ่งคนไทยจะรู้สึกถึงความหวานหอมของมะม่วงสุขได้ทันที เมื่อได้พบกับมะม่วงเฉดสีนี้ โดยเฉดสีนี้คล้ายคลึงกับเฉดสีที่เปลี่ยนไปของน้ำมะม่วงเข้มข้นนี้ และเมื่อสังเกตุสีน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C เมื่อเวลาผ่านไป 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่าสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นในถุงฟิล์มหลายชั้นทั้ง 3 ชนิดไม่มีความแตกต่างของสีที่เกิดขึ้น นับว่าเป็นลักษณะปรากฏที่ดี ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสีเกิดขึ้น แสดงว่าอุณหภูมิเย็นสามารถช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะม่วงได้ดี แม้ว่าเวลาจะผ่านไป

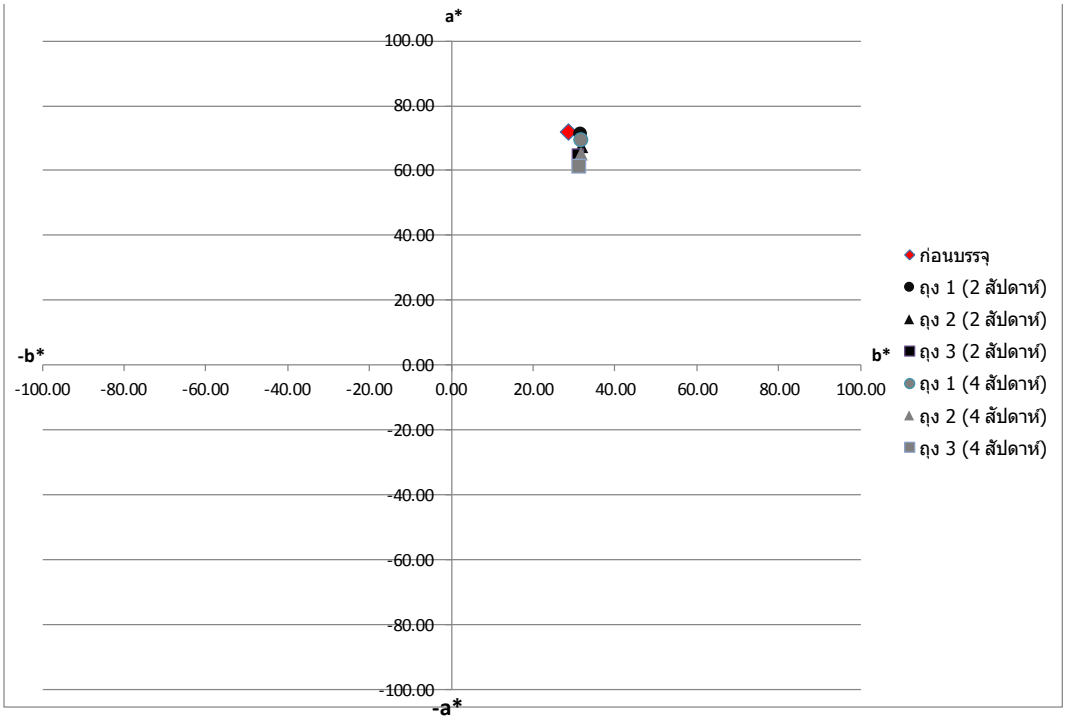
ถึง 2 สัปดาห์ก็ตาม ในขณะที่พิจารณาสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ เทียบกับสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นก่อนบรรจุ พบว่า น้ำมะม่วงเข้มข้นที่บรรจุในถุงที่ 3 จะมีการเปลี่ยนแปลงสีไปในทางคล้ำมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 จนไม่สามารถยอมรับได้ และเมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ก็จะยิ่งคล้ำขึ้นไปอีกจนมีสีคล้ายน้ำตาลไหม้ ส่วนน้ำมะม่วงที่บรรจุในถุงที่ 2 และถุงที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงสีไปเช่นเดียวกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C คือแดงมากขึ้น และคล้ำมากขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งถุงที่ 2 จะมีความเปลี่ยนแปลงมากกว่าถุงที่ 1 เล็กน้อย และอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ในเมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ และเมื่อผ่านไป 4 สัปดาห์ พบว่าสีของน้ำมะม่วงในถุง 2 มีการเปลี่ยนแปลงของสีที่คล้ำขึ้นมากกว่าเดิม ในระดับการเปลี่ยนแปลงของสีที่ยอมรับไม่ได้ ในขณะที่สีของน้ำมะม่วงในถุง 1 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ เพราะว่า ปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ดในน้ำมะม่วงเข้มข้นนั้น มีปัจจัยสำคัญ คือ ปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปทำให้เกิดน้ำตาลรีดิวซิง ปริมาณไอน้ำที่เข้าไปช่วยให้เกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชัน ปริมาณแสงที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดความร้อน และอนุมูลอิสระไปทำปฏิกิริยาได้ไวขึ้น อีกทั้งยังอุณหภูมิที่มีส่วนเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในถุง 3 นั้นมีสมบัติการซึมผ่านของออกซิเจน ไอน้ำ และแสงสูงที่สุด รองลงมาคือถุง 2 และ ถุง 1 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เกิดขึ้น และเมื่อพิจารณาสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C เทียบกับสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C ยิ่งพบการเปลี่ยนแปลงของสีที่มาก แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีอิธิพลสูงสุดในการเร่งเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ด



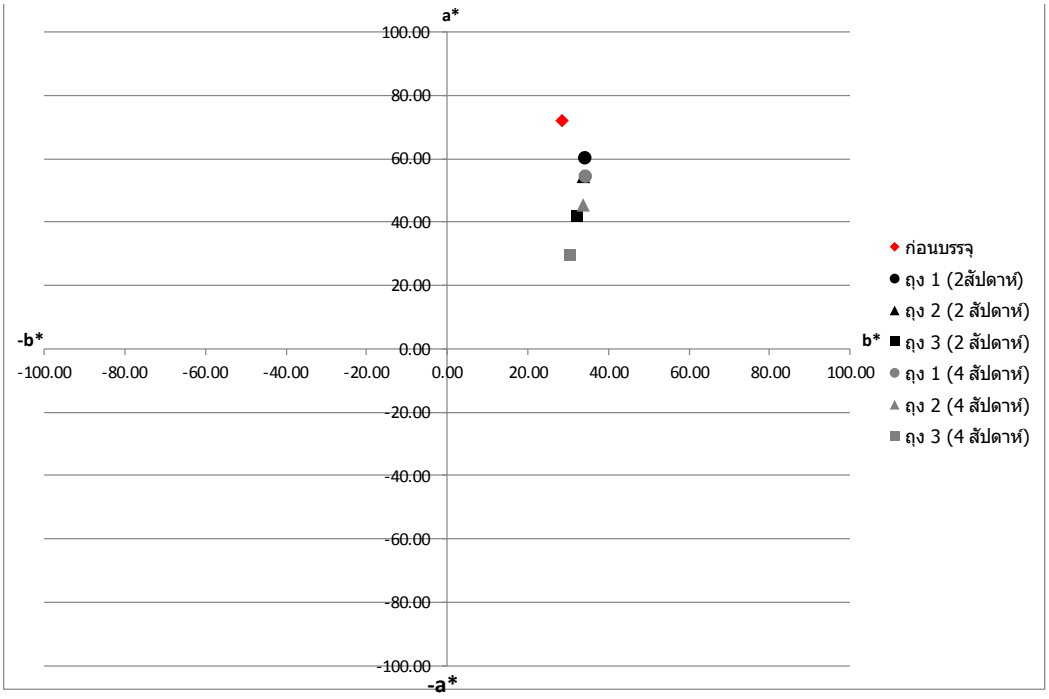
ภาพ 4-6 เปรียบเทียบสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

นำข้อมูลจากค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสี L*a*b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ ตารางที่ 4-7 และตารางที่ 4-8 มาพล็อตลงบนแกน L*a*b* 2 แบบได้แก่ระหว่างแกน L* กับ a* และระหว่างแกน a* กับ b* เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความสว่าง จากภาพที่ 4-7 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C, ภาพที่ 4-8 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C, ภาพที่ 4-9 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C และภาพที่ 4-10 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C พบว่าตำแหน่งสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิ 6°C มีความใกล้เคียงกันของตำแหน่งสีมากกว่าน้ำมะม่วงเข้มที่เก็บที่อุณหภูมิ 30°C โดยน้ำมะม่วงเข้มข้นที่บรรจุในถุง 3 จะมีระยะห่างจากน้ำมะม่วงก่อนบรรจุมากที่สุด แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของด้านสีสัน (Hue) ที่มากที่สุด รองลงมาคือถุง 2 และถุงที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีสันที่น้อยที่สุดคือถุง 1 โดยแปรผันตามสมบัติการซึมผ่านของน้ำ และแก๊ส และแปรผันตรงกับอุณหภูมิที่เก็บรักษา เพราะสมบัติการกันออกซิเจน และไอน้ำของฟิล์มหลายชั้นมีผลต่อการเกิด

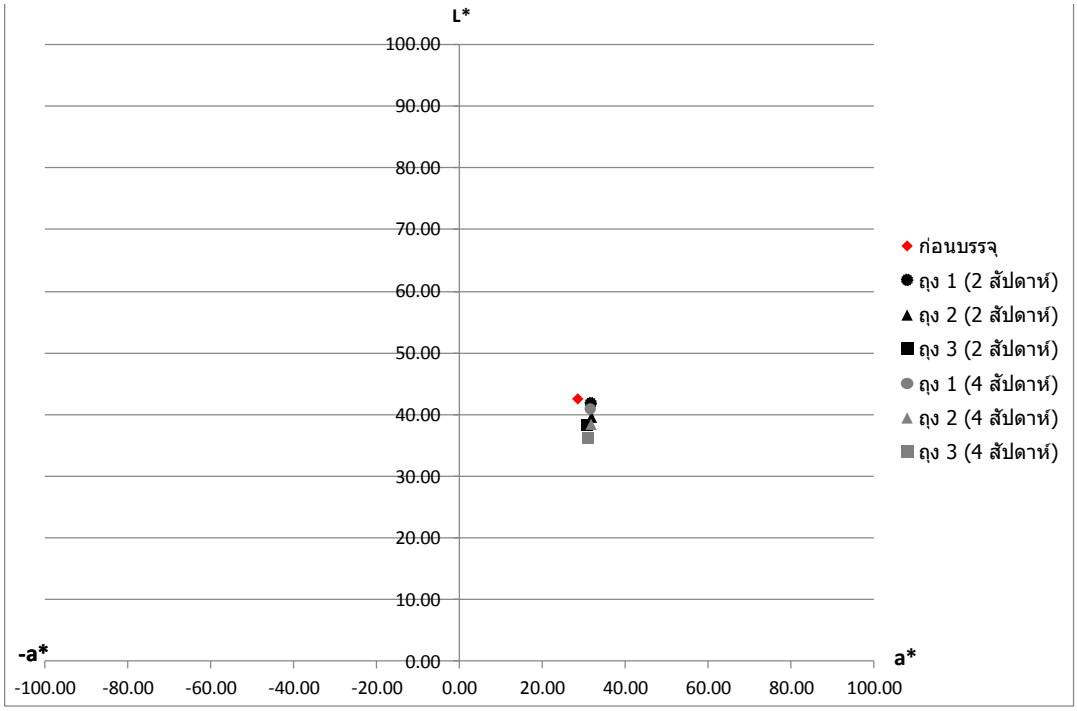
ปฏิกิริยาสีน้ำตาล โดยออกซิเจนจะเข้าไปทำปฏิกิริยาให้เกิดน้ำตาลรีดิวซิง ไปทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ด โดยมีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ถ้าออกซิเจนสามารถซึมผ่านเข้ามาในถุงได้มาก อัตตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะสูงตาม อีกทั้งน้ำยังมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเช่นกัน โดยในปฏิกิริยาเมลลาร์ดนั้นจะเกิดปฏิกิริยาดีไฮเดรชันในขั้นตอนต่าง ๆ ของปฏิกิริยา ซึ่งจำเป็นต้องมีน้ำในการเกิดปฏิกริยานี้ โดยที่สีสันจะเปลี่ยนไปลักษณะที่เข้าใกล้จุด 0,0 มากขึ้น แสดงว่าสีสันลดน้อยลง และมีค่าความสว่างที่ลดลง นั้นหมายถึงเกิดการคล้ำขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของสีน้ำตาล ที่มีความสว่างต่ำ ยิ่งมีความสว่างต่ำมากเท่าไหร่ ยิ่งหมายถึงความเป็นสีน้ำตาลที่สูงมากขึ้น จนเข้าใกล้สีดำ และเมื่อนำข้อมูลดังกว่างมาหาค่า ΔE ดังแสดงในภาพที่ 4-11 เปรียบเทียบค่า ΔE ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ พบว่าถุง 1 เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 6°C เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์มีค่า ΔE ต่ำกว่า 5 ซึ่งเมื่อค่า ΔE ต่ำกว่า 5 หมายถึงตามนุษย์ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างสีได้ ส่วนในถุง 2 และ 3 มีการเปลี่ยนแปลงสีที่มากขึ้นตามลำดับแต่พียงเล็กน้อย และเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 30°C ค่า ΔE มีค่าสูงขึ้นมากกว่าสองเท่าตัวของอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ 6°C แสดงให้เห็นถึงความร้อนมีผลกระทบต่อการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ดอย่างชัดเจน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงแนะนำให้เก็บรักษาน้ำมะม่วงเข้มข้นในอุณหภูมิต่ำเพื่อชะลอการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลชนิดเมลลาร์ด ที่จะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้นเอง



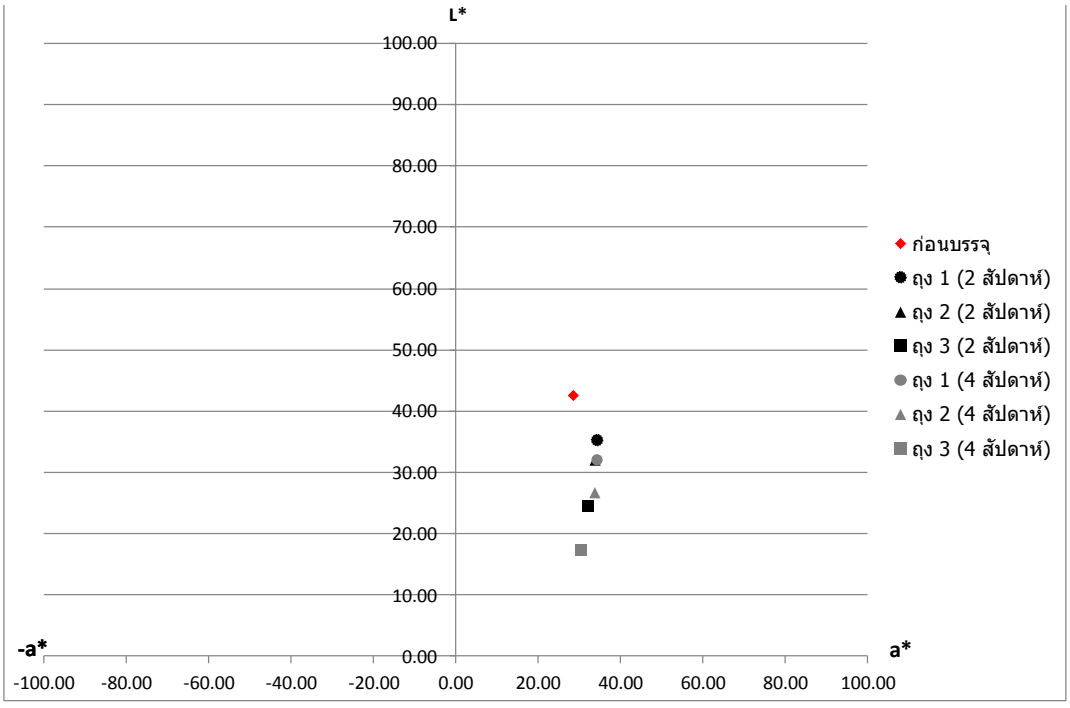
ภาพ 4-7 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C



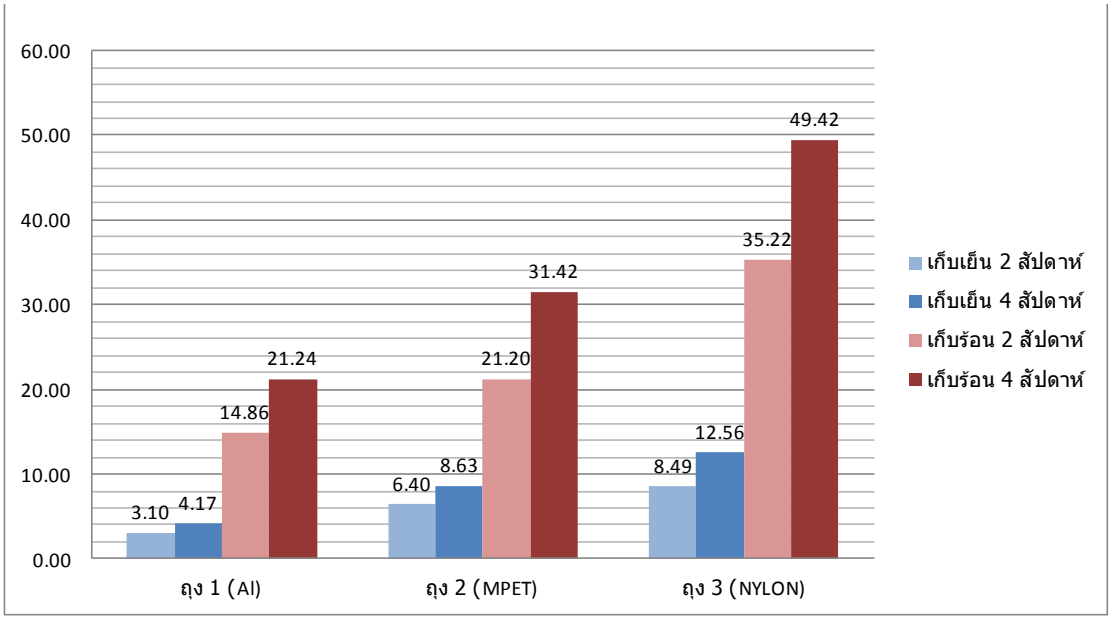
ภาพ 4-8 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ b* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C



ภาพ 4-9 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 6°C



ภาพ 4-10 เปรียบเทียบตำแหน่งสีในแกน a* กับ L* ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30°C

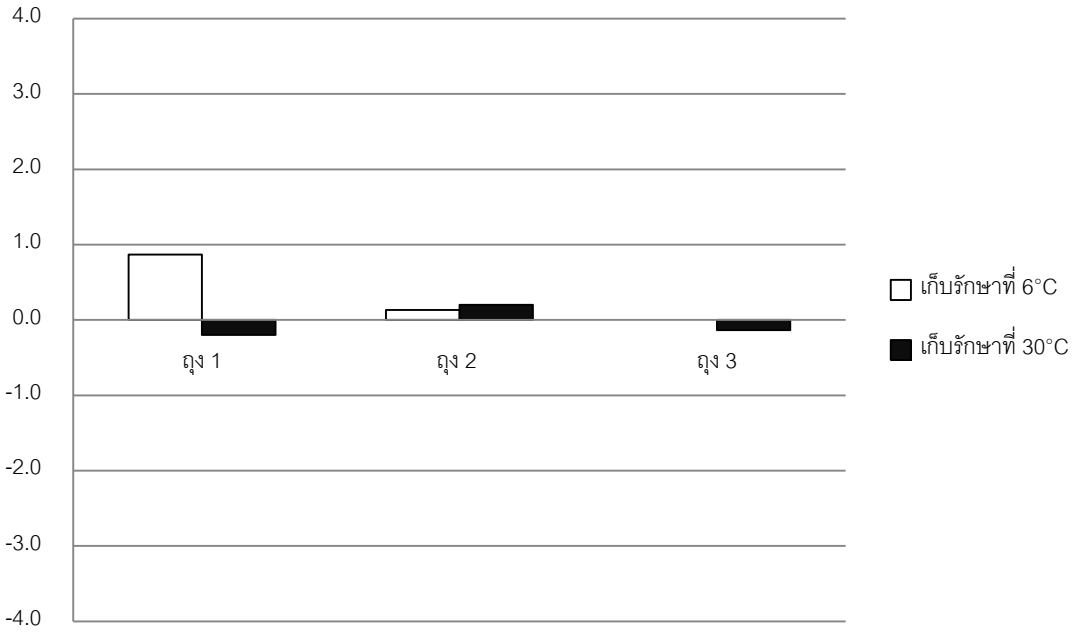


ภาพ 4-11 เปรียบเทียบค่า ΔE ของน้ำมะม่วงเข้มข้นในภาวะต่าง ๆ

ผลกระทบของภาวะต่าง ๆ ในการเก็บรักษาน้ำมะม่วงเข้มข้น ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งรสชาติและกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่พอใจหรือไม่พอใจนั้นสามารถวิเคราะห์ได้จากการทำแบบสอบถาม จากตารางที่ 4-9 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น และภาพที่ 4-12 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น พบว่าคะแนนของรสชาติ มีคะแนนความพึงพอใจที่ไม่แตกต่างจากน้ำมะม่วงก่อนบรรจุมากนัก กล่าวคือมีค่าไม่เกิน ±1 นั้นหมายถึงน้ำมะม่วงเข้มข้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แล้วส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติน้อยมาก แต่เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง จึงไม่สามารถสรุปผลที่แน่ชัดได้

ตาราง 4-9 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น

		เก็บรักษาที่ 6°C			เก็บรักษาที่ 30°C		
ผู้ทำการทดลองคนที่	ตัวอย่างอ้างอิง	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3
1	0	2	0	0	0	0	-2
2	-1	2	0	0	0	0	-1
3	0	2	3	3	-1	-1	-1
4	1	3	2	-2	-1	-1	-1
5	2	3	2	-1	-1	-1	-2
6	0	0	1	1	-2	1	2
7	0	1	-1	0	-2	1	1
8	-1	0	0	1	-1	1	-1
9	1	1	-1	-2	3	1	1
10	1	1	-1	2	2	0	0
11	0	2	0	2	2	3	2
12	1	-2	-1	-2	0	-1	0
13	-2	0	0	0	0	1	1
14	1	-1	-1	-1	-2	-2	-2
15	0	-1	-1	-1	0	1	1
เฉลี่ย	0.2	0.9	0.1	0.0	-0.2	0.2	-0.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	±1.0	±1.5	±1.3	±1.6	±1.5	±1.3	±1.4

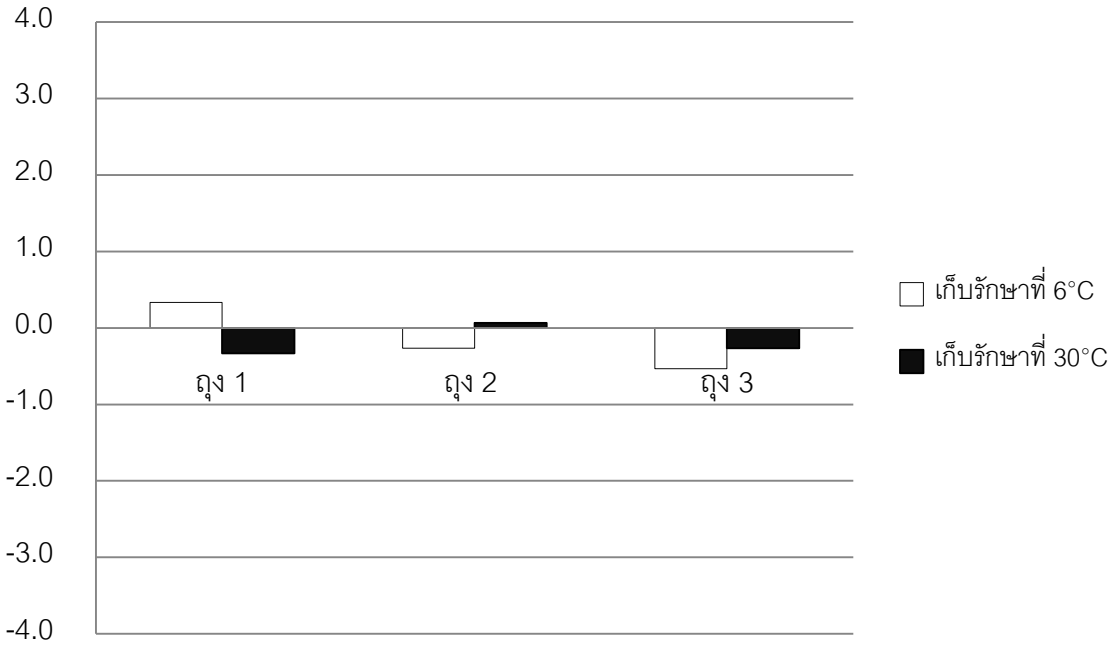


ภาพ 4-12 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของรสชาติของน้ำมะม่วงเข้มข้น

กลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้นนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการเก็บรักษาที่ภาวะต่างกัน โดยสามารถรับรู้ถึงรสชาติได้ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่พอใจหรือไม่พอใจนั้นสามารถวิเคราะห์ได้จากการทำแบบสอบถาม จากตารางที่ 4-10 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น และภาพที่ 4-13 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น พบว่าคะแนนของความพึงพอใจของกลิ่นหลังจากการเก็บรักษานั้น มีคะแนนความพึงพอใจที่ไม่แตกต่างจากน้ำมะม่วงก่อนบรรจุมากนัก กล่าวคือมีค่าไม่เกิน ±1 นั้นหมายถึงน้ำมะม่วงเข้มข้นเมื่อเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล แล้วส่งผลต่อกลิ่นและรสชาติน้อยมาก อีกทั้งฟิล์มชั้นปิดผนึกยังเป็นฟิล์มพลาสติกชนิดเดียวกันทั้งหมดคือ CPP ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของกลิ่นจึงเป็นไปในทางเดียวกันทั้งหมดคือมีกลิ่นที่เบาบางลง เพราะ CPP มีความเป็นรูพรุนสูง จึงดูดกลิ่นไว้ในรูพรุนเหล่านั้นได้มาก ดังเช่นการวิจัยก่อนหน้าที่ผ่านมาที่ประเทศญี่ปุ่น แต่เนื่องจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง จึงไม่สามารถสรุปผลที่แน่ชัดได้

ตาราง 4-10 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น

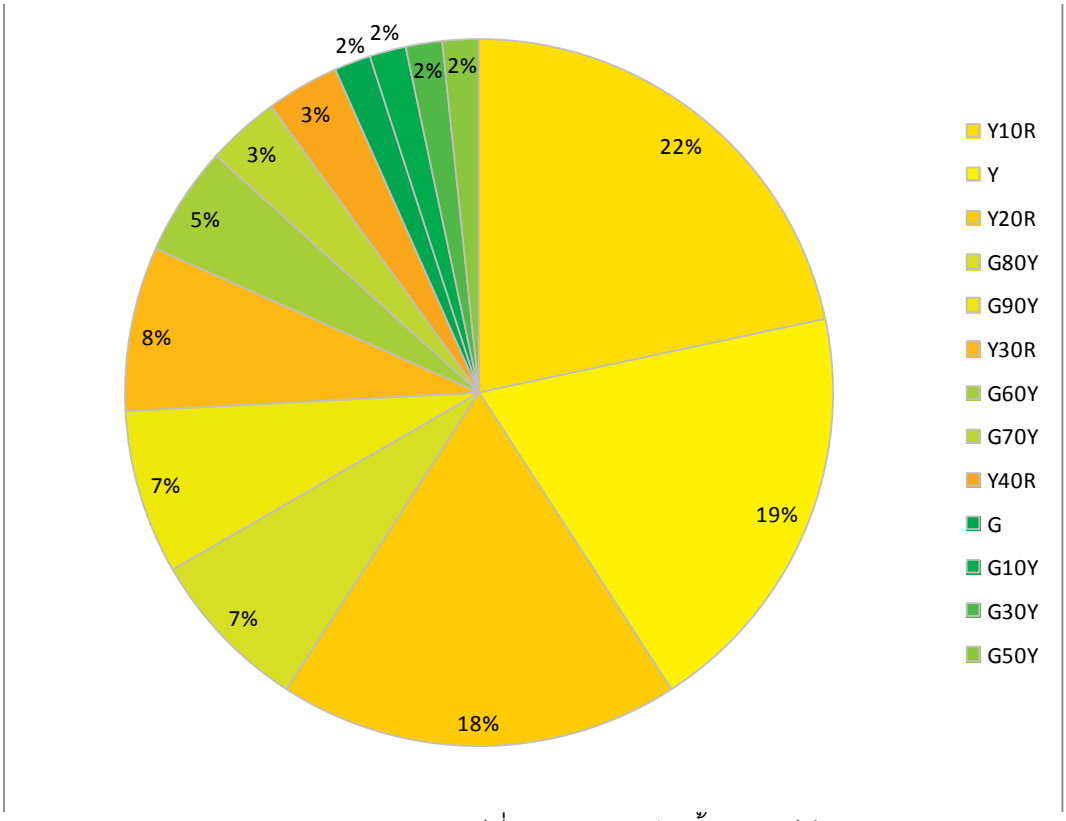
		เก็บรักษาที่ 6°C			เก็บรักษาที่ 30°C		
ผู้ทำการทดลองคนที่	ตัวอย่างอ้างอิง	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3	ถุง 1	ถุง 2	ถุง 3
1	1	1	0	0	1	0	-2
2	0	1	0	0	1	0	-1
3	1	-1	-1	-1	0	1	1
4	0	-1	-1	-1	-2	-2	-2
5	0	0	0	0	0	1	1
6	0	-3	-2	-4	-2	-1	0
7	0	1	0	2	2	3	2
8	1	1	-1	2	3	0	0
9	0	1	-1	-2	2	1	1
10	-1	0	0	-1	-1	1	1
11	0	0	-1	-1	-1	1	1
12	1	0	0	-1	-2	1	2
13	0	3	1	1	-2	-2	-3
14	-1	1	1	-3	-2	-2	-4
15	0	1	1	1	-2	-1	-1
เฉลี่ย	0.1	0.3	-0.3	-0.5	-0.3	0.1	-0.3
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	±0.6	±1.3	±0.9	±1.7	±1.8	±1.4	±1.8



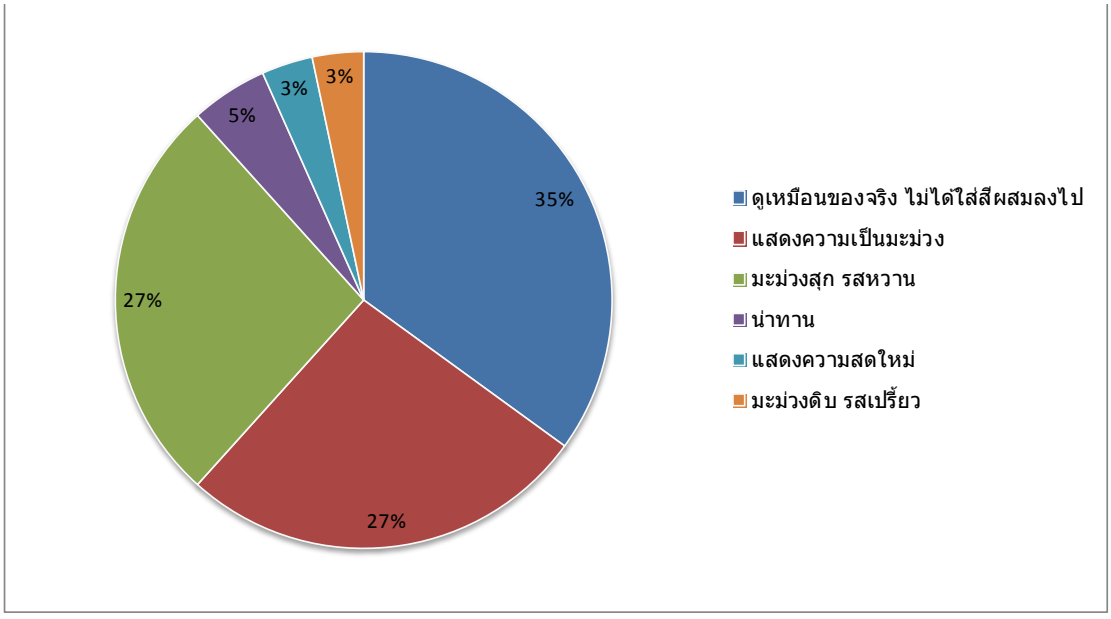
ภาพ 4-13 เปรียบเทียบค่าคะแนนความพึงพอใจของกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น

4.3 ความพึงพอใจในการเลือกประเภทบรรจุภัณฑ์ และสีของน้ำมะม่วง

ความเป็นไปได้ของเฉดสีของน้ำมะม่วงนั้น ทำให้ทราบถึงเฉดสีที่ควรนำไปออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อแสดงความเป็นสีเอกลักษณ์ของน้ำมะม่วง ให้ผู้บริโภคมองเพียงผิวเผินก็สามารถรับรู้ได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง เพื่อง่ายต่อการเลือกซื้อและตัดสินใจของผู้บริโภค จากภาพที่ 4-14 เฉดสีที่แสดงความเป็นสีน้ำมะม่วงได้ และ ภาพที่ 4-15 เหตุผลในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง พบว่าคนไทยวัยรุ่นมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ นึกถึงเฉดน้ำมะม่วงเป็นสีเหลือง และสีเหลืองอมแดงได้เล็กน้อย เพราะให้ความรู้สึกว่าเป็นน้ำมะม่วงที่ดูปลอดภัยไม่ได้ใส่สารปรุงแต่ง และเป็นมะม่วงสุก ที่ดูน่าทาน ส่วนในเฉดสีที่ปนสีเขียวเล็กน้อยจะแสดงได้ถึงความรู้สึกเปรี้ยว



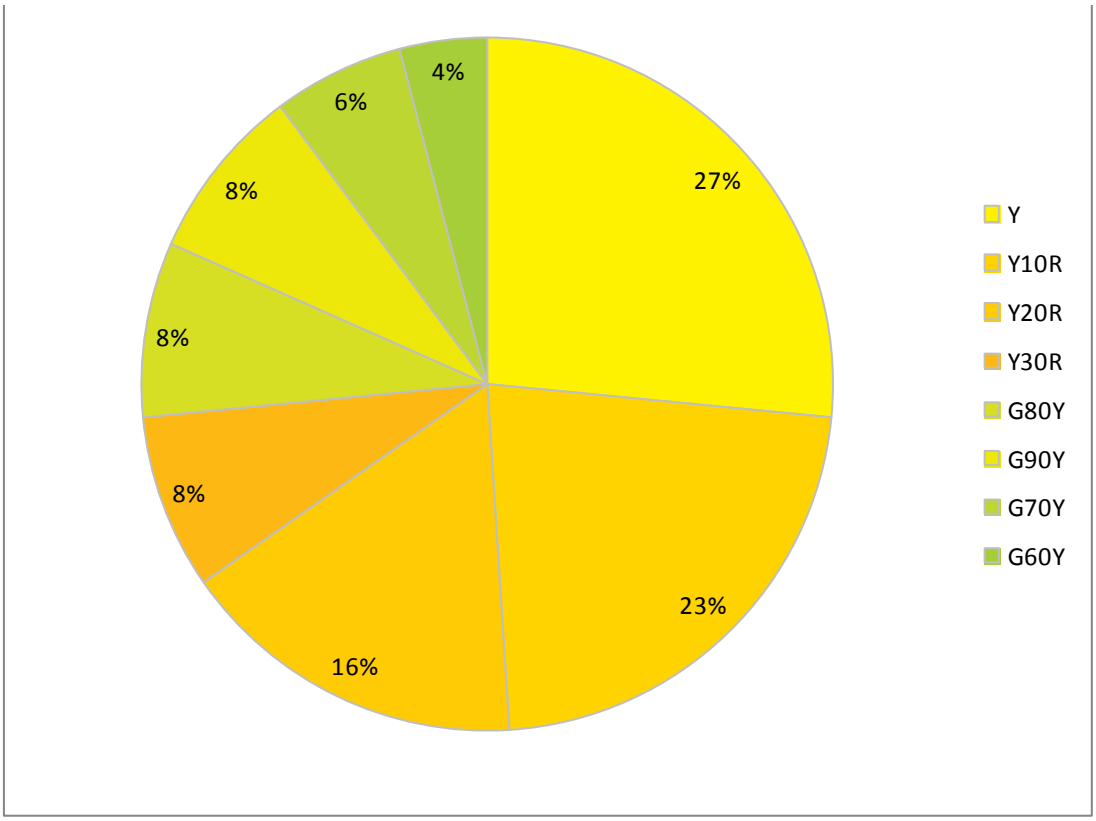
ภาพ 4-14 เฉดสีที่แสดงความเป็นน้ำมะม่วงได้



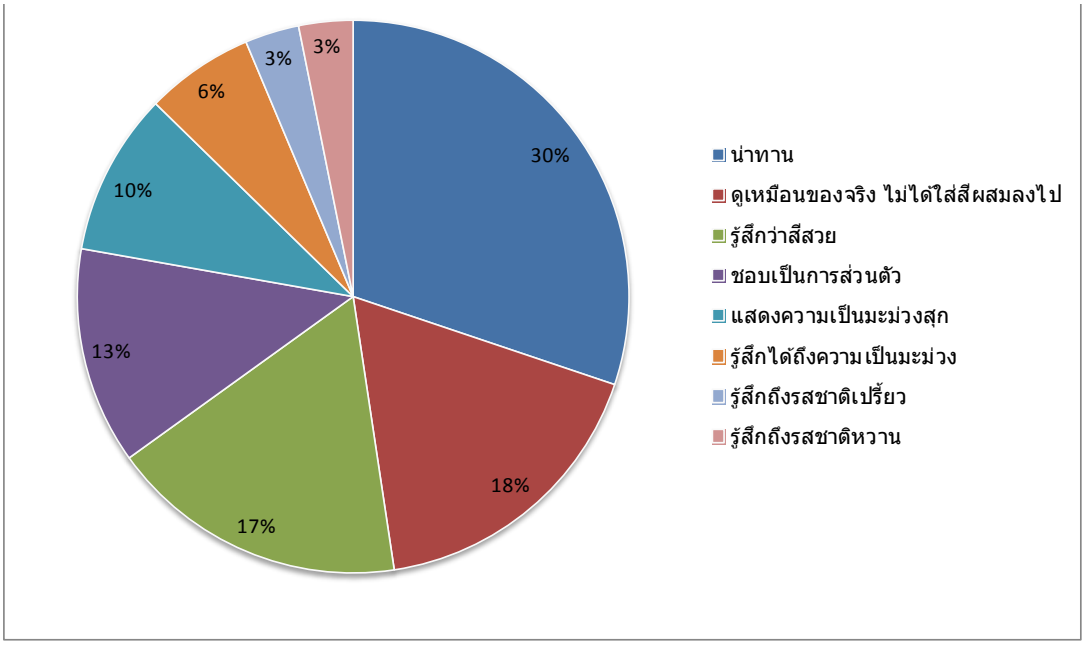
ภาพ 4-15 เหตุผลในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง

เฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนส่วนใหญ่ชอบนั้นจะช่วยให้ภาพสี กราฟฟิค บนบรรจุภัณฑ์สามารถสื่อความหมายออกไปได้อย่างถูกใจจับตาผู้บริโภคส่วนใหญ่ ให้เป็นจุดที่น่าสนใจและ

สินค้าสามารถขายได้อย่างรวดเร็ว จากภาพที่ 4-16 เฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนไทยวัยรุ่นชอบ และภาพที่ 4-17 เหตุผลของคนไทยวัยรุ่นในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง พบว่าคนไทยวัยรุ่น ประมาณ 70% ชอบเฉดสีของน้ำมะม่วง ที่เป็นสีเหลืองสด(Y) และสีเหลืองอมแดงเล็กน้อย (Y10R-Y30R) และอีกส่วนหนึ่งชอบน้ำมะม่วงที่เป็นเฉดสีเหลืองอมเขียว(G60Y-G90Y) โดยมีเหตุผลในการเลือกสามลำดับแรกคือ เฉดสีนั้นน่าทาน ดูปลอดภัย และ รู้สึกว่าสีสวย ตามลำดับ จากข้อมูลข้างต้น สามารถบ่งบอกถึงลักษณะการออกแบบภาพกราฟฟิคบนบรรจุภัณฑ์ ว่าควรมุ่งเน้นความสำคัญไปที่ ความรู้สึกที่น่าทาน ดูปลอดภัย และสีต้องสวยเป็นหลัก โดยใช้เฉดสีเหลือง(Y) สีเหลืองอมแดงเล็กน้อย(Y10R-Y30R) และสีเหลืองอมเขียวเล็กน้อย(G60Y-G90Y) เป็นสีที่แสดงถึงความเป็นน้ำมะม่วงที่คนส่วนใหญ่ชอบบรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์ อีกทั้งควรต้องมีข้อมูลทางโภชนาการรวมอยู่ด้วย

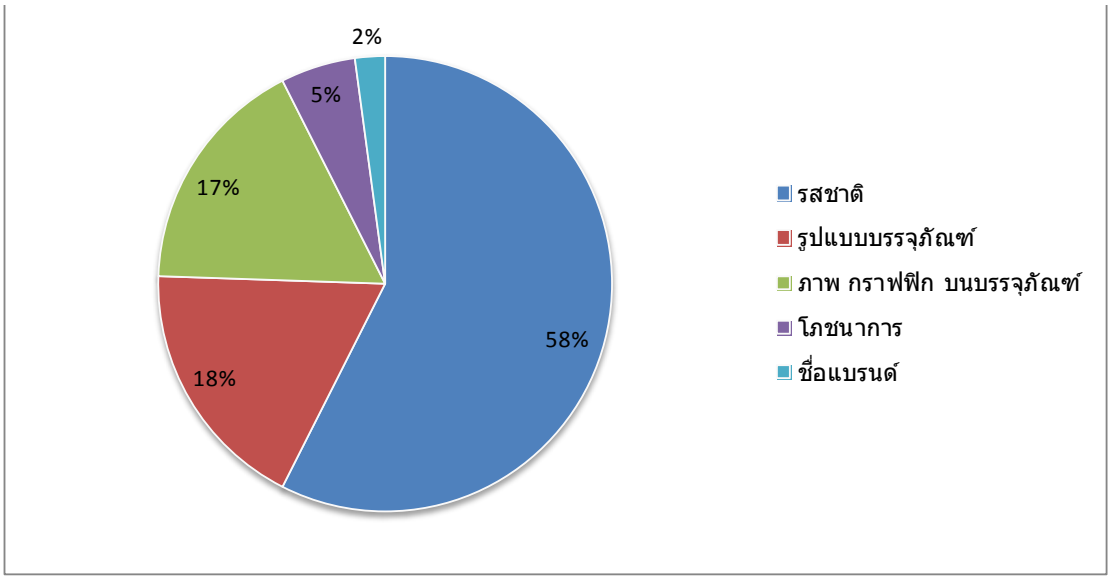


ภาพ 4-16 เฉดสีของน้ำมะม่วงที่คนไทยวัยรุ่นชอบ



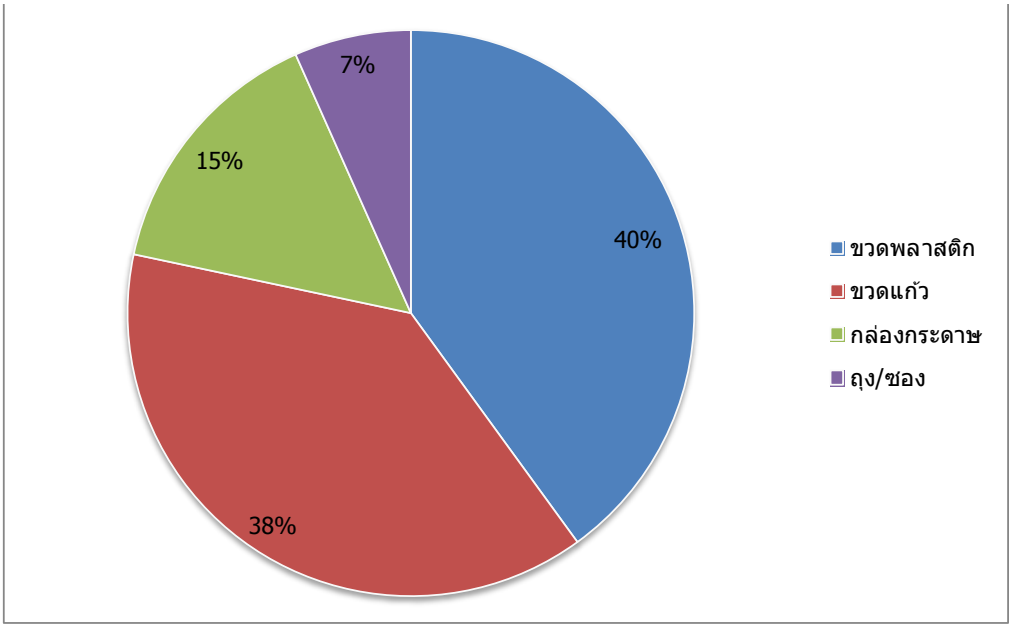
ภาพ 4-17 เหตุผลของคนไทยวัยรุ่นในการเลือกเฉดสีของบรรจุภัณฑ์น้ำมะม่วง

ปัจจัยในการซื้อน้ำมะม่วงนั้น ช่วยให้ทราบได้ถึงเหตุผลในการเลือกซื้อ ในกลุ่มผู้บริโภคน้ำผลไม้ว่าคนกลุ่มนี้ เลือกซื้อจากเหตุผลใด เพื่อที่จะได้นำไปปรับปรุงให้ตรงตามเหตุผลของผู้บริโภค จากภาพที่ 4-18 ปัจจัยในการซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง พบว่ามากกว่า 50% เลือกซื้อที่รสชาติ แต่อีก ประมาณ 40% เลือกซื้อที่รูปแบบบรรจุภัณฑ์ และ ภาพกราฟฟิกบนบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นปัจจัยอื่นนอกเหนือจากตัวน้ำมะม่วงเอง ที่สามารถออกแบบให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้

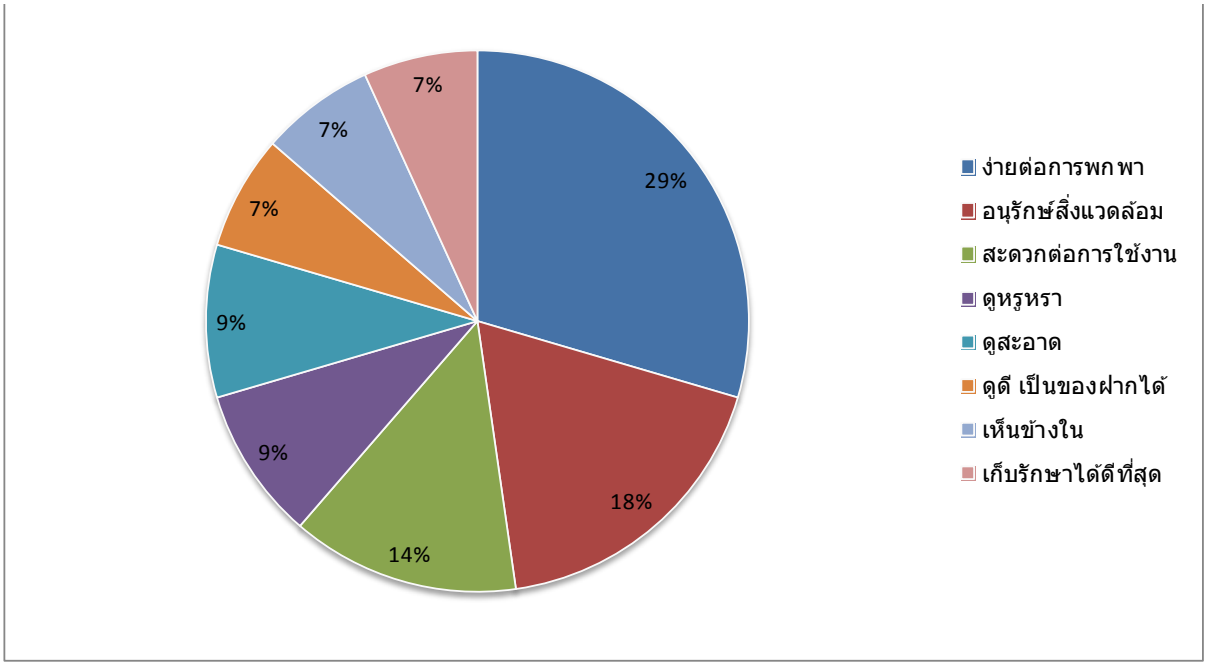


ภาพ 4-18 ปัจจัยในการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง

ผู้บริโภคหลายท่าน เลือกซื้อสินค้าจากรูปแบบชนิดของบรรจุภัณฑ์ ถ้าสามารถรับรู้ถึงเหตุผลเป้าหมายความต้องเลือกซื้อสินค้า โดยมองที่บรรจุภัณฑ์เป็นหลักแล้วนำไปปรับปรุงให้ตรงเป้าหมาย ก็จะทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ออกแบบมาสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ จากภาพที่ 4-19 เปรียบเทียบสัดส่วนการเลือกบรรจุภัณฑ์บรรจุน้ำมะม่วงของคนไทยวัยรุ่น และภาพที่ 4-20 เหตุผลที่คนไทยวัยรุ่นเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำมะม่วง พบว่าคนไทยวัยรุ่นมากกว่า 90% ยังคงติดรูปลักษณ์กับบรรจุภัณฑ์ประเภทขวด และกล่องตามบรรจุภัณฑ์ในท้องตลาด จึงมีเพียง 7% ที่คิดว่าถุงเหมาะสมที่จะเป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำมะม่วง ดังนั้นถ้าสามารถออกแบบถุงบรรจุภัณฑ์ให้ตอบสนองกับความต้องการในการเลือกบรรจุภัณฑ์ได้ ถุงบรรจุภัณฑ์ยังสามารถเติบโตในส่วนแบ่งการตลาดได้อีกมาก โดยเหตุผลที่เลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำมะม่วง สามลำดับแรกคือ ง่ายต่อการพกพา อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และสะดวกต่อการใช้งานตามลำดับ ถุงหลายชั้นสามารถตอบโจทย์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในหัวข้อง่ายต่อการพกพา และสะดวกต่อการใช้งาน แต่ในเรื่องอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ยังคงต้องพัฒนาต่อไปในอนาคต เช่นใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ หรือใช้หมึกอินทรีย์ ที่สามารถย่อยสลายได้ มาเป็นตัวเลือกในการผลิตบรรจุภัณฑ์ถุงหลายชั้น ส่วนลำดับต่าง ๆ ที่ตามมาคือ ดูหรูหรา ดูสะอาด ดูดีเป็นของฝากได้ ฯลฯ ถุงหลายชั้นสามารถออกแบบได้อย่างหลากหลาย ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการได้ จึงคาดว่าสามารถตอบโจทย์ความต้องการได้



ภาพ 4-19 เปรียบเทียบสัดส่วนการเลือกบรรจุภัณฑ์บรรจุน้ำมะม่วงของคนไทยวัยรุ่น



ภาพ 4-20 เหตุผลที่คนไทยวัยรุ่นเลือกบรรจุภัณฑ์สำหรับน้ำมะม่วง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงสร้างถุงหลายชั้นสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้นที่เหมาะสมคือ CPP 30 µm / Al 7 µm / PET 12 µm เพราะสามารถกันซึมออกซิเจน และแสงได้ ซึ่งเป็นปัจจัยในการเร่งการเกิดปฏิกิริยาการเป็นสีน้ำตาล และสามารถกันซึมน้ำได้อีกด้วย และโครงสร้างที่สามารถใช้ทดแทนได้ถ้าต้องการลดต้นทุนคือ CPP 30 µm / MPET 12 µm / PET12 µm แต่ควรเก็บรักษาไว้ในที่เย็น ส่วนโครงสร้าง CPP 60 µm / PA 15 µm นั้น ถ้าไม่ได้เก็บรักษาไว้ในที่เย็นตลอดเวลา ไม่ควรนำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์

ปัจจัยของการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลของน้ำมะม่วงเข้มข้นเกิดมาจากอุณหภูมิที่สูงที่ไปกระตุ้นให้น้ำตาลในน้ำมะม่วงเกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น ดังนั้นภาวะที่ดีที่สุดในการเก็บรักษาคือเก็บรักษาไว้ในที่เย็น รวมทั้งถ้าใช้ถุงหลายชั้นโครงสร้างแบบ CPP 30 µm / Al 7 µm / PET 12 µm จะช่วยให้การเปลี่ยนแปลงสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นช้าลง เนื่องจากมีชั้น Al กั้นออกซิเจน ไอน้ำ และแสงได้ดี อีกทั้งเฉดสีของน้ำมะม่วงเข้มข้นเปลี่ยนแปลงไปในทางเฉดสีเหลืองอมแดงเล็กน้อย ลอดคล้องกับผลของแบบสอบถาม ที่คนส่วนใหญ่ชอบน้ำมะม่วงที่เป็นเฉดสี (Y) เหลืองอมแดงเล็กน้อย (Y10R-Y30R) ส่วนคุณภาพของน้ำมะม่วงเข้มข้น เช่น อัตราการละลายของของแข็ง ค่ากรด-ด่าง ฯลฯ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

คนไทยวัยรุ่นชอบน้ำมะม่วงในฉดสีเหลือง(Y) และสีเหลืองอมแดงเล็กน้อย (Y10R-Y30R) ด้วยเหตุผลที่ว่า สีสันน่าทาน ดูปลอดภัย และ รู้สึกว่าสีสวย อีกทั้งยังทราบว่าคนส่วนใหญ่ต้องการบรรจุภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการ คือ ต้องง่ายต่อการพกพา สะดวกต่อการใช้งาน ดูหรูหรา อีกทั้งยังต้องรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งถุงหลายชั้นสามารถตอบโจทย์ในส่วนนี้ได้ โดยขึ้นอยู่กับการออกแบบ และยังพบว่าคนส่วนใหญ่ยังติดกับรูปลักษณ์ของบรรจุภัณฑ์แบบเดิม ๆ ประเภทขวดและกล่องกระดาษ ดังนั้น ถุงหลายชั้นจึงถือเป็นสิ่งใหม่สำหรับผู้บริโภคได้เข้าใจในข้อดีตัวของบรรจุภัณฑ์ ซึ่งจะสามารถแบ่งส่วนแบ่งทางการตลาดได้มาก ดังนั้นการออกแบบถุงหลายชั้นที่ดี

ควรคำนึงถึงการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคเป็นหลัก ทั้งทางด้านสมบัติที่ผู้บริโภคต้องการ อีกทั้งสีสันภาพ และกราฟฟิค ควรจะเป็นตามที่คนส่วนใหญ่ชอบ และควรจะคำนึงการอนุรักษณ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็นแนวทางใหม่ในอนาคต

5.2 **ข้อเสนอแนะ**

5.2.1 งานวิจัยด้านการพิมพ์เสนอให้พิมพ์ด้วยหมึกที่สามารถย่อยสลายได้ เช่นหมึกฐานน้ำมันพืช และหมึกฐานน้ำ เพื่อเป็นการอนุรักษณ์สิ่งแวดล้อม โดยการพิมพ์ด้านหลังของฟิล์มชั้นนอก เพื่อป้องกันการขูดขีด หรือใช้การพิมพ์บนกระดาษสติกเกอร์ และนำมาติดบนตัวถุงหลายชั้น

5.2.2 ในอนาคตควรเลือกใช้พลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ มาใช้เป็นวัสดุสำหรับถุงหลายชั้น และควรใช้การยึดติดกันโดยวิธีที่ไม่ใช้กาว เช่น การใช้คลื่นอัลตราโซนิค เป็นต้น เพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

รายการอ้างอิง

[1] ภาควิชาเภสัชเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. พลาสติกชนิด แอลดีพีอี (LDPE) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.pharm.su.ac.th/cheminlife/cms/index.php/kitchen-room/21-plastic/108-ldpe.html [4 มกราคม 2555]

[2] บริษัท วิกเกอร์ ปิกเม้นท์ จำกัด. ชนิดและคุณสมบัติของพลาสติก [ออนไลน์]. แหลงที่มา: http://www.vickerpigment.com/knowledge_th4.html [4 มกราคม 2555]

[3] บริษัท ดิจิตอล กราเวียร์ แพคเกจจิ้ง จำกัด. ถุงพลาสติก (Plastic bags) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.packingsiam.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539312384&Ntype=7 [4 มกราคม 2555]

[4] บริษัท เวิลด์ แพคเกจจิ้ง อินดัสตรี้ จำกัด. ความรู้เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.worldpack.co.th/know.php?page=TVE9PQ== [5 มกราคม 2555]

[5] Polypropylene multi-layer sealant films for retort packaging, Patent No. 6663940 Issued on December 16, 2003, USA

[6] V. Rajkumar, K. Dushyanthan,and K. D. Arun. Retort pouch processing of Chettinad style goat meat curry a heritage meat product. Journal of Food Science and Technology 47 (Number 2010) : 372–379.

[7] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. งานวิจัยและพัฒนาน้ำมะม่วง [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://web.ku.ac.th/nk40/nk/data/41/vijai2.htm [5 มกราคม 2555]

[8] Jose Armando Ulloa, Héctor Escalona ,and Lourdes Díaz. Colour behaviour on mango (Mangifera indica) slices self stabilized in glass jars by hurdle technology during storage. African Journal of Biotechnology 7(4) (February, 2008) : 487-494

[9] สุภาวดี บุญงอก. การเลือกบรรจุภัณฑ์พลาสติกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหาร [ออนไลน์]. 2547. แหล่งที่มา: http://www.ismed.or.th/SME/src/bin/controller.php?view=knowledgeInsite.KnowledgesDetail&p=&nid=&sid=69&id=931&left=84&right=85&level=3&lv1=3 [10 มกราคม 2555]

[10] คณะวิทยาศาสตร์และคณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. โครงการจัดตั้งศูนย์นวัตกรรมอาหาร ผลิตภัณฑ์สุขภาพและเกษตรครบวงจร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://thaistrongsciencecu.com [10 มกราคม 2555]

[11] สมาคมอุตสาหกรรมพลาสติกไทย. สัญลักษณ์ ตัวย่อ การเลือกใช้และคุณสมบัติเบื้องต้นของพลาสติกแต่ละประเภท [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.nppointasia.com/siamrecycle/plastic_selection.htm [10 มกราคม 2555]

[12] Wikimedia Foundation. Aluminium foil [Online]. 2012. Available from : http://en.wikipedia.org/wiki/Aluminium_foil [2012,January 12]

[13] A SumoBrain Solutions Company. Production of laminates [Online]. Available from : http://www.freepatentsonline.com/2709148.pdf [2012,January 16]

[14] บริษัท เอ็มพีลักก์. การเพิ่มมูลค่าสื่อสิ่งพิมพ์ [ออนไลน์] แหล่งที่มา: http://www.mpluckuv.com/Product.aspx [17 มกราคม 2555]

[15] Wikimedia Foundation. Syrup [Online]. 2012. Available from : http://en.wikipedia.org/wiki/Syrup [2012,January 17]

[16] Darin Jaturapat. Maple Syrup [Online]. Available from : http://drdarinj.spaces.live.com/blog/cns!D454DAD9DC8997BB!517.entry [2012,January 17]

[17] ASTV ผู้จัดการออนไลน์. "ไซรัปกล้วย" ความหวานทางเลือกใหม่ เอาใจคนรักสุขภาพ [ออนไลน์]. 2551. แหล่งที่มา: http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9510000134149&TabID=2& [17 มกราคม 2555]

[18] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ฝ่ายเทคโนโลยีอาหาร. ไซรัปผลไม้ (Fruit Syrup) [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tistr-foodprocess.net/Fruit/article_fruit/article_fruit4.htm [17 มกราคม 2555]

[19] R.D. García, and others. Anti-allergic properties of Mangifera indica L. extract (Vimang) and contribution of its glucosylxanthone mangiferin. Journal of Pharmacy and Pharmacology 58(3) (Mar 2006) : 385-392

[20] Bangkok Guide Review. เกร็ดความรู้มะม่วงปลูกอย่างไร [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://bangkok-guide.z-xxl.com/snack-knowledge/3388 [18 มกราคม 2555]

[21] Samanta Oller. Plastic Printing Techniques [Online]. 2003. Available from : http://www.accuplastic.com/plastic-printing-techniques.html [2012,January 17]

[22] Food Network Solution. Browning reactionปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/browning%20reaction [18 มกราคม 2555]

[23] Food Network Solution. Maillard reactionปฏิกิริยาเมลลาร์ด [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/vocab/wordcap/Maillard%20reaction [18 มกราคม 2555]

[24] NCS UK. NCS System [Online]. Available from : http://www.ncscolour.co.uk/ [2012,January 23]

[25] ชวัลวิทย์ รัศมีพจน์ และอรัญ หาญสืบสาย. โครงสร้างถุงหลายชั้นสำหรับน้ำมะม่วงเข้มข้น. วารสารการพิมพ์และบรรจุภัณฑ์ 96 (24) (พฤษภาคม 2555) : 6-11

[26] O. O. Alaka, J. O. Aina, and K. O. Falade. Effect of storage conditions on the chemical attributes of Ogbomoso mango juice. Eur Food Res Technol 218 (March 2003) : 79-82

[27] วรวรรณ ภูษิตมงคลโชติ. ปัจจัยกำหนดอุปสงค์ไซรัปกล้วยหอมทองของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

[28] Food a fact of life. Sensory evaluation Teachers' guide. Japan: Umami Information Center, 2010. (Mimeographed)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพเครื่องมือและอุปกรณ์

ภาพที่ 1 เครื่องวัดสีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ Hunter Lab รุ่น ColorQuest XT

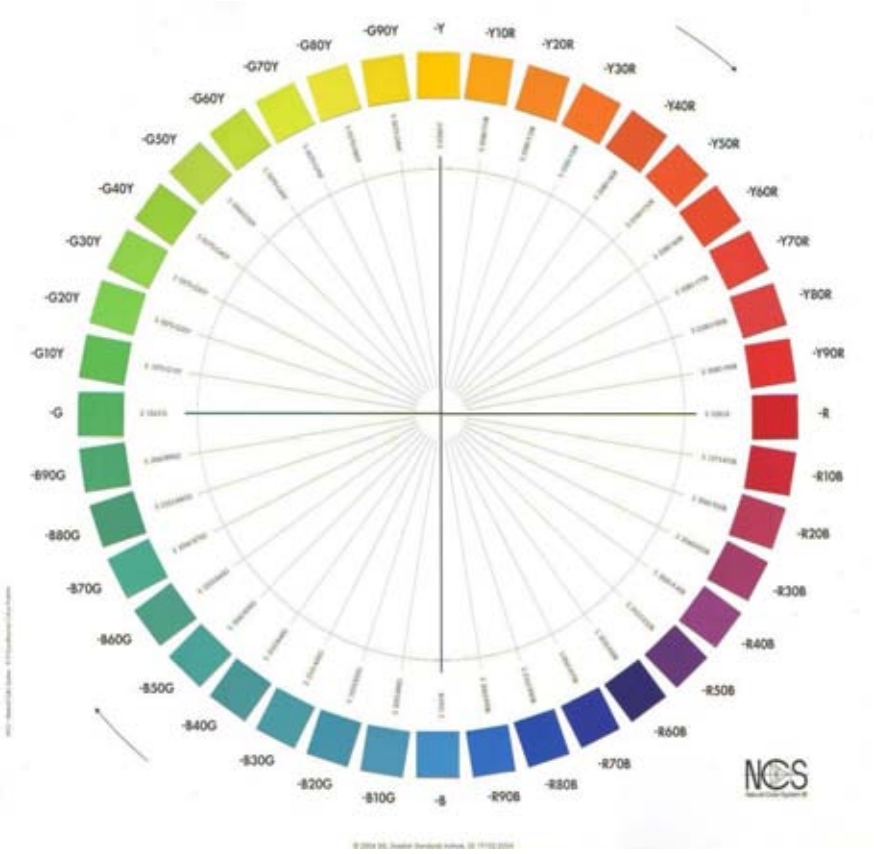
รูป 2 เรื่องวัดความเป็นกรดด่าง Denver instrument รุ่น Model 225

ภาพ 3 transmission densitometer FAG รุ่น VIPDENS 602

ภาพ 4 เครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ATAGO รุ่น N3 วัดค่า °Brix อยู่ในช่วง 58-90%

ภาพ 5 กล้องถ่ายรูป Casio รุ่น EX-FH20

ภาพ 6 ตู้แสงที่ใช้ในการถ่ายรูป



ภาพ 7 แถบสีระบบสี NCS

ภาคผนวก ข

สภาวะอากาศประเทศไทย

จาก ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา รายงาน ณ วันที่ 2 มีนาคม 2555 มีรายงานสภาวะอากาศประเทยไทยเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ดังนี้

บริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้กับมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยตอนบนเป็นระยะ ๆ ทำให้เดือนนี้บริเวณประเทศไทยมีอากาศเย็นในตอนเช้า โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอากาศเย็นเกือบตลอดเดือนและมีอากาศหนาวทางตอนบนของภาคเหนือ ส่วนในตอนกลางวันพื้นที่ส่วนใหญ่มีอุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะในช่วงปลายเดือน ทำให้บริเวณประเทศไทยตอนบนมีอากาศร้อนต่อเนื่องในช่วงดังกล่าว โดยอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทยเดือนนี้สูงกว่าค่าปกติในเกือบทุกพื้นที่และบางพื้นที่ในภาคเหนือสูงกว่าค่าปกติมากกว่า 2 องศาเซลเซียส สำหรับฝนเดือนนี้บริเวณประเทศไทยมีฝนในบางช่วงกับมีฝนหนักบางพื้นที่ส่วนมากบริเวณภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคใต้ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวมีปริมาณฝนรวมสูงกว่าค่าปกติ สำหรับรายละเอียดต่าง ๆ มีดังนี้

วันที่ 1-10 กุมภาพันธ์ บริเวณความกดอากาศสูงปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้ โดยในระยะปลายช่วงบริเวณความกดอากาศสูงกำลังค่อนข้างแรงจากประเทศจีนได้แผ่เสริมลงมาปกคลุมบริเวณดังกล่าว ประกอบกับมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมภาคกลางและภาคตะวันออกเกือบตลอดช่วง นอกจากนี้คลื่นกระแสลมตะวันตกได้เคลื่อนเข้าปกคลุมภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนกับมีลมตะวันตกพัดปกคลุมบริเวณดังกล่าวในระยะกลางช่วง ลักษณะดังกล่าวทำให้ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอากาศเย็นทั่วไปตลอดช่วง กับมีอากาศหนาวทางตอนบนของภาคเหนือในระยะครึ่งหลังของช่วง ส่วนภาคอื่น ๆ มีอากาศเย็นในหลายพื้นที่ อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 10.0 องศาเซลเซียส ที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 9 สำหรับบริเวณเทือกเขาและยอดดอยมีอากาศหนาวถึงหนาวจัด อุณหภูมิต่ำสุด 3.5 องศาเซลเซียส ที่อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 9 โดยในช่วงนี้บริเวณประเทศไทยมีฝนเป็นแห่งๆ ถึงกระจายส่วนมากในระยะครึ่งแรกของช่วง และมีรายงานฝนหนักถึงหนักมากบางพื้นที่ใน

ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ปริมาณฝนสูงสุดบริเวณประเทศไทยตอนบนวัดได้ 98.0 มิลลิเมตร ที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เมื่อวันที่ 3 ส่วนภาคใต้ปริมาณฝนมากที่สุด 57.5 มิลลิเมตร ที่อำเภอสุคิริน จังหวัดนราธิวาส เมื่อวันที่ 3

วันที่ 11-20 กุมภาพันธ์ บริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้ต่อเนื่องจากช่วงที่ผ่านมาและอ่อนกำลังลงเป็นลำดับ โดยในระยะปลายช่วงบริเวณความกดอากาศสูงกำลังปานกลางอีกระลอกหนึ่งได้แผ่เสริมลงมาปกคลุมบริเวณดังกล่าว ทำให้ในช่วงนี้บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังคงมีอากาศเย็นทั่วไปในตอนเช้าและมีอากาศหนาวบางพื้นที่ สำหรับภาคกลางและภาคตะวันออกมีอากาศเย็นเกือบทั่วไปในระยะปลายช่วง อุณหภูมิต่ำสุด 11.0 องศาเซลเซียส ที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 15 ส่วนบริเวณเทือกเขาและยอดดอยมีอากาศหนาวถึงหนาวจัด อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 5.0 องศาเซลเซียส ที่สถานีอากาศเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 14 และ 16 และที่อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 16 สำหรับฝนในระยะนี้บริเวณประเทศไทยตอนบนแทบไม่มีรายงานฝนตก มีเพียงภาคตะวันออกที่มีฝนและฝนหนักบางพื้นที่ในตอนปลายช่วง ปริมาณฝนสูงสุด 86.6 มิลลิเมตร ที่อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด เมื่อวันที่ 17 ส่วนภาคใต้มีอากาศเย็นหลายพื้นที่และมีฝนกับฝนหนักบางพื้นที่ส่วนมากในระยะปลายช่วง ปริมาณฝนมากที่สุด 90.0 มิลลิเมตร ที่อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 18

วันที่ 21-29 กุมภาพันธ์ บริเวณความกดอากาศสูงกำลังปานกลางที่ปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้มีกำลังอ่อนลงในระยะต้นช่วง โดยในตอนปลายช่วงบริเวณความกดอากาศสูงกำลังปานกลางอีกระลอกหนึ่งได้แผ่เสริมปกคลุมประเทศไทยตอนบนและทะเลจีนใต้ระยะหนึ่งก่อนมีกำลังอ่อนลง ประกอบกับมีลมตะวันออกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยตอนบนเกือบตลอดช่วง ทำให้ในช่วงนี้พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงขึ้นชัดเจนกว่าช่วงที่ผ่านมา โดยเฉพาะในตอนกลางวันบริเวณประเทศไทยตอนบนมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนมีอากาศร้อนต่อเนื่องตลอดช่วง อุณหภูมิสูงสุดวัดได้ 39.6 องศาเซลเซียส ที่อำเภอเมือง จังหวัดตาก เมื่อวันที่ 24 ส่วนในตอนเช้ายังคงมีอากาศหนาวเย็นในภาคเหนือและทางตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิต่ำสุดวัดได้ 10.0 องศาเซลเซียส ที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 23 โดย

บริเวณเทือกเขาและยอดดอยมีอากาศหนาวถึงหนาวจัด อุณหภูมิต่ำสุด 5.1 องศาเซลเซียส ที่อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 23 สำหรับฝนในช่วงนี้อยู่ในเกณฑ์บางพื้นที่ถึงเป็นแห่งๆ ส่วนมากในระยะครึ่งหลังของช่วงและพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้เป็นส่วนใหญ่ โดยปริมาณฝนสูงสุดของประเทศไทยตอนบนวัดได้ 31.7 มิลลิเมตร ที่อำเภอกบินทร์บุรี จังหวัดปราจีนบุรี เมื่อวันที่ 27 ส่วนภาคใต้ปริมาณฝนมากที่สุด 65.5 อำเภอกะพ้อ จังหวัดปัตตานี เมื่อวันที่ 28 โดยมีรายงานฝนฟ้าคะนองและลมกระโชกแรงบริเวณจังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และหนองบัวลำภู เมื่อวันที่ 27

อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนนี้สูงกว่าค่าปกติในทุกภาค โดยเฉพาะภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางอุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติ 1.1-1.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดวัดได้ 10.0 องศาเซลเซียส ที่อำเภอแม่สะเรียง จังหวัดแม่ฮ่องสอน เมื่อวันที่ 9 และ 23 สำหรับอุณหภูมิต่ำที่สุดบริเวณยอดดอย 3.5 องศาเซลเซียส ที่ อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อวันที่ 9 ส่วนอุณหภูมิสูงที่สุด 39.6 องศาเซลเซียส ที่อำเภอเมือง จังหวัดตาก เมื่อวันที่ 24

ปริมาณฝนเดือนนี้สูงกว่าค่าปกติในภาคกลาง 15.6 มิลลิเมตร (126 %) ภาคตะวันออก 19.7 มิลลิเมตร (68 %) และภาคใต้ฝั่งตะวันตก 50.4 มิลลิเมตร (176 %) ส่วนบริเวณอื่น ๆ ปริมาณฝนต่ำกว่าค่าปกติ ดังนี้ ภาคเหนือ 3.9 มิลลิเมตร (34 %) ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 12.5 มิลลิเมตร (71 %) และภาคใต้ฝั่งตะวันออก 8.1 มิลลิเมตร (23 %)

Monthly Current Report
Rainfall and Accumulative Rainfall
February 2012

Northern Thailand

Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Chiang Rai	22.8	1.6	2.4	-9.8	54.1	30.7
Mae Hong Son	22.7	0.5	0.0	-4.8	8.7	-3.8
Phayao	24.3	1.0	0.0	-11.3	1.9	-14.4
Chiang Mai	25.2	1.9	0.0	-9.2	11.0	-5.9
Tha Wang Pha	24.3	2.3	1.1	-11.0	17.1	-4.1
Nan	25.4	2.4	0.0	-13.1	6.9	-13.5
Lamphun	25.0	0.8	0.0	-5.9	1.8	-6.5
Lampang	25.7	1.8	8.9	1.3	25.7	12.5
Mae Sariang	22.7	0.3	0.0	-7.0	2.1	-11.9
Phrae	25.5	1.4	2.4	-7.3	11.2	-4.8
Uttaradit	27.0	1.2	1.3	-13.6	2.4	-19.9
Bhumibol Dam	26.9	-0.1	7.2	-0.2	7.2	-4.6
Tak	27.9	1.0	4.4	-4.0	4.4	-8.2
Mae Sot	26.0	1.8	0.2	-7.8	0.8	-9.5
Umphang	23.4	2.4	29.6	15.8	34.2	12.9
Phitsanulok	27.8	1.1	1.6	-11.3	5.1	-12.9
Lom Sak	27.4	1.8	10.7	-12.7	15.3	-12.5
Phetchabun	27.3	1.1	30.9	11.9	63.6	39.0
Wichian Buri	28.2	0.9	9.4	-4.5	105.9	85.1
Kamphaeng Phet	27.5	0.8	40.2	26.7	42.1	26.8
Over the area	25.7	1.4	7.5	-3.9 -34%	21.1	3.8 22%

Northeastern Thailand

Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Nong Khai	25.6	1.1	43.9	29.4	47.3	25.9
Loei	25.4	1.5	2.4	-14.4	20.6	-2.1
Udon Thani	26.1	1.2	0.2	-20.8	8.9	-17.3
Nakhon Phanom	25.1	1.2	1.2	-26.1	16.1	-14.7
Sakon Nakhon	25.0	0.7	6.0	-19.7	36.4	6.6
Mukdahan	25.5	0.7	2.1	-16.6	8.3	-15.0
Khon Kaen	26.5	0.9	0.0	-16.0	38.7	20.6
Kosum Phisai	26.4	0.9	0.1	-14.0	74.0	57.9
Roi Et	25.9	0.6	17.3	-3.7	86.6	61.1
Chaiyaphum	27.7	1.3	0.0	-18.7	11.7	-10.3
Ubon Ratchathani	27.4	1.3	0.1	-16.4	14.8	-2.9
Tha Tum	26.7	0.7	2.3	-13.7	82.6	65.0
Surin	27.6	1.3	3.9	-7.8	20.5	4.0
Nakhon Ratchasima	27.8	1.3	0.0	-18.1	49.8	25.8
Chok Chai	27.7	1.5	0.0	-11.3	106.7	91.5
Nang Rong	27.3	1.0	3.1	-12.7	8.9	-13.3
Over the area	26.5	1.1	5.2	-12.5 -71%	39.5	17.7 81%

NOTES : 1) Mean temperature is the average of daily dry-bulb temperature
2) "T" is trace, rainfall amount less than 0.1 mm.
3) "blank" is incomplete data.
4) Temperature and rainfall are preliminary data.

Monthly Current Report
Rainfall and Accumulative Rainfall
February 2012

Central Thailand

Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Nakhon Sawan	28.7	0.5	0.6	-11.9	23.6	5.7
Bua Chum	27.9	0.7	14.6	5.5	42.7	28.8
Lop Buri	28.7	0.7	33.0	21.4	33.4	17.1
Suphan Buri	28.8	1.6	2.3	-5.0	3.4	-10.4
Thong Pha Phum	27.5	1.3	80.4	64.5	108.8	87.6
Kanchanaburi	29.3	1.4	0.4	-11.0	14.7	-1.9
Bangkok Airport						
Bangkok Metropolis	29.0	1.3	64.9	45.3	109.1	80.4
Over the area	28.6	1.1	28.0	15.6 126%	48.0	29.4 158%

Eastern Thailand

Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Prachin Buri	29.2	1.0	0.0	-17.1	13.8	-11.0
Kabin Buri	28.3	0.6	31.7	10.0	53.3	24.7
Aranyaprathet	29.0	1.2	1.5	-21.7	12.5	-17.3
Chon Buri	28.8	1.2	15.4	-1.3	53.4	25.8
Ko Sichang	28.1	0.6	13.4	-5.9	64.5	36.8
Pattaya	27.6	0.4	36.2	24.0	39.4	13.3
Sattahip	27.4	0.1	77.4	49.1	110.6	60.0
Rayong	27.9	0.1	80.2	41.5	163.0	104.7
Chanthaburi	28.0	1.2	101.8	65.4	163.0	114.2
Khlong Yai	27.7	0.4	129.4	53.3	270.5	156.1
Over the area	28.2	0.7	48.7	19.7 68%	94.4	50.7 116%

NOTES : 1) Mean temperature is the average of daily dry-bulb temperature
2) "T" is trace, rainfall amount less than 0.1 mm.
3) "blank" is incomplete data.
4) Temperature and rainfall are preliminary data.

Monthly Current Report
Rainfall and Accumulative Rainfall
February 2012

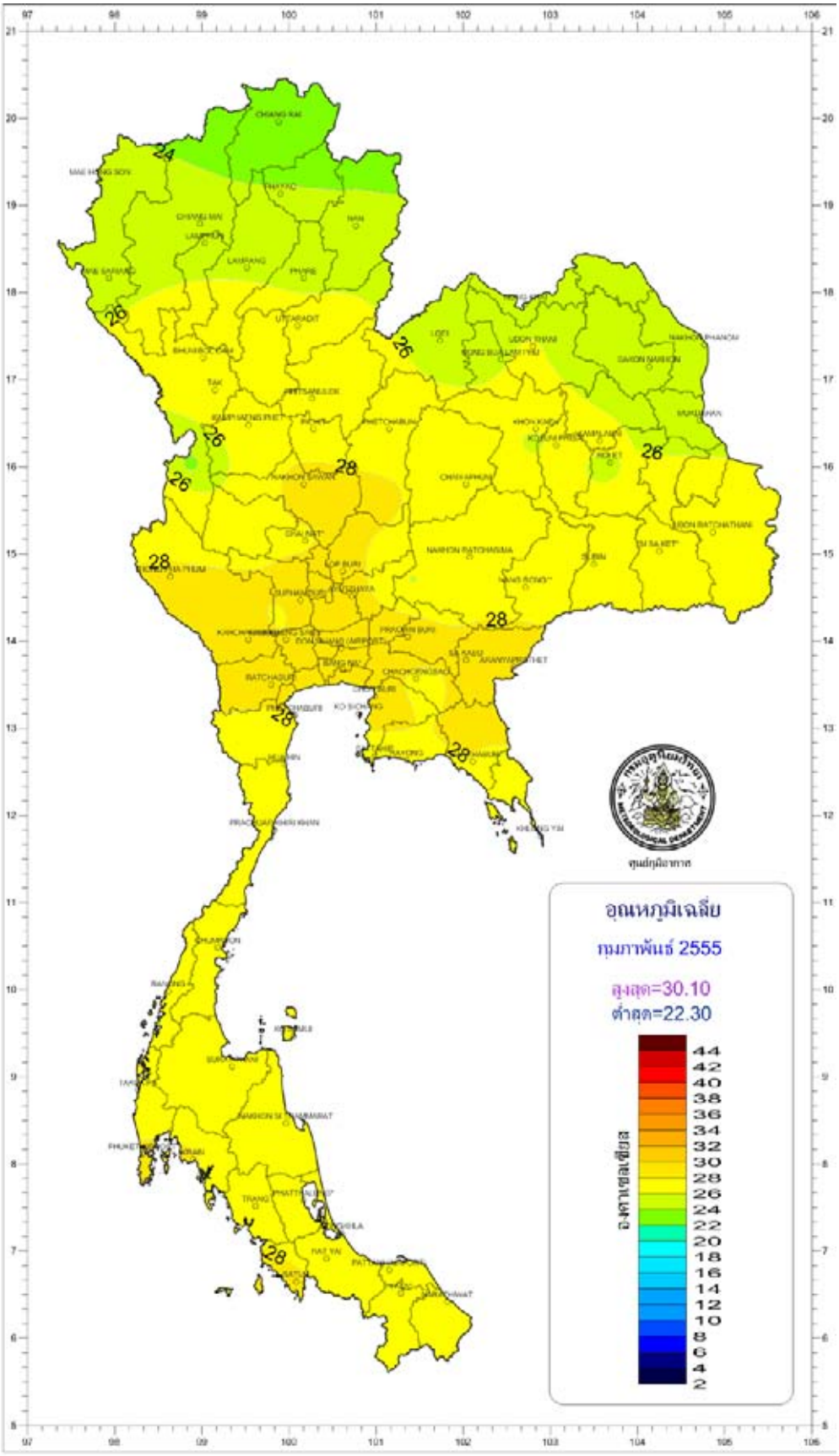
Southern Thailand, east coast

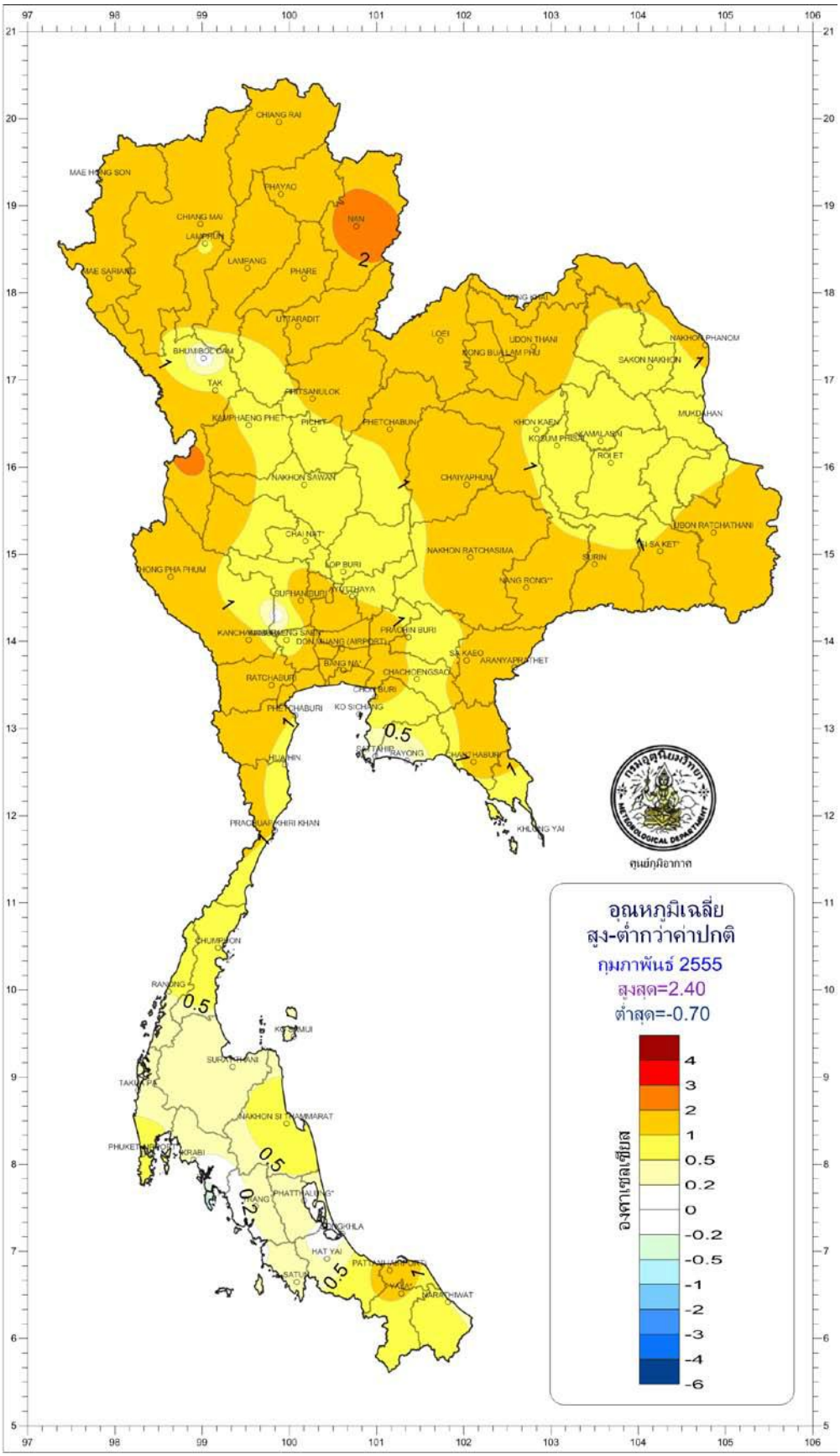
Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Phetchaburi	28.1	1.0	4.3	-0.1	67.9	54.8
Hua Hin	27.8	0.9	0.7	-18.0	40.1	11.9
Prachuap Khiri Khan	27.1	1.0	54.4	22.1	130.0	70.7
Chumphon	27.3	0.9	61.0	1.4	388.0	253.7
Surat Thani	27.1	0.4	73.3	48.4	359.9	301.3
Ko Samui	27.6	0.3	53.5	-2.7	370.1	183.3
Nakhon Si Thammarat	27.1	0.8	8.6	-51.3	1075.7	868.9
Songkhla	27.8	0.1	36.5	-0.5	415.7	324.1
Hat Yai Airport	26.8	0.2	4.9	-14.2	332.4	265.1
Pattani Airport	27.6	1.4	3.9	-27.3	315.6	236.5
Narathiwat	27.2	0.5	5.5	-47.0	402.1	271.2
Over the area	27.4	0.7	27.9	-8.1 -23%	354.3	258.3 269%

Southern Thailand, west coast

Station	Temperature (°c)		Rainfall (mm)		Accumulative rainfall (mm) Since 1 January	
	Mean	Above or below normal	Actual	Above or below normal	Actual	Above or below normal
Ranong	27.6	0.5	78.2	61.7	318.7	290.0
Takua Pa	27.3	0.3	80.4	41.7	290.2	216.3
Phuket	29.3	0.7	72.6	42.3	124.6	72.6
Phuket Airport	28.2	0.8	133.1	100.5	309.6	241.1
Ko Lanta	28.1	-0.1	54.8	35.0	145.8	118.7
Trang Airport	27.8	0.4	22.5	-1.2	135.2	75.6
Satun	28.3	0.4	112.3	72.8	335.0	283.2
Over the area	28.1	0.4	79.1	50.4 176%	237.0	185.4 359%

NOTES : 1) Mean temperature is the average of daily dry-bulb temperature
2) "T" is trace, rainfall amount less than 0.1 mm.
3) "blank" is incomplete data.
4) Temperature and rainfall are preliminary data.


อุณหภูมิเฉลี่ย
กุมภาพันธ์ 2555
สูงสุด=30.10
ต่ำสุด=22.30
อ.เกาะสมุย
44
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2


อุณหภูมิเฉลี่ย
สูง-ต่ำกว่าค่าปกติ
กุมภาพันธ์ 2555
สูงสุด=2.40
ต่ำสุด=-0.70
องศาเซลเซียส
4
3
2
1
0.5
0.2
0
-0.2
-0.5
-1
-2
-3
-4
-6
กรมอุตุนิยมวิทยา
METEOROLOGICAL DEPARTMENT
ศูนย์กุมิอากาศ

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามความพึงพอใจของรสชาติและกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น

แบบสอบถามความพึงพอใจของรสชาติและกลิ่นของน้ำมะม่วงเข้มข้น

ให้คะแนนความพึงพอใจของรสชาติและกลิ่น โดยมีคะแนนตั้งแต่ -4 จนถึง +4 โดยค่าเป็น + คือมีความพอใจมากกว่าตัวอย่างอ้างอิง ค่าเป็น – คือพอใจน้อยกว่าตัวอย่างอ้างอิง ค่าเป็น 0 คือพอใจเท่ากับตัวอย่างอ้างอิง

+4 = พอใจตัวอย่างมากกว่าตัวอย่างอ้างอิงมาก

+3 = พอใจตัวอย่างมากกว่าตัวอย่างอ้างอิงค่อนข้างมาก

+2 = พอใจตัวอย่างมากกว่าตัวอย่างอ้างอิง

+1 = พอใจตัวอย่างมากกว่าตัวอย่างอ้างอิงเล็กน้อย

0 = รู้สึกเหมือนตัวอย่างอ้างอิง

-1 = พอใจตัวอย่างน้อยกว่าตัวอย่างอ้างอิงเล็กน้อย

-2 = พอใจตัวอย่างน้อยกว่าตัวอย่างอ้างอิง

-3 = พอใจตัวอย่างน้อยกว่าตัวอย่างอ้างอิงค่อนข้างมาก

-4 = พอใจตัวอย่างน้อยกว่าตัวอย่างอ้างอิงมาก

	ถ้วยที่						
	1	2	3	4	5	6	7
คะแนนรสชาติ							
บรรยาย							
คะแนนกลิ่น							
บรรยาย							

ภาคผนวก ง

ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง

อายุ ___ เพศ ___

เรียนคณะ / สาขา _____

แบบสอบถาม

ความพึงพอใจผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง

1. เฉดสีใดที่สามารถแสดงความเป็นสีของน้ำมะม่วงได้

เฉดสี	เหตุผล

2. ท่านชอบดื่มน้ำมะม่วงหรือไม่

◯ ชอบ ◯ ไม่ชอบ ◯ เฉย ๆ แต่ดื่มได้ ◯ ไม่เคยดื่ม

3. บรรจุภัณฑ์ใดที่ท่านคิดว่าน่าจะเหมาะสมกับน้ำมะม่วง

◯ ขวดพลาสติก ◯ ขวดแก้ว ◯ ถุง (ขนาดใหญ่) / ซอง (ขนาดเล็ก) ◯ กล่องกระดาษ

เหตุผล _____

4. ปัจจัยใดที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์น้ำมะม่วง

◯ รสชาติ ◯ รูปแบบบรรจุภัณฑ์ ◯ ภาพ สี กราฟฟิค บนบรรจุภัณฑ์

◯ ชื่อแบรนด์ ◯ โภชนาการ ◯ อื่น ๆ โปรดระบุ _____

5. เฉดสีใดของน้ำมะม่วงที่ท่านชอบและพึงพอใจ

เฉดสี	เหตุผล

ขอบคุณครับ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติส่วนตัว

นาย ชวัลวิทย์ รัศมีพจน์ เกิดเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2530 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

- ปี พ.ศ. 2548 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนมัธยมวัดมกุฎกษัตริย์

- ปี พ.ศ. 2552 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่ายและเทคโนโลยีทางการพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานทางวิชาการ

- ได้รับรางวัลชมเชย ในการนำเสนอผลงานดีเด่น ประเภทบรรยาย 5 กลุ่ม 1 สาขาฟิสิกส์ ฟิสิกส์ประยุกต์ ฟิสิกส์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และพลังงาน วัสดุศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ศึกษา หัวข้อ “ถุงหลายชั้นที่ใช้พอลิโพรพิลีนเป็นฟิล์มปิดผนึกสำหรับบรรจุน้ำมะม่วงเข้มข้น” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 4 ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก วันที่ 12-13 มีนาคม 2555