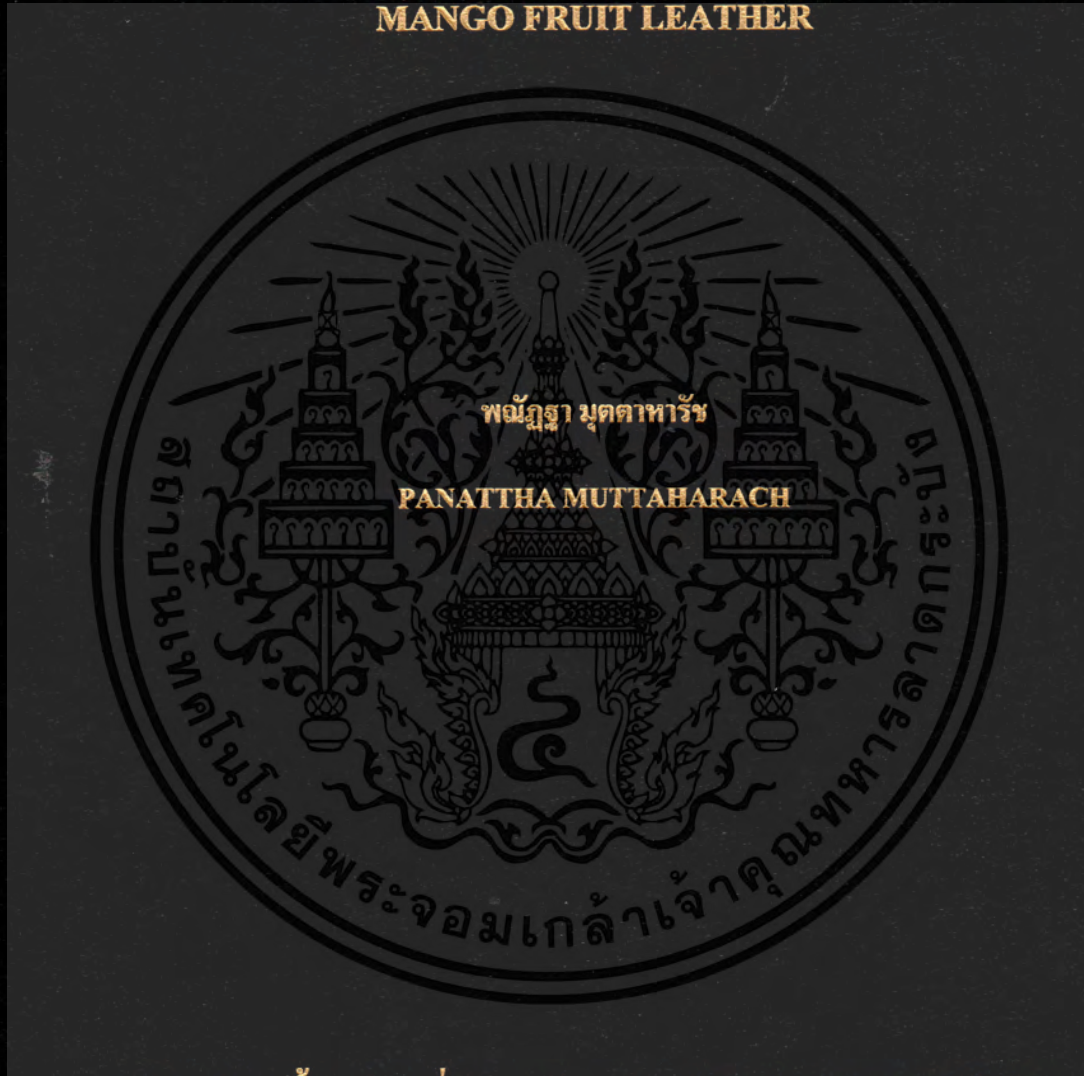


ผลของผงดอกคำฝอยต่อสมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระ
ของเพียวเร่มะม่วงและมะม่วงแผ่น

**EFFECT OF SAFFLOWER POWDER ON PHYSICOCHEMICAL AND
ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MANGO PUREE AND
MANGO FRUIT LEATHER**



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AI-M-053-319

ผลของผงดอกคำฝอยต่อสมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระ
ของเพียวเร่มะม่วงและมะม่วงแผ่น

**EFFECT OF SAFFLOWER POWDER ON PHYSICOCHEMICAL AND
ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MANGO PUREE AND
MANGO FRUIT LEATHER**



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2561

KMITL-2018-AI-M-053-319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**EFFECT OF SAFFLOWER POWDER ON PHYSICOCHEMICAL AND
ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MANGO PUREE AND
MANGO FRUIT LEATHER**



PANATTHA MUTTAHARACH

A THESIS SUBMITTED IN PATIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-AI-M-053-319

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF AGRO-INDUSTRY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของผงดอกคำฝอยต่อสมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของเพียวเร่
มะม่วงและมะม่วงแผ่น
EFFECT OF SAFFLOWER POWDER ON PHYSICO-CHEMICAL AND
ANTIOXIDANT PROPERTIES OF MANGO PUREE AND MANGO FRUIT
LEATHER

ชื่อนักศึกษา นางสาวพนัญญา มุตตาหารัช
รหัสประจำตัว 59608031
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ	
รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม	
ผศ.ดร.ยุพร พิชฌิมุท	
ผศ.ดร.อังคณา วิภาคนาวิน	

วัน / เดือน / ปีที่สอบ 27 พฤศจิกายน 2561 เวลา 13.00 น. เป็นต้นไป
สถานที่สอบ ณ ห้อง A 303 อาคารเจ้าคุณทหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตรรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม)

คณบดีคณะอุตสาหกรรมเกษตร

วันที่ 17 เดือน ๐๑ พ.ศ. ๒๕๖๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของผงดอกคำฝอยต่อสมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของเพียวแรมะม่วงและมะม่วงแผ่น
นักศึกษา	นางสาวพนัญญา มุตตาหารัช
รหัสประจำตัว	59608031
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. รุจิรา ตาปราชญ์

บทคัดย่อ

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้้นำมาทำเป็นเพียวแรมะม่วงเพื่อศึกษาสมบัติทางรีโอโลยี โดยปรับระดับความเข้มข้นที่ 3 ระดับ คือ 15, 17 และ 19 บริกซ์ พบว่า ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient: K) ลดลง ยกตัวอย่างเช่น เพียวแรมะม่วงที่ 15 บริกซ์ มีค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ลดลงจาก 11.32 เป็น 8.38 Pa ค่าความหนืดปรากฏ (η_{app}) ลดลงจาก 0.5054 เป็น 0.3741 Pa.s และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (K) ลดลงจาก 3.0699 เป็น 1.2419 นอกจากนี้ยังมีค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (flow behavior index: n) อยู่ในช่วง 0.3121 ถึง 0.6446 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับพฤติกรรมการไหลแบบ Non-Newtonian ประเภทซูโดพลาสติก และนำมาแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น โดยเติมผงดอกคำฝอยที่ 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0.50, 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ต่อเพียวแรมะม่วง 1000 กรัม ได้ศึกษาสมบัติด้านเคมีกายภาพ สี การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) พบว่า ผงดอกคำฝอยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงแผ่นในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 เดือน ซึ่งมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยมีสีเข้มมากขึ้น โดยค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ($P \leq 0.05$) และมีค่าความเป็นสีแดง (a^*) เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่า ($P \leq 0.05$) มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าฝอยและการเติมผงดอกคำฝอยในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้นมีผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงขึ้น ($P \leq 0.05$) โดยมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) เท่ากับ 245.21 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ มี TPC เท่ากับ 331.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เท่ากับ 194.89 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอคซ์ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และ 202.72 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอคซ์ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง ตามลำดับ และในช่วง 42 วันแรกของการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มี TPC ลดลงช้าที่สุด เท่ากับ 11.03 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่น ๆ และจากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-point hedonic scale พบว่า ความชอบโดยรวมของมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยได้คะแนน 5.35 คะแนน และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50, 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนน 5.25, 4.65 และ 3.70 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Effect of safflower powder on physicochemical and antioxidant properties of mango puree and mango fruit leather
Student	Miss Panattha Muttaharach
Student ID	59608031
Degree	Master of Science
Program	Food Science
Year	2018
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Ruchira Taprap

ABSTRACT

“Nam Dok Mai” mango (*Mangifera indica* Linn.) was processed to puree for studying rheological properties and was set to three concentration levels; 15 °Brix, 17 °Brix and 19 °Brix. The higher temperature from 25 to 60 Degree Celsius will decrease the shear stress, apparent viscosity (η_{app}) and consistency coefficient (K) for all samples. Mango puree at 15 °Brix, shear stress was reduced from 11.32 to 8.38 Pa, apparent viscosity (η_{app}) from 0.5054 to 0.3741 Pa.s and consistency coefficient (K) from 3.0699 to 1.2419. The flow behavior index (n) of mango puree was 0.3121 to 0.6446 which corresponding to flow behavior of Non-Newtonian in type of pseudoplastic. Then, mango was processed to fruit leather and was enriched with safflower (*Carthamus tinctorius* L.) powder to enhance their antioxidant capacity. Safflower powder was added in three levels; 0.50, 1.00, and 2.00% in mango puree 1000 g. The physicochemical properties, color, texture analysis, antioxidant properties (total phenolic content: TPC and antioxidant capacity: DPPH scavenging activity) and sensory evaluation were examined. Adding of safflower powder could change the fruit leather’s color, TPC and DPPH scavenging activity during storage condition (at room temperature for 3 months). The color of mango leather with safflower powder was darker than mango leather without safflower. L^* and b^* was decreased ($P \leq 0.05$) and a^* was increased ($P \leq 0.05$). In mango leather with safflower powder adding, TPC and DPPH scavenging activity were higher ($P \leq 0.05$) than mango leather without safflower.

The higher amount of safflower powder adding, the higher amount of TPC and DPPH scavenging activity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

were detected ($P \leq 0.05$). The TPC in mango leather without safflower powder was 245.21 mg GA to 100 g sample and mango leather with safflower powder adding 1.00% was 331.14 mg GA to 100 g sample, the DPPH scavenging activity was 194.89 mg TE to 100 g sample and 202.72 mg TE to 100 g sample, respectively. During 42 days of storage, TPC in mango leather with safflower powder adding 2.00% was slowly decreased as 11.03% as compare to others. Overall acceptance score from sensory evaluation (7-point hedonic scale) of mango leather without safflower powder was 5.35 and mango leather with safflower powder 0.50, 1.00 and 2.00% was 5.25, 4.65 and 3.70, respectively.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ช่วยแก้ไขปัญหา รวมทั้งให้คำชี้แนะคำแนะนำ ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย ตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม ผศ.ดร.ยุพร พิชกมุทร และ ผศ.ดร. อังคณา วิภาต-นาวิน กรรมการสอบหัวข้อและ โครงร่างวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนทำให้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้ ตลอดจนให้ข้อคิด มุมมองและ แนวทางอันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าในการศึกษาค้นคว้า จัดทำวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์ เจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานและ เพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและเป็นกำลังใจด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่อันเป็นที่เคารพรัก และพี่ๆทุกคน ที่ได้ให้ความรัก ให้กำลังใจและ สนับสนุนช่วยเหลือในทุกด้านด้วยดีตลอดมาคุณค่าและประโยชน์ที่พึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้า ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ความคิดความชอบนี้ผู้เขียนขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน หากปราศจากความช่วยเหลืออันดีจากผู้ มีพระคุณทั้งหลาย รูปเล่มวิทยานิพนธ์นี้คงไม่สำเร็จลุล่วงไปได้และผู้เขียนขอขอบคุณผู้แต่งและ วิทยานิพนธ์ที่ข้าพเจ้านำมาอ้างอิงดังกล่าวเป็นอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นิสิต นักศึกษาและ ผู้สนใจอ่านทั่วไป และหากมีข้อความใดหรือเนื้อหาตอนหนึ่งตอนใดผิดพลาดไปเนื่องจากการพิมพ์หรือ ด้วยเหตุใดก็ตาม ผู้จัดทำยินดีรับการติชมจากผู้อ่านด้วยใจจริง

พณัญญา มุคตาทหารัช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญภาพ.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 มะม่วง (Mango).....	3
2.1.1 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้.....	3
2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง.....	5
2.1.2 ประโยชน์ของมะม่วง.....	6
2.2 ดอกคำฝอย (Safflower)	7
2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และองค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย.....	7
2.2.2 ประโยชน์ของดอกคำฝอย.....	9
2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ.....	10
2.3.1 อนุมูลอิสระ (free radical).....	10
2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant).....	12
2.3.3 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ.....	14
2.4 สมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร.....	15
2.4.1 คุณสมบัติการไหลแบบคงตัว (concept of steady state-shear flow).....	15
2.4.2 ประเภทการไหลของของไหล.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Textural properties of food).....	20
2.5.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA).....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	23
3.1 วัตถุประสงค์.....	23
3.2 สารเคมี.....	23
3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ.....	23
3.4 อุปกรณ์.....	23
3.5 สถานที่ทดลอง.....	24
3.6 วิธีการดำเนินงาน.....	25
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์.....	30
4.1 สมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง.....	30
4.2 สมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่น.....	33
4.2.1 ผลการทดลองด้านสมบัติเคมีกายภาพของเพียวเร่มะม่วง ก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น.....	33
4.2.2 ผลการทดลองด้านสมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น.....	34
4.2.2 ผลการทดลองด้านสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่น.....	45
4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่น.....	48
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	50
บรรณานุกรม.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก.....	57
ก. การเตรียมกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกและการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมด.....	57
ข. การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอคซ์และการวิเคราะห์ความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH.....	63
ค. การวิเคราะห์ทางเคมีกายภาพ.....	73
ง. การวิเคราะห์โดยประมาณของมะม่วงแผ่น.....	75
จ. การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ.....	86
ฉ. แบบฟอร์มการประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory evaluation).....	88
ช. การเตรียมเพียวมะม่วง.....	90
ซ. การเตรียมดอกคำฝอย.....	92
ณ. ตัวอย่างมะม่วงแผ่น.....	94
ประวัติผู้เขียน.....	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางอาหารของเนื้อมะม่วง 100 กรัม.....	5
2.2 ประโยชน์ของมะม่วงตามความแก่ อ่อนและกลุ่มผลิตภัณฑ์.....	6
2.3 องค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย.....	9
2.4 องค์ประกอบแร่ธาตุของดอกคำฝอย.....	9
2.5 ตัวอย่างของ Reactive species (RS).....	10
2.6 ตัวอย่างของไหลประเภท Newtonian และ Non-Newtonian.....	18
4.1 ค่าพารามิเตอร์จากสมการ power law ของเพียวเร่มะม่วง.....	31
4.2 สมบัติเคมีกายภาพของเพียวเร่มะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น.....	33
4.3 ปริมาณความชื้นในมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา.....	34
4.4 วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ในมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา.....	35
4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ในมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน.....	36
4.6 ค่า $L^* a^* b^*$ ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพียวเร่มะม่วงที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	38
4.7 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยวันที่ 0.....	42
4.8 องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	44
4.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	48
ก.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก.....	59
ก.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก.....	59
ก.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างเพียวเร่มะม่วง.....	60
ก.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น.....	60
ข.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์.....	66
ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์.....	66
ข.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์.....	67
ข.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างเพียวเร่มะม่วง.....	67
ข.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารสกัดตัวอย่างเพียวเร่มะม่วง.....	67
ข.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น.....	68
ข.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น.....	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะของผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้.....	3
2.2 แผนภูมิแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในผลไม้ต่าง ๆ.....	4
2.3 ลักษณะของดอกคำฝอย.....	7
2.4 สารสีแดงในดอกคำฝอย (carthamin).....	8
2.5 สารสีเหลืองในดอกคำฝอย (carthamus yellow).....	8
2.6 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Free radical scavenging.....	14
2.7 streamline flow เมื่อ fluid ไหลในท่ออย่างช้า.....	15
2.8 การสมมติขึ้นการไหลของของเหลวระหว่างแผ่น.....	15
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ shear stress และ ความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ viscosity ของของไหลแบบ Newtonian และ Non-newtonian.....	18
2.10 ผลของเวลาที่มีต่อของเหลว.....	19
2.11 Texture Profile Analysis Curve.....	21
4.1 แผนภาพรีโอโลแกรมระหว่างค่าความเค้นเฉือน (shear stress) กับอัตราเฉือน (shear rate) ของเพียวเร่มะม่วง 15, 17 และ 19 ปริกซ์.....	30
4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วในการไหล (velocity) กับค่าความหนืดปรากฏ (η_{app}) ของเพียวเร่มะม่วง 15, 17 และ 19 ปริกซ์.....	32
4.3 ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของเพียวเร่มะม่วง และมะม่วงแผ่นวันที่ 0 ทั้งเดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	39
4.4 ตำแหน่งสีของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพียวเร่มะม่วงที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยบนชาร์จิสี.....	39
4.5 ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงแผ่น วันที่ 0 และวันที่ 98 ทั้งเดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	40
4.6 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยวันที่ 0 เทียบกับ เมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน.....	43
4.7 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 เทียบกับเพียวเร่มะม่วงทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย.....	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.8 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่นที่เต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา.....	47
4.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอย.....	49
ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก.....	60
ข.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโทรลอคซ์.....	68
ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโทรลอคซ์ในการวิเคราะห์ DPPH.....	69
ช.1 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุก.....	91
ช.2 มะม่วงที่ปอกเปลือกแล้ว.....	91
ช.3 เนื้อมะม่วงชิ้นเล็ก.....	91
ช.4 เพียวร์มะม่วง.....	91
ซ.1 ดอกคำฝอยแห้ง.....	93
ซ.2 ผลดอกคำฝอย.....	93
ณ.1 ตัวอย่างมะม่วงแผ่น.....	95

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ได้ถูกนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่น (mango fruit leather) มากขึ้น เนื่องจากมะม่วงน้ำดอกไม้มีคุณลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีสีเนื้อเหลืองอมส้ม มีปริมาณเส้นใยน้อย ให้น้ำน้อยและยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะวิตามินเอ ในรูปของเบต้าแคโรทีนที่มีปริมาณสูงเท่ากับ (873 $\mu\text{g}/100\text{g}$) (สำนักโภชนาการกรมอนามัย, 2549) และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 978.12 mg/100 g FW (ดวงพร, 2558) มะม่วงแผ่นเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ได้จากการนำเพียวแรมะม่วง (mango puree) ที่เกิดจากการตีปั่นเนื้อมะม่วงสุกจนได้เนื้อผลไม้ที่เข้มข้นและเป็นเนื้อเดียวกัน อาจมีการเติมวัตถุเจือปนอาหาร เช่น น้ำตาล กรดซิตริก และสารที่ทำให้เกิดเจล จากนั้นกวนให้ความร้อนแก่ส่วนผสมทั้งหมดจนปริมาณน้ำลดลงจากนั้นนำมะม่วงกวนที่ได้มาตากเป็นแผ่นและอบจนมีความชื้นน้อยที่สุดหรือจนแห้ง จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางอาหารรับประทานง่าย พกพาสะดวก น้ำหนักเบา เก็บรักษาได้นาน มีกลิ่นรสรับประทานและมีกรรมวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่เคยศึกษาการแปรรูปผลไม้แผ่นจากมะม่วง ลำไย ลิ้นจี่ สับปะรด เงาะ ฝรั่ง ส้ม (รัตน และคณะ, 2550) เป็นต้น การทำมะม่วงแผ่นเป็นหนึ่งในการถนอมอาหารมาผ่านกระบวนการให้ความร้อนโดยวิธีการกวน แต่จากกรรมวิธีการแปรรูปมะม่วงแผ่นที่ต้องใช้ความร้อนในการกวนและการตากแห้งหรือการอบแห้งอาจทำให้การต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในมะม่วงนั้น อาจลดลง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงอยากพัฒนาและเพิ่มคุณค่าให้กับมะม่วงแผ่น โดยการเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติด้วยดอกคำฝอย ซึ่งดอกคำฝอยเป็นสมุนไพรที่นิยมรับประทานเป็นชาดอกคำฝอย สามารถใช้เป็นสารให้สีในอาหารจากธรรมชาติและมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แข็งแรงในผลิตภัณฑ์อาหารและยา (Salem et al., 2011 and Machewad et al., 2012) การศึกษาในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของมะม่วงแผ่น ได้แก่ สมบัติทางเคมีกายภาพ สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) รวมถึงการวิเคราะห์ทางด้านเนื้อสัมผัส (texture analysis) งานวิจัยนี้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับมะม่วงแผ่นมากยิ่งขึ้นและสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่นหรือนำไปเป็นแนวทางสำหรับการต่อยอดงานวิจัยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงที่ระดับความเข้มข้นและอุณหภูมิต่าง ๆ
- 1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติด้านสีและสมบัติด้านเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่น
- 1.2.3 เพื่อศึกษาสมบัติด้านเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้เลือกมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้มาแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น โดยศึกษาผลของอุณหภูมิที่ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ต่อสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง 3 ระดับความเข้มข้น คือ 15, 17 และ 19 ปริกซ์ และมะม่วงแผ่นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีทั้งเติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย โดยเติมผงดอกคำฝอย 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0.50, 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นทำการศึกษาสมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น เช่น สี และ เนื้อสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่นในระหว่างการเก็บรักษา ศึกษาผลของการเติมผงดอกคำฝอยต่อสมบัติทางด้านเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงแผ่นและทำการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้ทราบสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง
- 1.4.2 ได้ทราบสมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น เช่น สี และ เนื้อสัมผัส ในระหว่างการเก็บรักษา
- 1.4.3 ได้ทราบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่นในระหว่างเก็บรักษา
- 1.4.4 ได้ทราบผลของการเติมผงดอกคำฝอยในมะม่วงแผ่นต่อสมบัติด้านเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วง (Mango)

มะม่วงที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ด้วยกัน พันธุ์ที่ดีสามารถที่จะส่งขายต่างประเทศในลักษณะมะม่วงสด มะม่วงดิบและมะม่วงสุก ในระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม เป็นเดือนที่มีมะม่วงมากที่สุด ซึ่งในขณะนี้ราคามะม่วงบางชนิดจะถูกและมีปริมาณมาก จึงควรมีการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากมะม่วงในขณะนี้ เพื่อเป็นการถนอมอาหารและสามารถส่งเป็นสินค้าออกไปจำหน่ายต่างประเทศได้ พันธุ์มะม่วงที่นำไปแปรรูปอย่างกว้างขวางและแปรรูปเป็นมะม่วงกวนหรือมะม่วงแผ่นได้ เช่น มะม่วงแก้ว มะม่วงน้ำดอกไม้ และมะม่วงพิมเสนมัน เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

2.1.1 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้

มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้เป็นมะม่วงที่รับประทานผลสุก ผลดิบมีรสเปรี้ยวเมื่อสุกจะมีรสชาติหวาน มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว มีปริมาณเนื้อผลประมาณ 77% เนื้อแน่นและเยื่อ สีเหลืองส้ม ฉ่ำน้ำ เมล็ดบางมาก ไม่มีเสี้ยน (วิจิตร, 2536) และมีการเจริญเติบโต จึงมีผู้นิยมปลูกกันมาก ใบมีลักษณะหยักเป็นคลื่น ทรงพุ่มโปร่ง ผลมีลักษณะค่อนข้างกลมยาว ผลเฉลี่ยยาว 16 เซนติเมตร กว้าง 7.2 เซนติเมตร และหนา 6.9 เซนติเมตร น้ำหนักต่อผลประมาณ 330 กรัม ด้านขั้วผลอูม ด้านปลายผลแหลม ใหลผลด้านท้องมน ใหลผลด้านหลังลาดลงและมีจะงอยผลเล็กน้อย ผิวผลเรียบ (เฉลิมชัย, 2539) และยังเป็นผลไม้ที่มีมูลค่าการส่งออกสูงเป็นอันดับห้าของประเทศและเป็นพันธุ์หลักเพื่อการส่งออก โดยลักษณะของผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ แสดงที่ภาพ 2.1

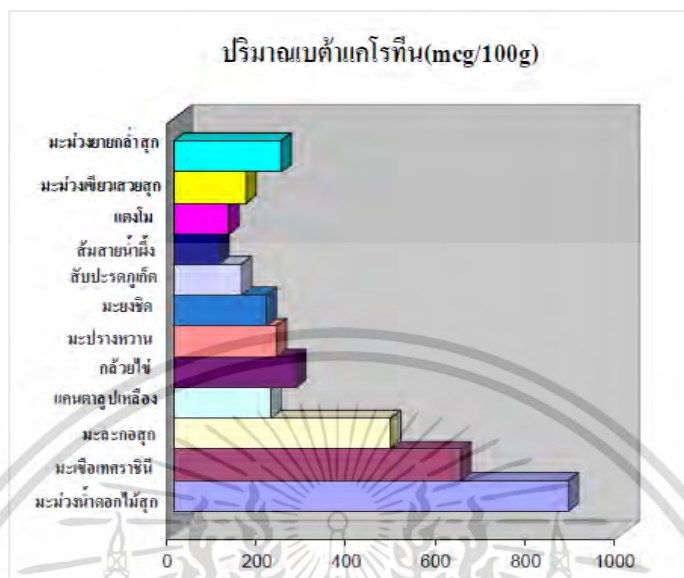


ภาพที่ 2.1 ลักษณะของผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้

ที่มา : <http://siammetalliczone.com/มะม่วงน้ำดอกไม้สุกช่วย/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของผลไม้ของสำนักโภชนาการกรมอนามัย (2549) ที่แสดงดังภาพที่ 2.2 พบว่า ในมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงกว่าผลไม้ชนิดอื่นเป็นอย่างมาก



ภาพที่ 2.2 แผนภูมิแสดงปริมาณเบต้าแคโรทีนในผลไม้ต่าง ๆ

ที่มา : สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2549

และจากงานวิจัยของ ดวงพร (2558) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณเบต้าแคโรทีนและไลโคปีน รวมทั้งปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในมะม่วงดิบและสุกของพันธุ์พื้นบ้านของจังหวัดฉะเชิงเทรา ได้แก่ มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ พันธุ์ชายตึก และพันธุ์มหาชนก พบว่า มะม่วงน้ำดอกไม้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดมากที่สุดเป็น 31.40 mg GA/100 g FW โดยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี HPLC สำหรับปริมาณเบต้าแคโรทีน พบว่า ในมะม่วงสุกมีค่าระหว่าง 20.54 ถึง 50.32 mg/100 g FW โดยมะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนมากที่สุด รองลงมาคือมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ที่มีปริมาณแคโรทีนเท่ากับ 44.56 mg/100 g FW สำหรับปริมาณไลโคปีน พบว่า มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้มีปริมาณไลโคปีนมากที่สุดเท่ากับ 0.28 mg/100 g FW และปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกมากที่สุดเท่ากับ 978.12 mg/100 g FW โดยปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids) เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ และการวิเคราะห์หาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ในเนื้อผลมะม่วงสุกทั้ง 3 สายพันธุ์มีค่าอยู่ในช่วง 0.42 ถึง 0.91 mmol/100 g FW โดยสารสกัดจากมะม่วงพันธุ์มหาชนกมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากที่สุด คือ 1.91 mmol/100 g FW รองลงมาคือ มะม่วงน้ำดอกไม้และมะม่วงชายตึก เท่ากับ 1.25 และ 0.42 mmol/100 g FW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 คุณค่าทางโภชนาการของมะม่วง

มะม่วงเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่มีสมบัติด้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง เช่น วิตามินซี เป็นต้น ซึ่งสารดังกล่าวมีมากกว่ามะนาวถึง 3 เท่า รวมทั้งยังมีสารสำคัญอีกหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ (carotenoids) แอนโทไซยานิน (anthocyanins) และสารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) (Ajila et al., 2007a) สำหรับสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญซึ่งพบในเปลือก เนื้อ และเมล็ด ได้แก่ แมงกิเฟอริน (mangiferin) กรดแกลลิก (gallic acid) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) แซนโทน (xanthone) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น (Abdalla et al., 2007 and Ribeiro et al., 2007) และในมะม่วงสุกมีเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) และแซนโทฟิลล์ (xanthophyll) เป็นเม็ดสีหลักและยังมีเอนไซม์หลักคือ แคตตาลาส (catalase) และเพอร์ออกซิเดส (peroxidase) นอกจากนี้ความเป็นกรดต่าง (pH) ในเนื้อมะม่วง มีประมาณ 3.9 ถึง 4.5 ความเป็นกรดขึ้นอยู่กับพันธุ์ ซึ่งคิดในรูปกรดซิตริกจะอยู่ระหว่าง 0.12 ถึง 0.71 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาส่วนประกอบที่มีอยู่ในเนื้อมะม่วงดิบ ห้าม และสุก แสดงไว้ตามตารางที่ 2.1 โดยเป็นค่าเฉลี่ยที่คิดจากส่วนที่เป็นเนื้อมะม่วงที่รับประทานได้ 100 กรัม พบว่ามีสารอาหารและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์จำนวนมากหลายชนิด เช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แคลเซียม ฟอสฟอรัสและวิตามินเอ เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของเนื้อมะม่วง 100 กรัม

องค์ประกอบ (composition)	มะม่วงดิบ (Green)	มะม่วงห้าม (Medium)	มะม่วงสุก (Ripe)
ความชื้น (กรัม)	82.9	81.1	82.6
ไขมัน (กรัม)	0.4	0.6	0.6
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	15.3	17.5	15.9
เส้นใย (กรัม)	0.4	0.2	0.5
โปรตีน (กรัม)	0.6	0.4	0.6
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	10.0	10.0	10.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	15.0	15.0	15.0
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.2	0.3	0.3
วิตามิน (มิลลิกรัม)	62	48	36
วิตามินเอ หน่วยสากล/ 100 กรัม	183	392	3,133
พลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/ 100 กรัม)	60	69	62

ที่มา: กองโภชนาการ กรมอนามัย, 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 ประโยชน์ของมะม่วง

มะม่วงนอกจากรับประทานทั้งดิบ ห่าม และสุกแล้ว ยังดัดแปลงทำผลิตภัณฑ์ได้หลายอย่าง ดังตารางที่ 2.1 ผลิตภัณฑ์มะม่วงที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ ได้แก่ มะม่วงดอง มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงกวน มะม่วงกระป๋อง และน้ำมะม่วงสุก เป็นต้น นอกจากผลที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์แล้ว ต้นมะม่วงก็ยังใช้ประโยชน์สำหรับสร้างบ้านเรือนและทำเครื่องใช้หลายประเภท ใบอ่อนใช้ปรุงอาหาร แต่อย่างไรก็ตามประโยชน์ที่สำคัญที่สุดคือผลมะม่วง ถือกันว่ามะม่วงเป็นผลไม้ที่มีรสอร่อยมากชนิดหนึ่งในบรรดาผลไม้เขตร้อนและในบ้านเรานิยมรับประทานผลมะม่วงได้เกือบทุกระยะของการเจริญเติบโต

ตารางที่ 2.2 ประโยชน์ของมะม่วงตามความแก่ อ่อนและกลุ่มผลิตภัณฑ์

ลำดับที่	ลักษณะความแก่อ่อน	ผลิตภัณฑ์
1.	มะม่วงดิบ	มะม่วงดองเค็ม ดองเปรี้ยว มะม่วงแช่อิ่ม มะม่วงดิบในน้ำเชื่อม สลัดมะม่วง ผลิตภัณฑ์อาหารอบ เช่น พายมะม่วง ทาร์ตมะม่วง
2.	มะม่วงค่อนข้างสุก และมะม่วงสุก	น้ำมะม่วง เพียวเร่มะม่วง มะม่วงแผ่น แยมมะม่วง เยลลี่มะม่วง ไอศกรีมมะม่วง ผลิตภัณฑ์อาหารอบ เช่น เค้กมะม่วง พายมะม่วง

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547

2.2 ดอกคำฝอย (Safflower)

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์และองค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย

ดอกคำฝอย หรือ Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) จัดอยู่ในวงศ์ทานตะวัน (COMPOSITAE) เป็นพืชโบราณที่มีถิ่นกำเนิดจากแถบประเทศตะวันออกกลาง ปัจจุบันมีการเพาะปลูกมากในประเทศอินเดีย (Ekin, 2005) สำหรับประเทศไทยมีการนำมาปลูกมากในภาคเหนือ เพาะปลูกกันมากในอำเภอพร้าว อำเภอจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่และอำเภอฟาน จังหวัดเชียงราย

ดอกคำฝอยจะออกดอกรวมกันเป็นช่ออัดแน่นบนฐานดอกที่ปลายยอด มีดอกย่อยขนาดเล็กจำนวนมากดอกคำฝอยมีลักษณะกลมคล้ายดอกดาวเรือง ดอกยาวประมาณ 2.5-4 เซนติเมตร กลีบดอกเป็นกระจุก กลีบสีแดงเข้ม ดอกและเกสรมีรสหวานร้อน เมื่อดอกคำฝอยบานใหม่ ๆ จะมีกลีบดอกสีเหลืองแล้วจึงค่อยๆ เปลี่ยนเป็นสีส้ม เมื่อแก่จัดดอกจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง ที่ดอกมีใบประดับแข็งเป็นหนามรองรับช่อดอกอยู่ ดังภาพที่ 2.3 ที่แสดงลักษณะของดอกคำฝอย

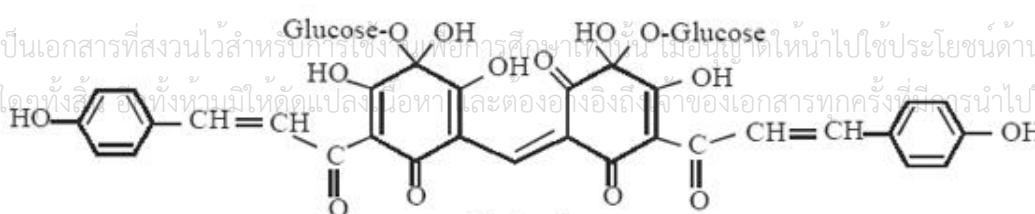


ภาพที่ 2.3 ลักษณะของดอกคำฝอย

ที่มา: <http://www.maeonhospital.go.th/?p=1524>

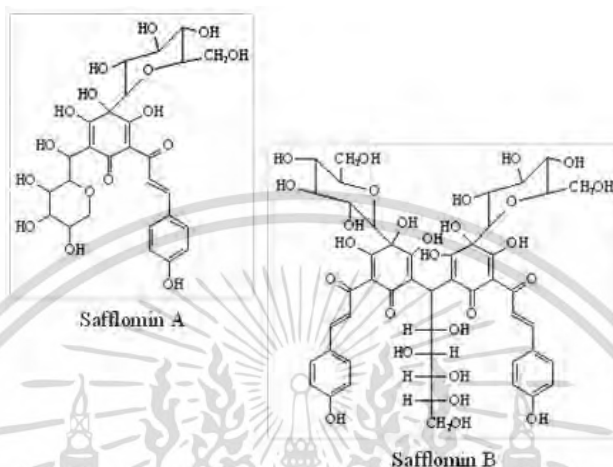
ดอกคำฝอยประกอบด้วยเม็ดสี 2 สี คือ สีแดง (carthamin) และสีเหลือง (carthamidin, safflower yellow or carthamus yellow) โดยสีเหลืองจากดอกคำฝอย หรือ carthamidin จะเป็นส่วนที่ละลายได้ในน้ำ และจะประกอบด้วยเม็ดสี 2 สีหลักคือ ซาฟฟลอรีมินเอ (safflorin A หรือ hydroxysafflor yellow A) และ ซาฟฟลอรีมินบี (safflorin B หรือ safflor yellow B) และสีแดงจากดอกคำฝอย หรือ carthamin จะเป็นส่วนที่ไม่ละลายในน้ำแต่จะละลายได้ในสารละลายต่าง (Weiss, 1983) ดอกคำฝอยประกอบด้วยสารสีเหลือง 28 ถึง 36 เปอร์เซ็นต์ และสารสีแดง 0.3 ถึง 0.6 เปอร์เซ็นต์ (Zhang, 1993)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 สารสีแดงในดอกคำฝอย (carthamin)

ที่มา: <http://www.epharmacognosy.com/2012/04/carthamin-synonyms-safflor-carmine.html>



ภาพที่ 2.5 สารสีเหลืองในดอกคำฝอย (carthamus yellow)

ที่มา: <https://www.tradeindia.com/fp1499902/Carthamus-Yellow.html>

ดอกคำฝอยมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ (flavonoid glycoside) ได้แก่ carthamin, safflorin, safflor yellow, hydroxysafflor yellow, tinctormine, Sapogenin, quercetin 3- rutinoside, kaempferol 3-rutinoside, kaempferol 3-sophoroside และ C-glucosylchalcone (cartormin) และสารเหล่านี้ยังแสดงการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่แข็งแกร่งในการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (Yoon et al., 2007, Salem et al., 2011 and Machewad et al., 2012) และมีสารในกลุ่มฟลาโวน เช่น ลูทีโอลิน (Luteolin) และอนุพันธ์ (Asgarpanah and Kazemivash, 2013) นอกจากนี้ Liao et al. (2007) ได้ทำการวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระของสมุนไพรจีน 45 ชนิด ด้วยวิธี ORAC พบว่าในดอกคำฝอยมีปริมาณ 370 $\mu\text{mol TE/g}$ และ Kruawan and Kangsadalampai (2006) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดน้ำต้มดอกคำฝอย พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 149 mg GA/g มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH 96.7 เปอร์เซ็นต์ และมีการต้านอนุมูลอิสระ FRAP 1140 $\mu\text{mol/g}$

ดอกคำฝอยมีคุณค่าทางโภชนาการที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 11 เปอร์เซ็นต์ และวิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิดและองค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอยดังตารางที่ 2.3 และ 2.4 พบว่า ดอกคำฝอยมีสารอาหารและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์จำนวนหลายชนิด เช่น โปรตีน และ แคลเซียม เป็นต้น และยังพบว่ามีการดัดไขมันไม่อิ่มตัวหลายชนิดเช่น กรดไลโนเลอิกและกรดเอลฟา-ไลโนเลนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นต้น โดยมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัว 70 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันทั้งหมด (Srinivas et al., 1999).

ตารางที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของดอกคำฝอย

องค์ประกอบ (composition)	(%)	องค์ประกอบ (composition)	(%)	องค์ประกอบ (composition)	(%)
ความชื้น	4.9	Decanoic (10:0)	3.9	Linoleic (18:2)	46.7
โปรตีน	1.9	Lauric (12:0)	1.8	Gamma linolenic (18:3) n-6	2.7
น้ำมัน (oil)	5.0	Myristic (14:0)	3.4	Alpha Linolenic (18:3) n-3	16.8
ถั่ว	10.4	Palmitic (16:0)	15.3		
เส้นใย	12.2	Stearic (18:0)	3.1		
carthamin	0.83	Oleic (18:1)	7.8		

ที่มา: Nagaraj, 2009

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบแร่ธาตุของดอกคำฝอย

แร่ธาตุ	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม	แร่ธาตุ	มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม
Ca	530	Cu	0.8
Mg	287	Zn	1.0
Fe	7.3	Mn	0.8

ที่มา: Nagaraj, 2009

2.2.2 ประโยชน์ของดอกคำฝอย

ดอกคำฝอยถูกนำมาใช้เป็นสารให้สีในอาหารและใช้เป็นสีย้อมผ้าอย่างแพร่หลายมากขึ้น ซึ่งเม็ดสี (pigment) ของดอกคำฝอยเป็นสารทดแทนที่ดีสำหรับสีสังเคราะห์ในอาหาร (Kulkarni et al., 2001, Sarojini et al., 1995) ตัวอย่างเช่น การเพิ่มสารสกัดสีเหลืองจากดอกคำฝอย 3 เปอร์เซ็นต์ ในโยเกิร์ตรสหวานมีการยอมรับมากกว่าผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ใช้ในเชิงพาณิชย์ ดอกคำฝอยให้รสชาติที่หวานร้อน ขมเล็กน้อย และไม่แสดงความเป็นพิษ (non-poisonous) และมากกว่านั้นสีเหลืองจากดอกคำฝอยไม่เพียงแต่ใช้เป็นสารให้สีในอาหารเท่านั้นแต่ยังช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์ได้ด้วย (Nagaraj, 2009) และดอกคำฝอยยังสามารถนำไปตากแห้งแล้วนำไปใช้สำหรับชงน้ำร้อนดื่มเป็นชาดอกคำฝอยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 สารต้านอนุมูลอิสระ

2.3.1 อนุมูลอิสระ (free radical)

อนุมูลอิสระเป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอิสระอยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล จึงมีความว่องไวในการเข้าทำปฏิกิริยา โดยรับอิเล็กตรอนจากสารอื่น ๆ ใกล้เคียงเพื่อทำให้ตนเองเสถียรขึ้น ในขณะที่เดียวกันก็ชักนำให้สารที่ให้อิเล็กตรอนไปมีอิเล็กตรอนไม่ครบถ้วนอาจกลายเป็นสารที่มีความรุนแรงหรือกลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่ และสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) อาจทำอันตรายกับส่วนประกอบสำคัญของเซลล์รอบ ๆ บริเวณนั้น ไม่ว่าจะเป็นโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต หรือ DNA ทำให้สารชีวโมเลกุลเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและเสียหายที่การทำงาน และการสร้างอนุมูลอิสระเป็นจำนวนมากอาจจะก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้เช่น โรคมะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ โรค Parkinson โรค Alzheimer เป็นต้น (Ames et al., 1993) ระดับความเป็นพิษของอนุมูลอิสระมักจะอยู่ในรูปสารที่มีความสามารถในการ oxidized สารชีวโมเลกุลในร่างกายจะเรียกว่า Reactive species (RS) ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ reactive oxygen species (ROS) และในรูปของ reactive nitrogen species (RNS) และอยู่ในรูปของ non-radical แต่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เช่นกัน เช่น Hydrogen peroxide (H_2O_2) (Lockwood, 2007)

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างของ Reactive species (RS)

Reactive oxygen species			
Free radicals	Formula	Non-radicals	Formula
Oxygen radical	O_2^{\cdot}	Singlet oxygen	$^1O_2^*$
Superoxide radical	$O_2^{\cdot-}$	Hydrogen peroxide	H_2O_2
Hydroxyl radical	OH^{\cdot}	Ozone	O_3
Hydroperoxyl radical	HO_2^{\cdot}	Organic peroxide	ROOH
Peroxyl radical	RO_2^{\cdot}		
Alkoxyl radical	RO^{\cdot}		
Carbonate radical	$CO_3^{\cdot-}$		
Reactive nitrogen species			
Nitric oxide radical	NO^{\cdot}	Nitric oxide	HNO_2
Nitrogen dioxide radical	NO_2^{\cdot}	Peroxynitrite	ONOO
		Peroxynitrous acid	ONOOH
		Nitryl chloride	NOOCl

ที่มา: Lockwood, 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดอนุมูลอิสระ (Sources of free radical)

ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ จะมีอนุมูลอิสระของออกซิเจน เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา การเกิดอนุมูลอิสระเหล่านี้ มีสาเหตุมาจากปัจจัยทั้งภายในและภายนอกร่างกายดังนี้

ปัจจัยภายในร่างกาย ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะมีปฏิกิริยามากมาย ที่เกี่ยวข้องกับทั้งการสร้างและการสลายโมเลกุลของสารที่เรียกว่ากระบวนการเมทาบอลิซึมซึ่งถือเป็นสาเหตุหลักอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ ตัวอย่างปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระได้แก่

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นเอง (Auto-oxidation) (Nawar, 1996) เช่น การเกิดออกซิเดชันของไขมัน ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะเหนี่ยวนำเริ่มต้น (Initiation) เป็นระยะที่กรดไขมันแตกตัวเป็นอนุมูลอิสระโดยมีแสงหรืออุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ



ระยะเพิ่มจำนวน (Propagation) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็น peroxy radical (2.1) แล้วทำปฏิกิริยาต่อกับกรดไขมันเกิดเป็น hydroperoxide และอนุมูลอิสระ (2.2) ซึ่งถ้ามีแสงและความร้อนเป็นตัวเร่งก็จะเกิดปฏิกิริยาต่อทำให้อนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น แล้วอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นก็สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนใหม่ต่อเนื่องเรื่อย ๆ ดังสมการ



ระยะสิ้นสุด (Termination) เป็นระยะที่อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นรวมตัวกันกลายเป็น โมเลกุลที่เสถียร ดังสมการ



2. ปฏิกิริยาออกซิเดชันที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่ง (Halliwell et al., 1995) การทำงานของเอนไซม์สำคัญ 2 ชนิดที่มีผลกระตุ้นการสร้างอนุมูลอิสระภายในร่างกายได้แก่ เอนไซม์แซนทีนออกซิเดส (xanthine oxidase: XO) และเอนไซม์ไลโปออกซิจีเนส (lipoxygenase: LOX)

3. โลหะทรานสิชัน (transition metal) (Halliwell, 1999) โลหะทรานสิชัน 2 ชนิดคือ เหล็ก (Fe^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) ที่มีอยู่ทั่วไปในร่างกาย สามารถเร่งการสร้างอนุมูลไฮดรอกซิล (OH^\cdot) จากซูเปอร์ออกไซด์ (O_2^\cdot) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide: H_2O_2) ในปฏิกิริยา Fenton (Fenton's reaction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยภายนอกร่างกาย

ยาโรคบางชนิดที่รับประทานเข้าไปในร่างกายสามารถก่อให้เกิดอนุมูลอิสระได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งยาในกลุ่มต้านจุลชีพและต้านมะเร็ง เช่น บลีโอไมซิน (bleomycin) แอนทราไซคลินส์ (antiracyclines) (Voest et al., 1994) เนื่องจากมีฤทธิ์เสริมปฏิกิริยาออกซิเดชัน (pro-oxidation)

รังสี เช่น รังสีเอกซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (γ -ray) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นในร่างกายจากการถ่ายทอดพลังงานให้กับน้ำ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเซลล์แล้วก่อให้เกิดปฏิกิริยาขั้นต่อไป (secondary reaction) กับออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเซลล์นั้นได้อนุมูลอิสระเกิดขึ้น (Halliwell et al., 1995)

ควันบุหรี่มีส่วนประกอบของไนตริกออกไซด์ (NO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_2) และเพอร์ออกไซด์ไนไตรท์ (ONOO^-) รวมทั้งสารมลพิษได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) ซึ่งจะถูกกำจัดออกจากร่างกายโดยการทำงานของเอนไซม์ไซโทโครม P-450 ไฮดรอกซิเจส (cytochrome P-450 hydroxylase) ที่มีอยู่มากในเซลล์ตับและพบได้บ้างในเซลล์ปอดและลำไส้เล็ก ทำให้เป็นสาเหตุของการสร้างอนุมูลซูเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์ดังกล่าว (Bast et al., 1991)

ไอโซนไมด์เป็นอนุมูลอิสระแต่จัดเป็นสารออกซิไดส์แรงสูงซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปเป็นอนุมูลไฮดรอกซิลได้จากการกระตุ้นของคลื่นแสง (Valacchi et al., 2004)

2.3.2 สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ คือ สารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระได้ (Halliwell, 2009) สารเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระหลายแบบ เช่น ดักจับ (scavenge) อนุมูลอิสระโดยตรง ชัยยั้งการสร้างอนุมูลอิสระหรือเข้าจับ (chelate) กับโลหะ เพื่อป้องกันการสร้างอนุมูลอิสระ โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระสามารถพบได้ในธรรมชาติจากสารหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) ตัวอย่างเช่น tocopherol, tocotrienol, γ -oryzanol, oryzanols, caffeic acid, syringic acid, rutin, (-)-epicatechin, (+)-catechin, gallic acid, vanilic acid, ferulic acid และ quercetin รวมทั้งสารจำพวกฟลาโวนอยด์ สารประกอบไนโตรเจน (nitrogen compounds) และแคโรทีนอยด์ (carotenoid)

บทบาทสำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ คือ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่าง ๆ ของมนุษย์ ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันที่เป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพในอาหาร อย่างไรก็ตามในภาวะปกติ ร่างกายคนเราจะมีกระบวนการต้านอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเกิดจากร่างกายสร้างเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระให้อยู่ในภาวะที่สมดุล และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของสารต้านอนุมูลอิสระที่มาจากวิตามินเอ ซี อี หรือเบต้าแคโรทีน (beta-carotene) รวมทั้งสารประกอบโพลีฟีนอล ซึ่งสามารถพบได้ในพืชผักและผลไม้ เพื่อเข้าไปช่วยเสริมสร้างระบบการต่อต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันใน

ร่างกายให้มีประสิทธิภาพในการทำลายอนุมูลอิสระได้ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างสารต้านอนุมูลอิสระที่พบในร่างกาย เช่น เอนไซม์ catalase เอนไซม์ glutathione peroxidase และเอนไซม์ superoxide dismutase หรือสารประกอบโปรตีนบางอย่าง เช่น อัลบูมิน (albumin) บิลิรูบิน (bilirubin) เซอโรโพลลาสมิน (ceruloplasmin) กลูตาไธโอน (glutathione) ยูบิควินอล (ubiquinol) และยูเรต (urate) เป็นต้น สารเหล่านี้มีหน้าที่คอยควบคุมอนุมูลอิสระต่างๆ ให้อยู่ในระดับพอเหมาะ แต่ถ้ามีอนุมูลอิสระเกิดขึ้นในปริมาณมากเกินไปกว่าที่ระบบป้องกันจะยับยั้งได้จะทำให้เกิดสภาวะที่เรียกว่า oxidative stress อนุมูลอิสระจะทำอันตรายต่ออวัยวะและเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย ซึ่งถ้าสะสมมากอาจนำไปสู่ความผิดปกติหรือพยาธิสภาพหลายอย่าง

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิดได้แก่

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic antioxidants)

สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) สังเคราะห์ 5 ชนิดได้แก่ propyl gallate, 2-butylated hydroxyanisole, 3-butylated hydroxyanisole, BHT และ tertiary butylhydroquinone เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และรสชาติที่เปลี่ยนไป สารสังเคราะห์มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (Yang et al., 2000 and Pokorny et al., 2001)

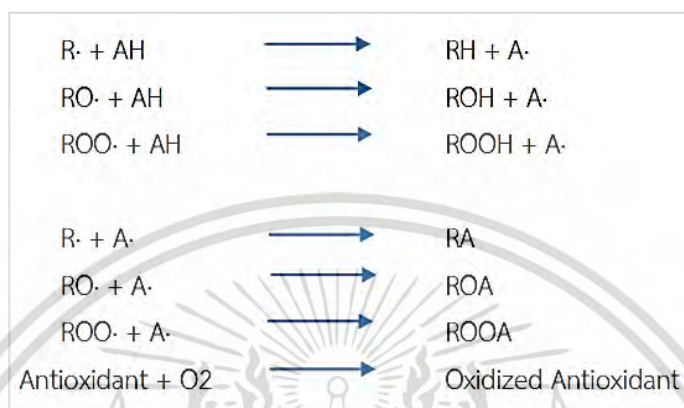
2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural antioxidants)

สารกลุ่มนี้ได้รับความสนใจและมีการค้นคว้าอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากความเชื่อมั่นว่ามีความปลอดภัยในการบริโภคมากกว่าสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ พบได้ทั้งในจุลินทรีย์ สัตว์ และพืช ซึ่งมีทั้งที่เป็นวิตามิน เช่น วิตามินซี วิตามินอี เบต้าแคโรทีน และสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (non-nutrient) ซึ่งมีโครงสร้างเป็นสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉพาะกลุ่มโพลีฟีนอล (polyphenols) เช่น แซนโทน (xanthone) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ซึ่งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิลที่เกาะบนวงเบนซีน (aromatic hydroxyl) ตั้งแต่ 2 หมู่ขึ้นไป หมู่ฟังก์ชัน (functional group) เหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการจับอนุมูลอิสระไม่ให้ไปกระตุ้นหรือก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ โดยการให้อนุมูล H^{\cdot} แก่อนุมูลอิสระเหล่านั้น นอกจากนี้สารประกอบโพลีฟีนอลที่มีโครงสร้างของ ortho-dihydroxyl phenol อยู่ในโมเลกุลยังสามารถยับยั้งการเกิดอนุมูล OH^{\cdot} ในปฏิกิริยาที่มีอนุมูลโลหะทรานซิชัน คือ Fe^{2+} และ Cu^{2+} เป็นตัวเหนี่ยวนำได้โดยการเข้าจับกับโลหะดังกล่าวเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (Sanchez-Moreno et al., 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 กลไกการทำงานของสารต้านอนุมูลอิสระ

1. ดักจับอนุมูลอิสระ (free radical scavenging) สารต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้โดยการทำให้โมเลกุลของอนุมูลอิสระมีความเสถียรขึ้น ซึ่งกลไกของปฏิกิริยาเกิดโดยการให้ไฮโดรเจนหรืออิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ (Valacchi et al., 2004) ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 กลไกการต้านอนุมูลอิสระแบบ Free radical scavenging

ที่มา: Silvia et al., 2004

2. ยับยั้งการทำงานของซิงเกิ้ลท็อกซิเจน (Singlet oxygen quenching, $^1O_2^*$)
3. จับกับโลหะหนัก (metal chelating) โลหะหนัก เช่น Fe^{2+}/Fe^{3+} และ Cu^{2+} มีผลเร่งให้เกิดปฏิกิริยา oxidation ในร่างกาย โดยจะเร่งการเกิดอนุมูลอิสระหลายประเภท เช่น peroxy radical, hydroxyl radical และ alkyl radical รวมถึง singlet oxygen ดังนั้นการที่มีสารไปจับกับโลหะหนักเหล่านี้จะช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้ ได้แก่ flavonoids, phosphoric acid, citric acid และ ascorbic acid เป็นต้น
4. ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (enzyme inhibitor) สารประกอบ phenolics บางชนิด เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) กรดฟีนอลิก (phenolic acid) และแกแลแลต (gallates) สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase โดยสามารถเข้าจับกับไอออนของเหล็กซึ่งเป็นโคแฟกเตอร์ (cofactor) ส่งผลให้เอนไซม์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้

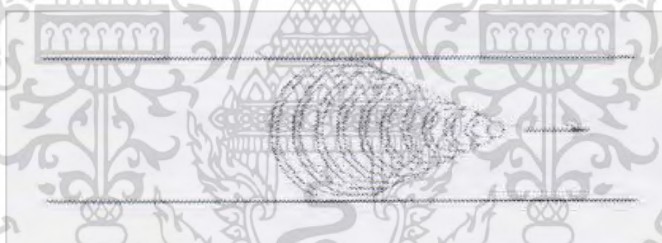
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 สมบัติทางรีโอโลยีของอาหาร

นิมิตร (2543) และ Steffe (1996) กล่าวว่า รีโอโลยี คือ ศาสตร์ที่ศึกษาการเปลี่ยนรูปทรง (deformation) ต่อการไหล (flow) ของวัตถุเพื่อตอบสนองแรงกล (mechanical force) ที่มากระทำในเทอมของความเป็นอีลาสติก (elastic) และ ความหนืด (viscosity) การทดสอบด้วยรีโอโลยีจะช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของความหนืด (viscosity) และความเป็นอีลาสติก (elastic) ของอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ กระบวนการผลิต และตัวแปรต่าง ๆ ในการเก็บรักษาอาหาร ดังนั้นการวิเคราะห์พฤติกรรมกรไหล ของของเหลว (liquid food) เช่น ซอสต่าง ๆ น้ำผลไม้ สารอิมัลชันและสารแขวนลอยจึงต้องเริ่มที่การศึกษาคุณสมบัติของของไหลในการต้านทานต่อแรงเฉือน (shear flow of liquid food)

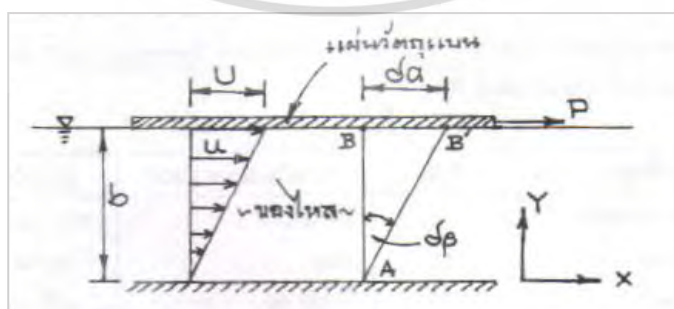
2.4.1 คุณสมบัติการไหลแบบคงตัว (concept of steady state-shear flow)

เมื่อพิจารณาชั้นการไหลของของเหลวอย่างต่อเนื่องในท่อ อาจสมมติได้เป็นวงแหวนบาง ๆ ซ้อนกันเป็นชั้น ๆ และจะพบว่าใจกลางจะเคลื่อนที่เร็วที่สุดและชั้นนอกสุดจะอยู่กับที่ ทั้งนี้เป็นเพราะความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างชั้นสมมติแต่ละชั้น แสดงดังภาพที่ 2.7 การไหลแบบนี้เรียกการไหลแบบ streamline ซึ่งกำหนดเป็นการไหลของชั้นบาง ๆ จำนวนมากแต่ละชั้นจะมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน



ภาพที่ 2.7 streamline flow เมื่อ fluid ไหลในท่ออย่างช้า
ที่มา: สุวรรณ (2541)

อย่างไรก็ตามสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ของความเค้นเฉือนและความเร็วของการเฉือนที่เกิดขึ้นในลักษณะสมการได้พิจารณาภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การสมมติชั้นการไหลของของเหลวระหว่างแผ่น
ที่มา: นิมิตร (2543)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.8 คึงแผ่นวัตถุแบนซึ่งวางบนผิวของไหลด้วยแรงเท่ากับ P จนมีความเร็วเท่ากับ u ของไหลบริเวณที่ติดกับแผ่นวัตถุจะไหลด้วยความเร็วเท่ากับ u ด้วย และพบว่าในชั้นถัดลงมาความเร็วของการไหลจะแปรค่าลดลงเป็นเส้นตรงดังรูป พิจารณาเส้นสมมติ AB ก่อนที่จะทำการคึงแผ่นวัตถุเส้นนี้จะวางตัวในแนวคึงเมื่อคึงแผ่นวัตถุจุด B จะเคลื่อนที่ไปที่จุด B' และเสมือนว่าเส้น AB หมุนรอบจุด A เมื่อมุม $\delta\beta$ มีค่าน้อยๆและพิจารณาเป็น มุมเรเดียนจะได้

$$\tan \delta\beta = \delta\beta = \delta L / h$$

จากระยะทาง = ความเร็ว \times เวลา

$$\delta L = u \delta t$$

$$\text{แทนค่า; } \delta\beta = u \delta t / h$$

$$\text{หรือ } \delta\beta / \delta t = u / h$$

เทอม $\delta\beta / \delta t$ เรียกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเวลาของค่าอัตราเฉือน (Rate of Shearing Strain) แทนด้วยสัญลักษณ์ $\dot{\gamma}$ (อัตราเฉือน) จากความเค้นเฉือนหรือหน่วยแรงเฉือน

$$\sigma = \text{แรง} / \text{พื้นที่}$$

$$\sigma = P/A$$

เนื่องจากค่า $\dot{\gamma}$ จะแปรผันโดยตรงตามค่าความเค้นเฉือน σ หรือ $\sigma = u / h$

ค่าอัตราส่วนความเร็วต่อระยะในแนวคึง (u/h) สามารถเขียนอยู่ในรูปของอนุพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการไหลเทียบกับระยะทางในแนวคึงของของไหลได้เป็น du/dy

$$\sigma \propto du/dy$$

$$\sigma = \mu du/dy$$

$$\text{หรือ } \sigma = \mu (\dot{\gamma}) \quad (1)$$

เมื่อ du/dy เขียนในรูป $\dot{\gamma}$

μ คือ ค่าความหนืดของของไหลหรือค่าสัมประสิทธิ์ของการเสียดทาน (Pa.s) อาจเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของความหนืด (coefficient of viscosity) และ เรียกสมการ (1) ว่าสมการความหนืดของนิวตัน (กรณี n เท่ากับ 1 เป็น Newtonian Fluid)

2.4.2 ประเภทการไหลของของไหล

อาหารเหลวส่วนใหญ่จะมีลักษณะการไหลแบบ Non-Newtonian ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องอย่างมากกับการควบคุมคุณภาพอาหารและการออกแบบเครื่องมือแปรรูปอาหาร โดยของไหลแบบ Non-Newtonian คือ ของไหลที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ du/dy ที่ไม่เป็นไปตามสมการความหนืดของนิวตัน แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ของไหลประเภทไม่ขึ้นกับเวลา (Time-Independent Fluid) เป็นของไหลซึ่งภายใต้ความสัมพัทธ์กับแรงเฉือนนั้นจะไม่มีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.1 ของไหล Dilatant

เป็นของไหลซึ่งให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับความหนืดในลักษณะจะมีการเพิ่มค่าความหนืดเมื่อแรงเฉือนเพิ่มขึ้น ได้แก่ น้ำดินชั้นและทรายเปียก ผลละลายน้ำมีความเข้มข้นสูง เป็นต้น รูปสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วตามระยะในแนวตั้งเป็นดังนี้

$$\sigma = K (du/dy)^n; (n > 1) \quad (2)$$

เมื่อ K = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)

n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)

1.2 ของไหล Pseudoplastic

ของไหลประเภทนี้มีพฤติกรรมในลักษณะค่าความหนืดลดลงเมื่อค่าความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้น ได้แก่ จีลิ่ง จาระบี มายองเนสและน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น รูปสมการเป็นดังนี้

$$\sigma = K (du/dy)^n; (n < 1) \quad (3)$$

เมื่อ K = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)

n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)

1.3 ของไหล Bingham Plastic Fluids

ของไหลประเภทนี้จะมีพฤติกรรมเหมือนของแข็งในระยะเริ่มต้นเมื่อถูกความเค้นเฉือนกระทำจนกระทั่งถึงจุดคราก (Yield) จะเปลี่ยนเป็นคุณสมบัติเหมือนของไหลนิวโตเนียน ได้แก่ ซีอิ๊วโกแลต จีลิ่ง สบู่และยาสีฟัน เป็นต้น รูปสมการที่ใช้อธิบายพฤติกรรมความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนกับความหนืดและการเปลี่ยนแปลงความเร็วจะเป็น

$$\sigma = \sigma_0 + \mu_0 \cdot du/dy \quad (4)$$

เมื่อ σ_0 = หน่วยแรงเฉือนที่จุดคราก (Yield)

สรุปจากสมการที่ (2), (3) และ (4) สามารถรวมและจัดรูปใหม่เพื่ออธิบายลักษณะของเหลว Non-Newtonian ประเภทไม่ขึ้นกับเวลาได้ดังสมการที่ (5)

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n + \sigma_0 \quad (5)$$

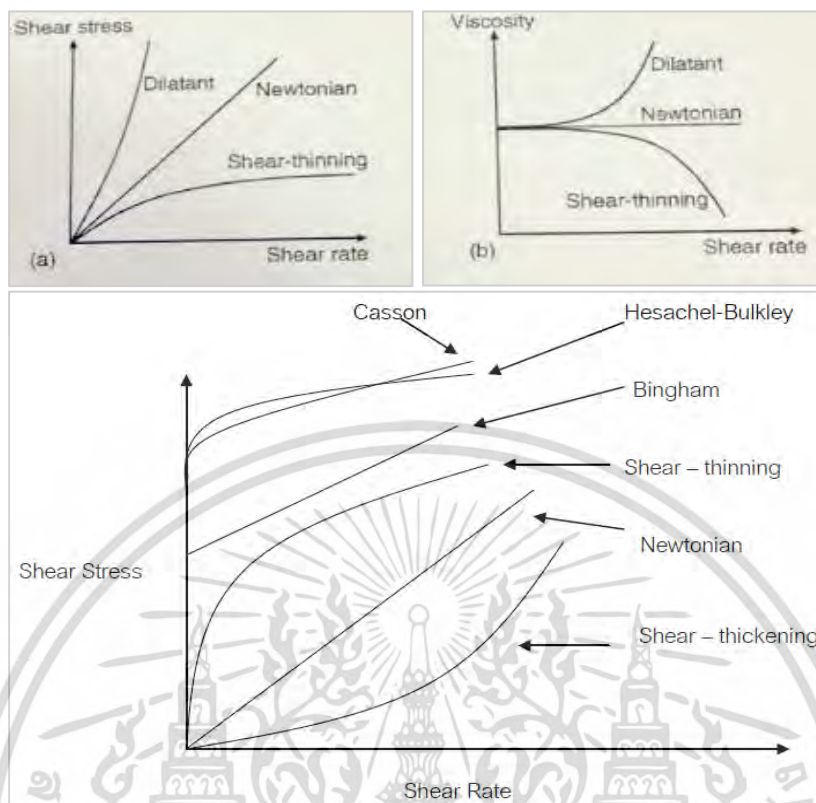
โดยที่ K = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)

n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)

σ_0 = หน่วยแรงเฉือนที่จุดคราก (yield stress) ค่าความเค้นเฉือนเริ่มต้นที่ต้องการ

เอาชนะเพื่อให้เกิดการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 (a) ความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ shear stress และ (b) ความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ viscosity ของของไหลแบบ Newtonian และ Non-newtonian

ที่มา : Steffe (1996)

ตารางที่ 2.6 ตัวอย่างของไหลประเภท Newtonian และ Non-Newtonian

Fluid Type	K	n	σ_0	Examples
Newtonian	> 0	1	0	Water, fruit juices, milk, honey, vegetable oil
Herschel-Bulkley	> 0	$0 < n < \infty$	> 0	Minced fish paste, raisin paste
Shear-thinning (pseudoplastic)	> 0	$0 < n < 1$	0	Applesauce, banana puree, orange juice concentrate
Shear-thickening (dilatant)	> 0	$1 < n < \infty$	0	Some type of honey, 40% raw corn starch solution
Bingham plastic	> 0	1	> 0	Toothpaste, tomato paste

ที่มา : Steffe, 1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ของไหลประเภทขึ้นกับเวลา (Time-dependent Fluid) เป็นของไหลที่ค่าหน่วยแรงเฉือน จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไป แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

ของไหล Rheoplectic จะมีค่าของหน่วยแรงเฉือนเพิ่มขึ้นตามเวลา (ค่า Shear stress เพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น) ทำให้ของไหลประเภทนี้มีอัตราความเครียด (Strain rate) คงที่ ได้แก่ สารละลายยิปซัม เป็นต้น

ของไหล Thixotropic จะมีค่าหน่วยแรงเฉือนตรงกันข้ามกับประเภทของไหล rheoplectic กล่าวคือค่าหน่วยแรงเฉือนจะลดลงตามระยะเวลาเพื่อรักษาให้ค่า du/dy มีค่าคงที่ของไหลชนิดนี้มีการแตกตัวในระดับโมเลกุลและสร้างโมเลกุลขึ้นมาใหม่ในเวลาเดียวกัน Thixotropic Fluid จะแสดงพฤติกรรมของ Newtonian เมื่อเริ่มเคลื่อนที่และจะแสดงพฤติกรรมแบบ Non-Newtonian ตามมาซึ่งมีส่วนคล้ายกับพฤติกรรม Bingham Plastic ได้แก่ สีแห้งเร็ว อาหารเหลวบางชนิด เป็นต้น



ภาพที่ 2.10 ผลของเวลาที่มีต่อของเหลว

ที่มา : Steffe (1996)

3. ของไหลประเภทยืดหยุ่นตัว (Viscoelastic Fluids)

ของไหลชนิดนี้จะให้สมบัติที่มีทั้งการยืดหยุ่น (Elastic) และมีความหนืด (Viscous) กล่าวคือในระหว่างการไหลจะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในลักษณะยืดหยุ่นตัวเองได้ ได้แก่ แป้งเปียก เป็นต้น

2.5 ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร (Textural properties of food)

จินตนา (2540) กล่าวว่าไว้ว่าการที่จะให้ผู้บริโภคยอมรับคุณภาพอาหารนั้น เนื้อสัมผัสของอาหารมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างมาก ซึ่งเป็นการรับรู้ความรู้สึกทางปาก เริ่มจากการกัดอาหารครั้งแรกความรู้สึกเมื่อเคี้ยวอาหาร (chewing) และความรู้สึกเมื่อบดอาหารในปาก (mastication) การรับรู้ความรู้สึกในเนื้อสัมผัสนี้เป็นการรับรู้ความรู้สึกทั้งทางกายภาพและทางสรีรวิทยาาร่วมกัน

การวัดค่าเนื้อสัมผัส คือ การวัดค่าความรู้สึกสัมผัส (kinesthetic) โดยการพยายามออกแบบเครื่องมือที่ใช้วัดค่าทางกายภาพที่แสดงถึงความรู้สึกสัมผัสของมนุษย์ ทั้งความรู้สึกสัมผัสที่เกิดจากมือ (finger feel) ความรู้สึกสัมผัสที่เกิดจากปาก (mouth feel) เช่น การเคี้ยวอาหาร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวัดค่าแรงดันที่เกิดจากการสัมผัส ซึ่งอาจจะเป็นการวัดค่าแรงดันเดี่ยวและแรงดันร่วมที่เกิดจากการสัมผัส เช่น การวัดแรงดันการเคี้ยวอาหาร ซึ่งเป็นการวัดค่าแรง Shear-pressure การวัดค่าแรงดันการสัมผัสมีการวัดค่าแรงต่อไปนี้

1. แรงกด (compression force) คือ การวัดค่าแรงที่เกิดจากการกด หรือบีบเพื่อทำให้ปริมาณของตัวอย่างลดลง แต่ไม่ถึงกับทำลายให้รูปทรงของตัวอย่างแตกออก

2. แรงเฉือนแยก (shear force) คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้เกิดการแยกตัวโดยการเลื่อนออกจากกัน ซึ่งส่วนหนึ่งของตัวอย่างจะเลื่อนแยกออกจากส่วนเดิม

3. แรงตัด (cutting force) คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างขาดออกจากกัน โดยแต่ละส่วนที่แยกออกไปนั้นจะคงรูปเดิมอยู่เพียงแต่ขาดออกเป็น ส่วน ๆ มีรอยแยกเรียบเป็นระเบียบ

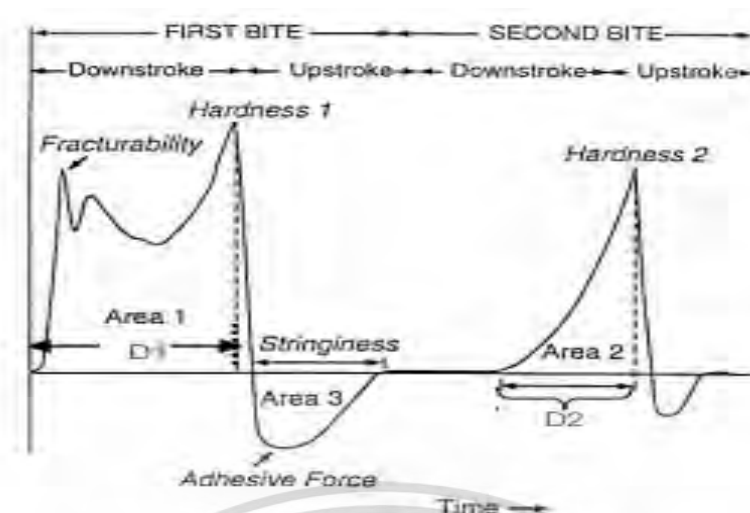
4. แรงฉีก (tensile strength) คือ การวัดค่าแรงที่ทำให้ตัวอย่างแยกออกจากกัน ด้วยการออกแรงไปในทิศทางตรงกันข้ามกันทำให้เกิดการแบ่งแยกออกจากกันโดยมีรอยแยกไม่เป็นระเบียบ สิ่งที่ดี้านแรงแยก คือ ความเหนียว (toughness) เช่นความเหนียวของเส้นใย หรือความเหนียวของเส้นด้าย หรือเส้นเชือก

5. แรงกด-แยก (shear-pressure) คือ การวัดค่าแรงร่วมของแรงสองอย่าง คือแรงแยกกด (compression) และแรงแยกตัว (shear) ซึ่งเกิดขึ้นกับตัวอย่างในเวลาเดียวกัน เช่นแรงที่เกิดจากการเคี้ยวอาหารด้วยฟันของมนุษย์

2.5.1 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA)

วิธีนี้ใช้วัดลักษณะเนื้อสัมผัสในรูปของแรงกล (Mechanical) ลักษณะรูปร่าง (geometrical) ลักษณะที่เป็นไขมันและน้ำมัน (fat) และลักษณะที่มีความชื้น (moisture) แสดงระดับของแต่ละคุณลักษณะและลำดับที่เกิดขึ้นจากการกัดครั้งแรกจนเคี้ยวหมด ลักษณะกราฟ Texture Profile Analysis แสดงดังภาพที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.11 Texture Profile Analysis Curve

ที่มา: Bourne (1978)

เนื้อสัมผัสเป็นคุณลักษณะที่ต่างจากกลิ่น รสและสี จะคำนึงส่วนประกอบของรูปร่างและโครงสร้างภายในของอาหารในการที่จะอธิบายลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ประสาทสัมผัส พบว่าจำเป็นต้องจำแนกความรู้สึกออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับคือ ความรู้สึกเมื่อกัดคำแรก ความรู้สึกเมื่อเคี้ยว และความรู้สึกหลังจากเคี้ยว ลักษณะแรงกล (Mechanical) เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาอาหารที่มีต่อแรงที่กระทำภายในปากระหว่างรับประทาน แบ่งเป็น

ปัจจัยหลัก: ความแข็ง ความเหนียว, cohesiveness, springiness, adhesiveness

ปัจจัยรอง: chewiness, gumminess, ความแตกเปราะ (fracturability) (จินตนา, 2540)

Steffe (1996) และ สันตกิจ (2544) อธิบายลักษณะเนื้อสัมผัสที่ได้ทั้ง 7 ลักษณะ คือ Fracturability, Hardness, Cohesiveness, Adhesiveness, Springiness, Gumminess และ chewiness ตามลักษณะดังภาพที่ 2.11 โดยมีนิยามดังนี้

1. Fracturability (ความเปราะหรือความกรอบ) คือ แรงจุดแรกที่ทำให้โครงสร้างภายในชิ้นอาหารเสียหาย แต่ไม่แตกออกจากกัน นิยามอธิบายความเปราะ เป็นอาหารที่แตกง่าย กรอบและเปราะ (แรงจุดแรก หรือ peak แรก (N))
2. Hardness (ความแข็ง) คือ แรงที่มีค่ามากที่สุดในช่วงการกัดครั้งแรก (First Bite) ซึ่งนิยามอธิบายความแข็ง เป็นนิ่ม เหนียวแน่นละเอียดแข็งแรง (peak ของค่า Hardness1 (N))
3. Cohesiveness คือ อัตราส่วนพื้นที่ของแรงที่เป็นบวกในการกัดครั้งที่สองต่อครั้งที่หนึ่งหรือความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร ($\text{Area2}/\text{Area1}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Adhesiveness (การเกาะตัวกันของอาหาร) คือ งานที่ต้องใช้ในการดึงหรือความสามารถในการยึดติดของชิ้นอาหาร ซึ่งก็คือพื้นที่ของแรงที่เป็นลบในการกัดครั้งแรก (Area3)

5. Springiness คือ ความสามารถของชิ้นอาหารที่กลับสู่สภาวะเดิม ซึ่งก็คือ ระยะทางหรือความยาวระหว่างการกัดครั้งที่สอง ซึ่งวัดจากระยะเริ่มต้นตั้งแต่หวัคสัมผัสกับชิ้นอาหารจนกระทั่งถึงจุดที่ค่าแรงมากที่สุดในช่วงการกัดครั้งที่สอง และ Springiness ยังนิยามใช้อธิบายในลักษณะของความสามารถในการยืดหยุ่นของอาหารอีกด้วย ($D2/D1$ หรือ $\text{Time difference}_2 / \text{Time difference}_1$)

6. Gumminess คือ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารถึงของแข็งจนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน นิยมอธิบาย Gumminess เป็น พง และของป่น มีลักษณะคล้ายแป้งเปียก และเหนียวคล้ายยาง (Hardness (N) คู่กับ Cohesiveness)

7. Chewiness คือ พลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแข็งจนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน นิยมอธิบาย Chewiness เป็นอ่อนนุ่ม และเหนียว (Gumminess (N) คู่กับ Springiness หรือ Hardness (N) คู่กับ Cohesiveness คู่กับ Springiness)



บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุดิบ

3.1.1 มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ (*Mangifera indica* Linn.) จากจังหวัดฉะเชิงเทรา

3.1.2 ดอกคำฝอยแห้ง (*Carthamus tinctorius* L.) จากจังหวัดเชียงใหม่

3.2 สารเคมี

Ethanol เข้มข้นร้อยละ 95 (Ethanol, C ₂ H ₆ O)	Merck, Germany
Folin-Ciocalteu Reagent (FCR)	Carlo Erba reagent, France
Sodium carbonate (Na ₂ CO ₃)	Merck, Germany
DPPH, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl	Sigma-Aldrich, Germany
Gallic acid	Sigma-Aldrich, Spain
Trolox	Sigma-Aldrich, Germany
Petroleum Ether	RCI Labscan, Thailand
Glycerol เข้มข้นร้อยละ 85	Merck, Germany

3.3 อาหารเลี้ยงเชื้อ

Dichloran Glycerol (DG18) Agar	Merck, Germany
--------------------------------	----------------

3.4 อุปกรณ์

UV-Visible Spectrophotometer	Shimadzu (UV 1601), Japan
Colorimeter	Konica Minolta (CR-400), Japan
Refractometer (N1, N2)	ATAGO, USA
Vortex mixture	Scientific Industries, USA
Mechanical shaker	Gerhart, Germany
pH meter	Mettler Toledo, Thailand
Vacuum aspirator	SIBATA, Japan
Vacuum pump	Sahaburapa (SP-1A), Thailand
กระดาษกรองเบอร์ 1	Whatman, England
เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง	Denver (SI-324), Germany

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Refrigerator	Whirlpool, Korea
Centrifuge	Hettich (Universal 320), Germany
Water activity meter	AQUALAB, USA
Texture Analyzer	Charpa (TA.XT Plus), Thailand
Tray dryer	Progress, Thailand
Blender	Moulinex, China
Hand Blender	Molenex, China
Pin Mill	ASAKO, Thailand
Autoclave	Tomy SS-325, Japan
Hot air oven	Memmert (UM 400), Germany
เครื่องสกัดไขมัน (Soxtherm)	Gerhardt (S306AK), Germany
Viscometer (Brookfield LVDV III)	Brookfield AMETEK, USA

3.5 สถานที่ทดลอง

ห้องปฏิบัติการภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 วิธีการดำเนินงาน

3.6.1 การเตรียมตัวอย่าง

3.6.1.1 การเตรียมเพียวเริ่มมะม่วง

นำมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุกล้างทำความสะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรก ปอกเปลือกและฝานเนื้อมะม่วงออกจากแกน หั่นเนื้อมะม่วงเป็นชิ้นเล็ก ปั่นด้วยเครื่องปั่นมือ (Hand Blender) จนได้เพียวเร่ที่เนื้อเนียนละเอียด

3.6.1.2 การเตรียมผงดอกคำฝอย

นำดอกคำฝอยแห้งมาปั่นให้ละเอียดโดยใช้เครื่องปั่นแห้ง (Blender) นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด (Pin Mill) ใช้ตะแกรงร่อนหรือ sieve ขนาด 0.25 มิลลิเมตร

3.6.2 การวิเคราะห์สมบัติเคมีกายภาพและสมบัติรีโอโลยีของเพียวเริ่มมะม่วง

3.6.2.1 สมบัติด้านรีโอโลยี (Rheology properties)

นำเพียวเริ่มมะม่วงเริ่มต้นที่มีความเข้มข้น 19 บริกซ์ เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้อีก 2 ระดับความเข้มข้น คือ 15 และ 17 บริกซ์ (วัดความเข้มข้น (บริกซ์) ด้วยเครื่อง refractometer) จากนั้นนำเพียวเริ่มมะม่วงที่ 3 ระดับความเข้มข้น มาให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส (± 0.1 องศาเซลเซียส) ด้วยเตาไฟฟ้า (hot plate) โดยไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปวัดสมบัติทางรีโอโลยีด้วยเครื่อง viscometer แบบ small sample ที่ควบคุมอุณหภูมิ (Brookfield DV-III) ใช้ปริมาณตัวอย่างประมาณ 20 กรัม/ครั้ง และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.6.2.2 ความคงตัวของคารไล (Bostwick consistency)

นำเพียวเริ่มมะม่วงทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นคือ 15, 17 และ 19 บริกซ์ มาให้ความร้อนจนได้อุณหภูมิ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส (± 0.1 องศาเซลเซียส) ด้วยเตาไฟฟ้า (hot plate) โดยไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิ แล้วนำไปวัดความคงตัวของคารไลด้วยเครื่องวัดค่าความหนืดแบบบราว (Bostwick consistometer) ใช้ปริมาณของเพียวเร่ประมาณ 100 กรัม/ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.6.3 การวิเคราะห์สมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของเพียวเริ่มมะม่วงและมะม่วงแผ่น

3.6.3.1 ขั้นตอนการทำมะม่วงแผ่น

มะม่วงแผ่นส่วนที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย: นำเพียวเริ่มมะม่วง 1000 กรัม มาให้ความร้อนในกระทะทองเหลืองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15.5 นิ้ว โดยใช้ไฟอ่อนสุดจากเตาแก๊ส ใช้ระยะเวลาในการให้ความร้อน 8 นาที นำมาละลายบนแผ่นพลาสติกที่รองบนถาดของเครื่องทำแห้งแบบถาด (Tray Dryer) ปริมาณแผ่นละ 10 กรัม ในลักษณะวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 0.3 มิลลิเมตรโดยละเอียดถาด ถาดละ 55 แผ่น อบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในช่วงระยะเวลา 6 ชั่วโมง 30 นาที บรรจุตัวอย่างที่ได้ไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) ถูกละ 120 กรัม (24 แผ่น) แบบไม่สุญญากาศ และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ไม่ได้ควบคุมแสงและอุณหภูมิ) เพื่อรอการตรวจวิเคราะห์สมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระ

มะม่วงแผ่นส่วนที่เติมผงดอกคำฝอย: ใช้วิธีเช่นเดียวกับการทำมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย แต่ในระหว่างการให้ความร้อนให้เติมดอกคำฝอยในระดับความเข้มข้น 3 ระดับ คือ 5, 10 และ 20 กรัม ต่อเพียวเริ่มมะม่วง 1000 กรัม (0.50, 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์)

3.6.3.2 การวิเคราะห์สมบัติเคมีกายภาพของเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น

1) ความคงตัวของกรไหล (Bostwick consistency)

นำเพียวเริ่มมะม่วงทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นมาวัดความคงตัวของกรไหลทันที ด้วยเครื่องวัดค่าความหนืดแบบราง (Bostwick consistometer) ใช้ปริมาณเพียวเริ่มมะม่วงประมาณ 100 กรัม/ครั้ง ครั้งละ 30 วินาที และทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid: TSS) (AOAC, 1998)

นำเพียวเริ่มมะม่วงทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นมาวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดทันที ด้วยเครื่อง refractometer ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) (AOAC, 1998)

นำเพียวเริ่มมะม่วงทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นมาวัดค่า pH ทันที ด้วยเครื่อง pH meter ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4) สี

นำเพียวเริ่มมะม่วงทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นมาวัดค่าสีทันที ด้วยเครื่อง Colorimeter (minolta CR-400) แต่ใช้พลาสติกใสวางบนตัวอย่างก่อนวัดค่าและทำการสอบเทียบเครื่องวัดสีก่อนทำการวัด บันทึกค่า $L^* a^* b^*$ (CIELab) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3.3 การวิเคราะห์สมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น

1) ปริมาณความชื้น (Moisture content) (AOAC, 1998)

นำมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยตัวอย่างละ 3 กรัม มาอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง บันทึกน้ำหนักและทำซ้ำจนน้ำหนักคงที่ (น้อยกว่า 0.005 กรัม ติดต่อกันในการวัดน้ำหนัก 2 ครั้งสุดท้าย) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นและเก็บผลการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

2) วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) (AOAC, 1998)

นำมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยมาวัดค่า a_w ด้วยเครื่อง water activity meter รุ่น Aqua Lab (4TE) ที่อุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส (± 2 องศาเซลเซียส) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเก็บผลการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

3) สี

ใช้วิธีที่รายงานโดย Quintero et al. (2012) นำมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง Colorimeter (minolta CR-400) ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกค่า L^* a^* b^* (CIELab) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และเก็บผลการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

4) การวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Texture analysis)

ใช้วิธีที่รายงานโดย AL-Hinai et al. (2013) นำมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยมาตัดให้ได้ขนาด 1.5×1.5 เซนติเมตร แล้วทำการวัดเนื้อสัมผัสโดยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ด้วยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT plus ใช้หัว probe แบบกด (compression) ขนาด P/75 โดยวัดอย่างน้อยซ้ำละ 10 ครั้ง แต่ละครั้งจะทำการกดตัวอย่าง 2 รอบ โดย Compression rate เท่ากับ 1 มิลลิเมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิห้อง และ Pre and Post-test speed ของการกด เท่ากับ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที จากนั้นบันทึกกราฟที่ได้และคำนวณค่าต่าง ๆ ดังนี้คือ Hardness, Fracturability, Adhesiveness, Springiness, Chewiness, Gumminess และ Cohesiveness และเก็บผลการทดลองอีกครั้งเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องครบ 3 เดือน

5) การวิเคราะห์หองค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) (AOAC, 2011)

นำมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี โดยวัดค่าต่าง ๆ ดังนี้ได้แก่ โปรตีน (Protein) ใช้วิธี Kjeldahl method ไขมัน (Fat) ความชื้น (Moisture) ปริมาณเยื่อใย (Fiber) และเถ้า (Ash)

3.6.3.4 การวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเหี่ยวระ่มะม่วงและมะม่วงแผ่น

1) ขั้นตอนการทำสารสกัดเหี่ยวระ่มะม่วงและมะม่วงแผ่น

ใช้วิธีการสกัดตัวอย่างที่ตัดแปลงจากวิธีที่รายงาน โดย Chakraborty et al. (2015) สำหรับเหี่ยวระ่มะม่วงจะแบ่งเหี่ยวระ่มะม่วงทั้งเต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอยก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น มาบรรจุในถุงซิปล็อกในปริมาณถุงละ 100 กรัม และแช่แข็งไว้ที่ช่องแช่แข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปเตรียมสารสกัดเหี่ยวระ่มะม่วง

นำเหี่ยวระ่มะม่วงทั้งเต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอยมาทำการละลายและนำมะม่วงแผ่นทั้งเต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอยมาทำให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก และนำมาอย่างละ 20 กรัม จากนั้นผสมด้วยตัวทำละลาย เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ 80 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วนำไปเขย่าในเครื่องเขย่าที่ 104 รอบต่อนาที เป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บส่วนใสที่กรองได้ใส่ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน เพื่อการตกตะกอนของตัวอย่างหลังจากการทำปฏิกิริยา จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที เพื่อแยกตะกอนออก และนำส่วนใสมาใช้เป็นสารสกัดในการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และสำหรับมะม่วงแผ่นจะทำการสกัดตัวอย่างทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

2) การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content: TPC) โดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu ซึ่งตัดแปลงจากวิธีของ Abe et al. (2000) ทำการเปิดสารสกัดจากเหี่ยวระ่มะม่วงทั้งเต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอย ตัวอย่างละ 0.05 และเปิดสารสกัดจากมะม่วงแผ่นทั้งเต็มและไม่เต็มผลดอกคำฝอย ตัวอย่างละ 0.15 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นในหลอดทดลองของสารสกัดเหี่ยวระ่มะม่วง 4.95 มิลลิลิตร และในหลอดทดลองของสารสกัดมะม่วงแผ่น 4.85 มิลลิลิตร นำหลอดทดลองทั้งหมดมาเติมสารมาตรฐาน Folin-Ciocalteu reagent 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 10 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก ใช้น้ำกลั่นสำหรับการเตรียม Blank และสำหรับมะม่วงแผ่นจะเก็บผลการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

3) การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant capacity) โดยวิธีการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH – scavenging activity assay) ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Abe et al. (2000) ทำการปิเปตสารสกัดตัวอย่างเพียงว่มะม่วงและมะม่วงแผ่นทั้งเต็มและไม่เต็มผลดก คำฝอยปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เต็มเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ 5 มิลลิลิตร เต็มสารละลาย DPPH ที่ความเข้มข้น 0.8 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร คำนวณหาปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานของโทรลอกซ์ ใช้เอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเตรียม Blank และสำหรับมะม่วงแผ่นจะเก็บผลการทดลองทุก ๆ 2 สัปดาห์ จนครบ 3 เดือน

3.6.4 การประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation) ของมะม่วงแผ่น

นำมะม่วงแผ่นทั้งเต็มและไม่เต็มผลดกคำฝอยมาทำการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ได้ผ่านการฝึกฝน (untrained panel) 20 คน โดยเกณฑ์การประเมินมีดังนี้ ได้แก่ สี (color) กลิ่น (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) รสชาติ (taste) ความเหนียวติดฟัน (stickiness) ความชอบโดยรวม (overall) โดยใช้แบบประเมินตามเกณฑ์ความชอบเป็น 7-point hedonic scale โดยที่ 1 คือ ไม่ชอบมาก 2 คือ ไม่ชอบปานกลาง 3 คือ ไม่ชอบเล็กน้อย 4 คือ เฉยๆ 5 คือ ชอบเล็กน้อย 6 คือ ชอบปานกลาง และ 7 คือ ชอบมาก

ผลการทดลองตั้งแต่หัวข้อ 3.6.2 ถึง 3.6.4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS version 20

3.6.5 การวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา (microbiological analysis) ของมะม่วงแผ่น

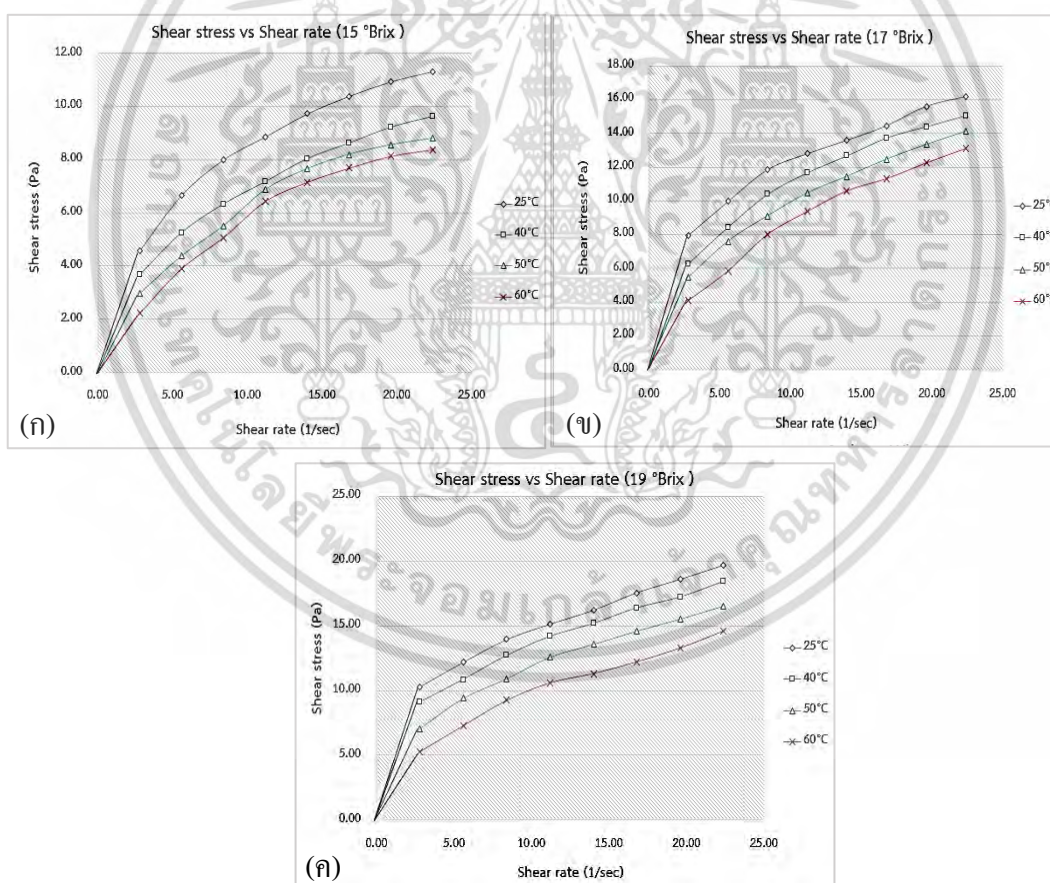
ใช้วิธีที่ดัดแปลงจากวิธีที่รายงานโดย Torres et al. (2015) โดยทำการวิเคราะห์เมื่อทำการเก็บรักษาตัวอย่างมะม่วงแผ่นทั้งเต็มและไม่เต็มผลดกคำฝอยไว้ในอุณหภูมิห้อง (ไม่ได้ควบคุมแสงและอุณหภูมิ) ครบ 3 เดือน บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) ถุงละ 50 กรัม (10 แผ่น) นำมะม่วงแผ่น ตัวอย่างละ 5 กรัม ใส่ในถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ (stomacher bag) เต็ม peptone water ปริมาตร 45 มิลลิลิตร ตีปั่นเป็นเวลา 45 วินาที ทำการเจือจางที่ระดับการเจือจาง 10^0 , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} ใช้วิธี spread plate โดยปิเปตอาหารแต่ละความเจือจางปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ Dichloran Glycerol (DG18) Agar แล้วนำไปบ่มในตู้บ่มเป็นเวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส (± 2 องศาเซลเซียส) ทำการนับโคโลนี (ยีสต์และรา) และแสดงผลในหน่วย colony forming unit (CFU) ต่อกรัมตัวอย่าง

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติรีโอโลยีของเพียวเระมะม่วง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านรีโอโลยีของเพียวเระมะม่วงที่ระดับความเข้มข้น 15, 17 และ 19 บริกซ์ แสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจาก 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ลดลง โดยเห็นได้ว่าคุณสมบัติความเค้นเฉือนจะลดลงอย่างสม่ำเสมอในทุกระดับความเข้มข้น โดยค่าความเค้นเฉือนของเพียวเระมะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 11.32 ถึง 8.38 Pa เพียวเระมะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 16.18 ถึง 13.13 Pa และเพียวเระมะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 19.69 ถึง 14.58 Pa ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ Tang et al. (2007) ที่ทำการทดลองโดยใช้เพียวเระบลูเบอร์รี่ใน ระดับความเข้มข้น 10, 15, 20 และ 25 บริกซ์ ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 4.1 แผนภาพรีโอโลแกรมระหว่างค่าความเค้นเฉือน (shear stress) กับอัตราเฉือน (shear rate) ของเพียวเระมะม่วงในระดับความเข้มข้นที่ (ก) 15 บริกซ์, (ข) 17 บริกซ์ และ (ค) 19 บริกซ์ ในช่วงระดับอุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

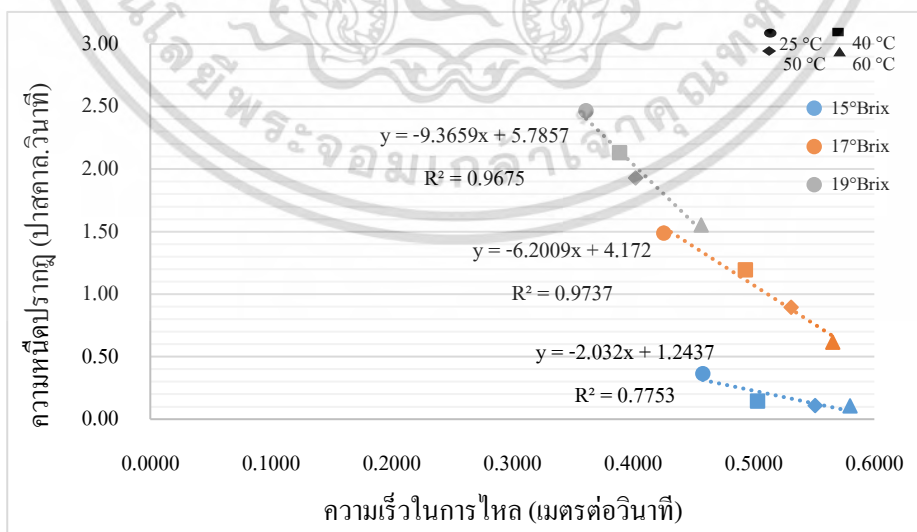
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์จากสมการ power law ของเพียวเร่มะม่วง 15, 17 และ 19 บริกซ์

ความเข้มข้น (บริกซ์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสัมประ สิทธิ์ความ คงตัว, K	ค่าดัชนี พฤติกรรมการ ไหล, n	ค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ, R ²	ค่าความหนืด ปรากฏ, η_{app} (Pa.s)
15	25	3.0699	0.4319	0.9899	0.5054
	40	2.3241	0.4644	0.9978	0.4299
	50	1.7387	0.5430	0.9881	0.3929
	60	1.2419	0.6446	0.9800	0.3741
17	25	5.6001	0.3409	0.9971	0.7223
	40	4.0973	0.4257	0.9970	0.6714
	50	3.4464	0.4557	0.9996	0.6304
	60	2.3255	0.5642	0.9862	0.5862
19	25	7.2573	0.3121	0.9912	0.8790
	40	6.2095	0.3427	0.9933	0.8237
	50	4.6599	0.4055	0.9993	0.7375
	60	3.2529	0.4774	0.9962	0.6509

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าพารามิเตอร์จากสมการ power law โดยค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) (Pa.s) คำนวณที่อัตราเฉือน (shear rate) 22.40 s^{-1} โดยคำนวณจากสูตร $\eta_{app} = \frac{\sigma \text{ (shear stress)}}{\dot{\gamma} \text{ (shear rate)}}$ จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (K) และค่าความหนืดปรากฏ (η_{app}) ลดลง โดยค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient: K) ของเพียวเร่มะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 3.0699 ถึง 1.2419 เพียวเร่มะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 5.6001 ถึง 2.3255 และเพียวเร่มะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 7.2573 ถึง 3.2592 Pa และค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) ของเพียวเร่มะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.5054 ถึง 0.3741 Pa.s เพียวเร่มะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.7223 ถึง 0.5862 Pa.s และเพียวเร่มะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.8790 ถึง 0.6509 Pa.s เนื่องด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นพลังงานความร้อนภายในโมเลกุลจะเพิ่มขึ้นทำให้เกิดระยะห่างระหว่างโมเลกุลเพิ่มมากขึ้นซึ่งเกิดจากแรงกระทำระหว่างโมเลกุลลดลง จึงส่งผลให้ความหนืดของของไหลลดลง (Arslan et al., 2005) และมากกว่านั้นเพียวเร่มะม่วงทั้ง 15, 17 และ 19 บริกซ์ มีค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (flow behavior index: n) อยู่ในช่วง 0.3121 ถึง 0.6446 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับสมบัติด้านรีโอโลยีแบบซูดอพลาสติก ที่กำหนดไว้ว่าค่าดัชนีพฤติกรรมการไหลที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จะเป็นพฤติกรรมการไหลแบบซูดอพลาสติก (Villarino et al., 2007) สมการ power law ($\sigma = K\dot{\gamma}^n$) จะนำมาใช้เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการอธิบายลักษณะพฤติกรรมการไหลของเพียวเอร์มะม่วง โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากสมการ power law ดังนี้ ได้แก่ ค่า σ คือ ความเค้นเฉือน (shear stress: Pa) ค่า $\dot{\gamma}$ คือ อัตราเฉือน (shear rate: s^{-1}) ค่า K คือ สัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient) และ ค่า n คือ ดัชนีพฤติกรรมการไหล (flow behavior index)

นอกจากนี้ยังสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) โดยใช้ viscometer และค่าความเร็วในการไหล (velocity) โดยใช้ bostwick ของเพียวเอร์มะม่วงได้ ดังภาพที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression analysis) ระหว่างค่าความเร็วในการไหลกับค่าความหนืดปรากฏ ของเพียวเอร์มะม่วงในระดับความเข้มข้นที่ (สีฟ้า) 15 (สีส้ม) 17 และ (สีเทา) 19 บริกซ์ ที่ระดับอุณหภูมิ (●) 25 องศาเซลเซียส (■) 40 องศาเซลเซียส (◆) 50 องศาเซลเซียส และ (▲) 60 องศาเซลเซียส พบว่า สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้จากกราฟสามารถนำมาใช้ในการทำนาย หรือใช้ในการอธิบายค่าความหนืดปรากฏของเพียวเอร์มะม่วง 15 บริกซ์ได้ 77.53 เปอร์เซ็นต์ เพียวเอร์มะม่วง 17 บริกซ์ได้ 97.37 เปอร์เซ็นต์ และเพียวเอร์มะม่วง 19 บริกซ์ได้ 96.75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำทั้งสองค่ามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) พบว่าระหว่างค่าความหนืดปรากฏกับค่าความเร็วในการไหลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียวเอร์มะม่วงที่ 15, 17 และ 19 บริกซ์ เท่ากับ -0.8805, -0.9868 และ -0.9836 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าทั้งสองค่านี้มีความสัมพันธ์กันถึง 88.05, 98.68 และ 98.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่จะเป็นความสัมพันธ์แบบผกผัน คือ ถ้าค่าความเร็วในการไหลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้มีค่าความหนืดปรากฏลดลง การหาความสัมพันธ์นี้มีประโยชน์คือเราสามารถอนุมานค่าความหนืดของเพียวเอร์มะม่วงได้ในช่วงความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงและในช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากแนวเส้นความสัมพันธ์เดิม



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วในการไหล (velocity) กับค่าความหนืดปรากฏ (η_{app}) ของเพียวเอร์มะม่วง 15, 17 และ 19 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สมบัติเคมีกายภาพและการต้านอนุมูลอิสระของมะม่วงแผ่น

4.2.1 ผลการทดลองด้านสมบัติเคมีกายภาพของเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (Total soluble solid: TSS) ในหน่วยบริกซ์ คือ หน่วยที่ใช้บอกความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายอยู่ในสารละลายเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อน้ำหนัก ซึ่งในน้ำผลไม้หรือน้ำผลไม้เข้มข้น ค่าที่วัดได้เป็นการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ ได้แก่ น้ำตาลซูโครส น้ำตาลกลูโคส กรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดอะมิโนอิสระ วิตามินซี และแร่ธาตุต่าง ๆ หน่วยที่วัดได้เป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2 โดย MP1 คือ เพียวเริ่มมะม่วงที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (0.00 เปอร์เซ็นต์ ผงดอกคำฝอย), MP2 คือ เพียวเริ่มมะม่วงที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 เปอร์เซ็นต์, MP3 คือ เพียวเริ่มมะม่วงที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ และ MP4 คือ เพียวเริ่มมะม่วงที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เพียวเริ่มมะม่วงมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด (บริกซ์) เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เมื่อเติมปริมาณผงดอกคำฝอยมากขึ้น เนื่องจากดอกคำฝอยมีคุณค่าทางโภชนาการที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 11 เปอร์เซ็นต์ วิตามินและแร่ธาตุอีกหลายชนิด เช่น แคลเซียม เป็นต้น (Nagaraj, 2009) และยังมีสีเหลืองจากดอกคำฝอย หรือ carthamidin จะเป็นส่วนที่ละลายได้ในน้ำ ซึ่งดอกคำฝอยจะประกอบด้วยสารสีเหลือง 28 ถึง 36 เปอร์เซ็นต์ (Zhang, 1997) จึงอาจมีผลให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น และยังแสดงค่า pH ของเพียวเริ่มมะม่วงที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย พบว่า เพียวเริ่มมะม่วงที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะมีค่า pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยเพียวเริ่มมะม่วงที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีค่า pH สูงที่สุด จึงแสดงให้เห็นว่าผงดอกคำฝอยที่เติมลงไปมีผลทำให้ค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้น อาจเกิดจากดอกคำฝอยมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระได้ดี เช่น มีปริมาณของกรดแกลลิก 149 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัม (Kruawan and Kangsadalampai, 2006) จึงอาจทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นในเพียวเริ่มมะม่วงที่เติมผงดอกคำฝอย

ตารางที่ 4.2 สมบัติเคมีกายภาพของเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น

ผงดอกคำฝอย	pH	TSS (บริกซ์)	ความเร็วในการไหล (m/s)
0.00% (MP1)	5.93 ± 0.03 ^a	19.00 ± 0.00 ^c	0.0034 ± 0.00 ^a
0.50% (MP2)	5.78 ± 0.01 ^b	20.77 ± 0.06 ^b	0.0031 ± 0.00 ^b
1.00% (MP3)	5.66 ± 0.01 ^c	21.83 ± 0.06 ^a	0.0030 ± 0.00 ^b
2.00% (MP4)	5.54 ± 0.01 ^d	21.87 ± 0.06 ^a	0.0028 ± 0.00 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองด้านสมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น

4.2.2.1 ปริมาณความชื้น (moisture content) ในมะม่วงแผ่น

โดยที่ ML1 คือ มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (0.00 เปอร์เซ็นต์ ผงดอกคำฝอย), ML2 คือ มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 เปอร์เซ็นต์, ML3 คือ มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ และ ML4 คือ มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ จากตารางที่ 4.3 พบว่า วันที่ 0 มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นสูงสุด คือ 16.49 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณความชื้นลดลงในมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่น้อยลง และมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด เนื่องจากการทำการทดลองได้กำหนดเวลาในการอบแห้งที่เท่ากัน (6 ชั่วโมง 30 นาที) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่าง ซึ่งมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีลักษณะที่แห้งกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย และในดอกคำฝอยก็มีปริมาณความชื้นอยู่ที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์ (Nagaraj, 2009) จึงอาจจะทำให้มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะมีปริมาณความชื้นที่สูงขึ้น และในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ทุกตัวอย่างมะม่วงแผ่นมีปริมาณความชื้นที่ค่อย ๆ ลดลง จนถึงวันที่ 98 เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นเวลา 3 เดือน และเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ ดังนั้นจึงทำให้ตัวอย่างมะม่วงแผ่นแห้งมากขึ้นและมีปริมาณความชื้นที่ลดลงเมื่อเก็บรักษา

ตารางที่ 4.3 ปริมาณความชื้นในมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา

วันที่	ปริมาณความชื้น (%)			
	ผงดอกคำฝอย			
	0.00% (ML1)	0.50% (ML2)	1.00% (ML3)	2.00% (ML4)
0	11.69 ± 1.89 ^{bc}	12.48 ± 0.80 ^c	15.48 ± 0.71 ^{ab}	16.49 ± 1.44 ^{ab}
14	13.75 ± 0.88 ^a	15.38 ± 1.02 ^a	16.06 ± 0.52 ^a	17.34 ± 0.58 ^a
28	12.83 ± 0.46 ^{abc}	13.69 ± 0.31 ^b	14.82 ± 0.78 ^{bc}	16.56 ± 0.18 ^{ab}
42	13.35 ± 0.63 ^{ab}	13.73 ± 0.54 ^b	14.84 ± 0.31 ^{bc}	15.27 ± 0.46 ^{bc}
56	12.61 ± 0.41 ^{abc}	13.31 ± 0.17 ^{bc}	14.81 ± 0.31 ^{bc}	15.16 ± 0.28 ^{bc}
70	11.91 ± 0.09 ^{bc}	13.25 ± 0.65 ^{bc}	13.98 ± 0.38 ^{cd}	14.53 ± 1.45 ^c
84	11.70 ± 0.46 ^{bc}	13.08 ± 0.43 ^{bc}	13.39 ± 0.25 ^{de}	14.27 ± 0.79 ^c
98	11.51 ± 0.98 ^c	12.91 ± 0.31 ^{bc}	12.80 ± 0.13 ^c	14.10 ± 0.06 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.2 วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ในมะม่วงแผ่น

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่า ในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นเวลา 3 เดือน และเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่า a_w ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) โดยมีค่า a_w อยู่ในช่วง 0.60 ถึง 0.69 ซึ่งค่า a_w ของทุกตัวอย่างอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (pathogenic microorganisms) ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ โดย Chirife and Buera (1995) และ Barbosa-Canoavas et al. (2007) กล่าวว่า จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคจะเติบโตได้ดีที่ค่า a_w สูงกว่า 0.85 ดังนั้นทุกตัวอย่างมะม่วงแผ่นจึงมีความปลอดภัยต่อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แต่อย่างไรก็ตามช่วงของค่า a_w ในมะม่วงแผ่นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นช่วงที่ยีสต์และราสามารถเจริญได้ โดย Troller (1980) และ Rahman (2007) กล่าวว่า ยีสต์และราสามารถเจริญได้ในช่วงค่า a_w สูงกว่า 0.60 ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพช. 35/2558) ของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้กวน มีข้อกำหนดไว้ว่า ค่าวอเตอร์แอกติวิตีต้องไม่เกิน 0.85 และจากการศึกษาให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับงานวิจัยของ Azeredo et al. (2006) ที่ได้ศึกษาผลของการทำแห้งและการเก็บรักษาต่อสมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่นที่ปราศจากวัตถุกันเสีย พบว่า มีค่า a_w อยู่ที่ 0.62 และรายงานว่าปลอดภัยต่อเชื้อจุลินทรีย์ด้วยระยะเวลาเก็บรักษา 6 เดือน

ตารางที่ 4.4 วอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ในมะม่วงแผ่นที่เค็มและไม่เค็มผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา

วันที่	วอเตอร์แอกติวิตี (a_w)			
	ผงดอกคำฝอย			
	0.00% (ML1)	0.50% (ML2)	1.00% (ML3)	2.00% (ML4)
0	0.68 ± 0.03 ^a	0.62 ± 0.05 ^c	0.68 ± 0.02 ^{ab}	0.60 ± 0.01 ^c
14	0.67 ± 0.00 ^a	0.68 ± 0.01 ^a	0.68 ± 0.01 ^{ab}	0.66 ± 0.02 ^{bc}
28	0.68 ± 0.01 ^a	0.66 ± 0.01 ^{abc}	0.67 ± 0.01 ^{abc}	0.68 ± 0.01 ^{ab}
42	0.66 ± 0.02 ^{ab}	0.65 ± 0.01 ^{abc}	0.67 ± 0.03 ^{abc}	0.62 ± 0.01 ^{dc}
56	0.68 ± 0.01 ^a	0.67 ± 0.01 ^{ab}	0.69 ± 0.01 ^a	0.69 ± 0.00 ^a
70	0.66 ± 0.01 ^a	0.65 ± 0.01 ^{abc}	0.66 ± 0.01 ^{abc}	0.65 ± 0.02 ^{cd}
84	0.65 ± 0.01 ^{ab}	0.64 ± 0.01 ^{bc}	0.65 ± 0.01 ^{ab}	0.64 ± 0.01 ^{cd}
98	0.63 ± 0.02 ^b	0.65 ± 0.01 ^{abc}	0.65 ± 0.01 ^c	0.64 ± 0.03 ^{cd}

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้จากผลการทดลองด้านจุลชีววิทยาของมะม่วงแผ่นทั้งที่เดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอย โดยเทคนิคสเปรดเพลท (spread plate technique) ดังตารางที่ 4.5 พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์หรือจำนวนโคโลนี (colony) ที่นับได้ไม่เกิน 10 CFU/g (ยีสต์และรา) ในมะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอยในทุกระดับความเข้มข้น ส่วนมะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอยมีจำนวนโคโลนีน้อยกว่า 300 CFU/g (ยีสต์และรา) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพช.35/2558) ของผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้กวน มีข้อกำหนดไว้ว่า จุลินทรีย์ทั้งหมด ต้องน้อยกว่า 1×10^6 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม และยีสต์และรา ต้องน้อยกว่า 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

ตารางที่ 4.5 ปริมาณจุลินทรีย์ในมะม่วงแผ่นที่เดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน

ผงดอกคำฝอย	ซ้ำ	จำนวนโคโลนีที่นับได้					อัตราส่วน	ผลการตรวจนับ CFU/g หรือ CFU/ml
		ระดับความเจือจาง					จำนวน	
		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	โคโลนี จำนวนสูง/ จำนวนต่ำ	
0.00% (ML1)	1	10	0	0	0	0	-	$<30 \times 10^1$
	2	9	0	0	0	0	-	(<300)
0.50% (ML2)	1	0	0	0	0	0	-	$<1 \times 10^1$
	2	0	0	0	0	0	-	(<10)
1.00% (ML3)	1	0	0	0	0	0	-	$<1 \times 10^1$
	2	0	0	0	0	0	-	(<10)
2.00% (ML4)	1	0	0	0	0	0	-	$<1 \times 10^1$
	2	0	0	0	0	0	-	(<10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.3 ค่าสี (Color value) ในมะม่วงแผ่น

ปัจจัยทางด้านสีสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมักเลือกบริโภคสินค้าโดยตัดสินใจจากลักษณะปรากฏโดยรวมทั้งหมด ดังนั้นการประเมินและตรวจสอบสีของผลิตภัณฑ์อาหารจึงมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าปัจจัยอื่น ๆ ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพสินค้า หลักการวัดสีจะใช้ระบบ CIE Lab scale โดยที่จะแสดงในค่า L^* จะแสดงถึงความสว่าง (Lightness) จากค่า $+L^*$ แสดงถึงสีขาว จนถึง $-L^*$ แสดงถึงสีดำ ค่า a^* จะบรรยายถึงแกนจากสีเขียว ($-a^*$) จนไปถึงสีแดง ($+a^*$) และ ค่า b^* จะบรรยายถึงแกนจากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนไปถึงสีเหลือง ($+b^*$)

จากตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.3 แสดงค่าความสว่าง (Lightness: L^*) ค่าความเป็นสีแดง (redness: a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness: b^*) ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 เทียบกับเพียวระมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นทั้งที่เดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย โดยที่ MP คือ เพียวระมะม่วง และ ML คือ มะม่วงแผ่น พบว่า มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าความสว่าง (L^*) เพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับเพียวระมะม่วง แสดงให้เห็นว่ามะม่วงแผ่นมีความสว่างของสีมากขึ้น ค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับเพียวระมะม่วง แสดงให้เห็นว่ามะม่วงแผ่นมีสีที่เข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวระมะม่วง และจากตารางที่ 4.5 ยังแสดงให้เห็นว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ลดลง ($P \leq 0.05$) ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีค่าเพิ่มขึ้น ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย ทำให้เห็นว่ายิ่งเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้มะม่วงแผ่นมีสีเข้มมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นดังภาพที่ 4.4 ที่แสดงตำแหน่งสีของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพียวระมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นทั้งเดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย บนชาร์จสี (colorimeter chart) จะเห็นได้ว่ามะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีเฉดสีเข้มมากขึ้นและมีความสว่างมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวระมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น

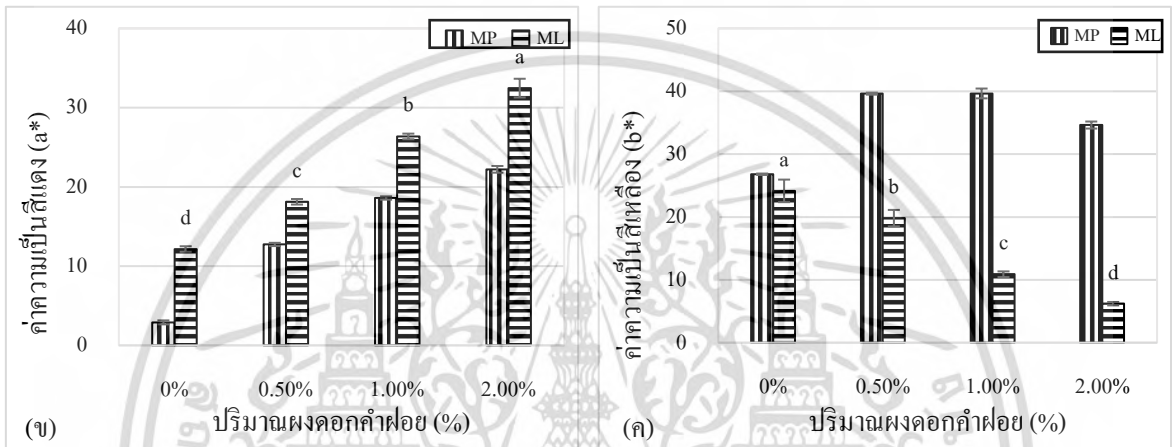
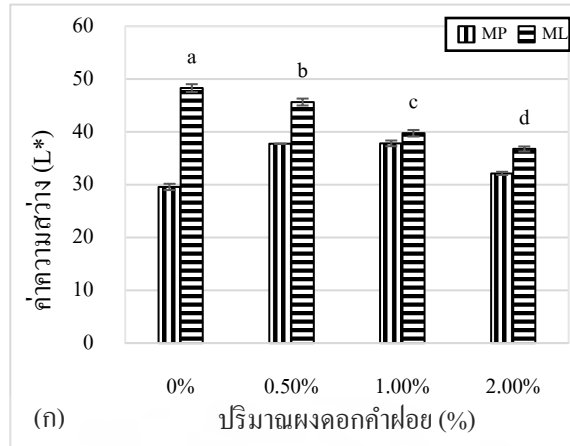
ตารางที่ 4.6 ค่า L^* a^* b^* ในมะม่วงแผ่น (ML) วันที่ 0 และเพียวระ่มะม่วง (MP) ที่เดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย

ผงดอกคำฝอย	ค่าสี	
	ค่าความสว่าง (L^*)	
	MP	ML
0.00%	29.57 ± 0.60^c	48.28 ± 0.74^a
0.50%	37.74 ± 0.04^a	45.64 ± 0.66^b
1.00%	37.81 ± 0.54^a	39.73 ± 0.62^c
2.00%	32.13 ± 0.31^b	36.76 ± 0.47^d
ผงดอกคำฝอย	ค่าความเป็นสีแดง (a^*)	
	MP	ML
	0.00%	2.90 ± 0.25^d
0.50%	12.73 ± 0.21^c	18.12 ± 0.35^c
1.00%	18.59 ± 0.21^b	26.36 ± 0.36^b
2.00%	22.21 ± 0.42^a	32.46 ± 1.18^a
ผงดอกคำฝอย	ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*)	
	MP	ML
	0.00%	26.80 ± 0.11^c
0.50%	39.62 ± 0.16^a	19.81 ± 1.31^b
1.00%	39.65 ± 0.78^a	10.89 ± 0.45^c
2.00%	34.63 ± 0.56^b	6.20 ± 0.27^d

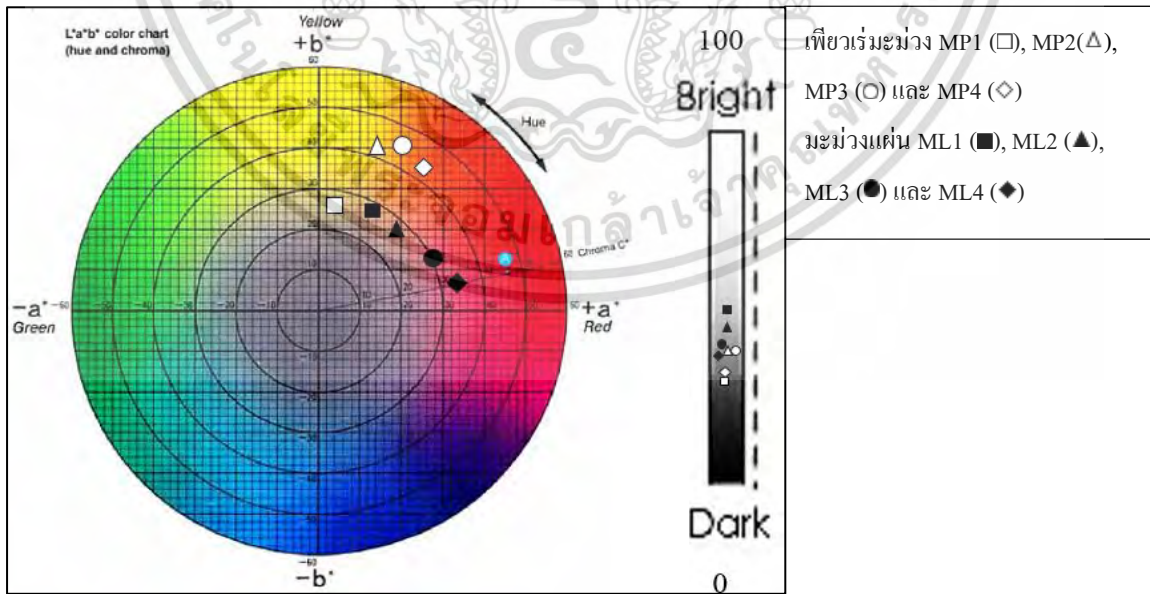
หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



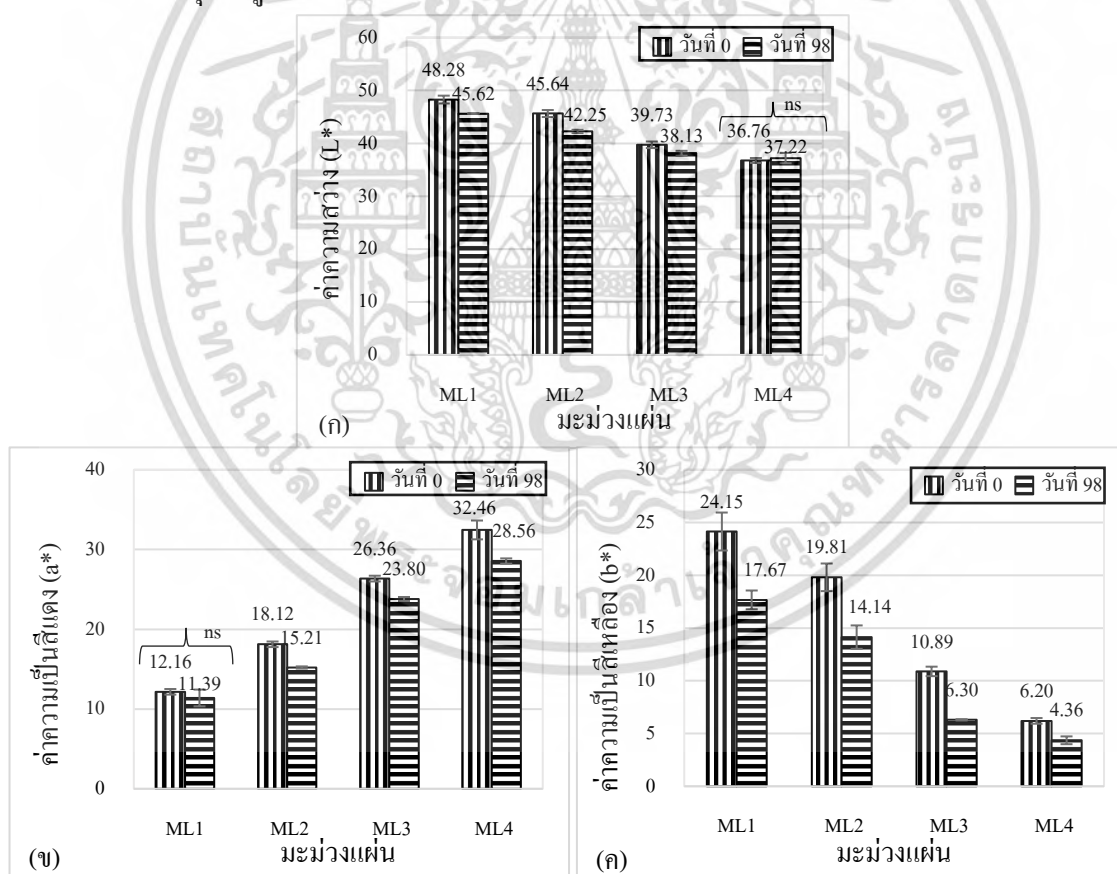
ภาพที่ 4.3 (ก) ค่าความสว่าง (L*) (ข) ค่าความเป็นสีแดง (a*) และ (ค) ค่าความเป็นสีเหลือง (b*) ของเพ็ชร์มะม่วง (MP) และมะม่วงแผ่น (ML) วันที่ 0 ทั้งเต็มและไม่เต็มผงดอกคำฝอย (* ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$))



ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งสีของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพ็ชร์มะม่วงที่เต็มและไม่เต็มผงดอกคำฝอยบนชาร์จสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากผลการทดลองดังภาพที่ 4.5 ได้แสดงค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงแผ่นทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าวันที่ 98 ค่าความสว่างของสี (L^*) ของมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 (ML2) และ 1.00 (ML3) เปอร์เซ็นต์ มีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นวันที่ 0 แต่ค่าความสว่างของมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ วันที่ 98 ไม่ต่างกับวันที่ 0 อาจเป็นเพราะสีเข้มเข้มของผงดอกคำฝอยที่เติมในระดับความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มะม่วงแผ่นมีสีเข้มมากจนทำให้ค่าความสว่างไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา และค่าความเป็นสีแดง (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) ยกเว้นค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) วันที่ 98 ที่มีค่าไม่ต่างกับวันที่ 0 เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นเวลา 3 เดือน และเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ ผลของแสงและอุณหภูมิจึงจะทำให้มะม่วงแผ่นมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีสีที่เข้มและทึบมากขึ้น



ภาพที่ 4.5 (ก) ค่าความสว่าง (L^*) (ข) ค่าความเป็นสีแดง (a^*) และ (ค) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และวันที่ 98 ทั้งเติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย (ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (non-significantly different))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) ของมะม่วงแผ่น

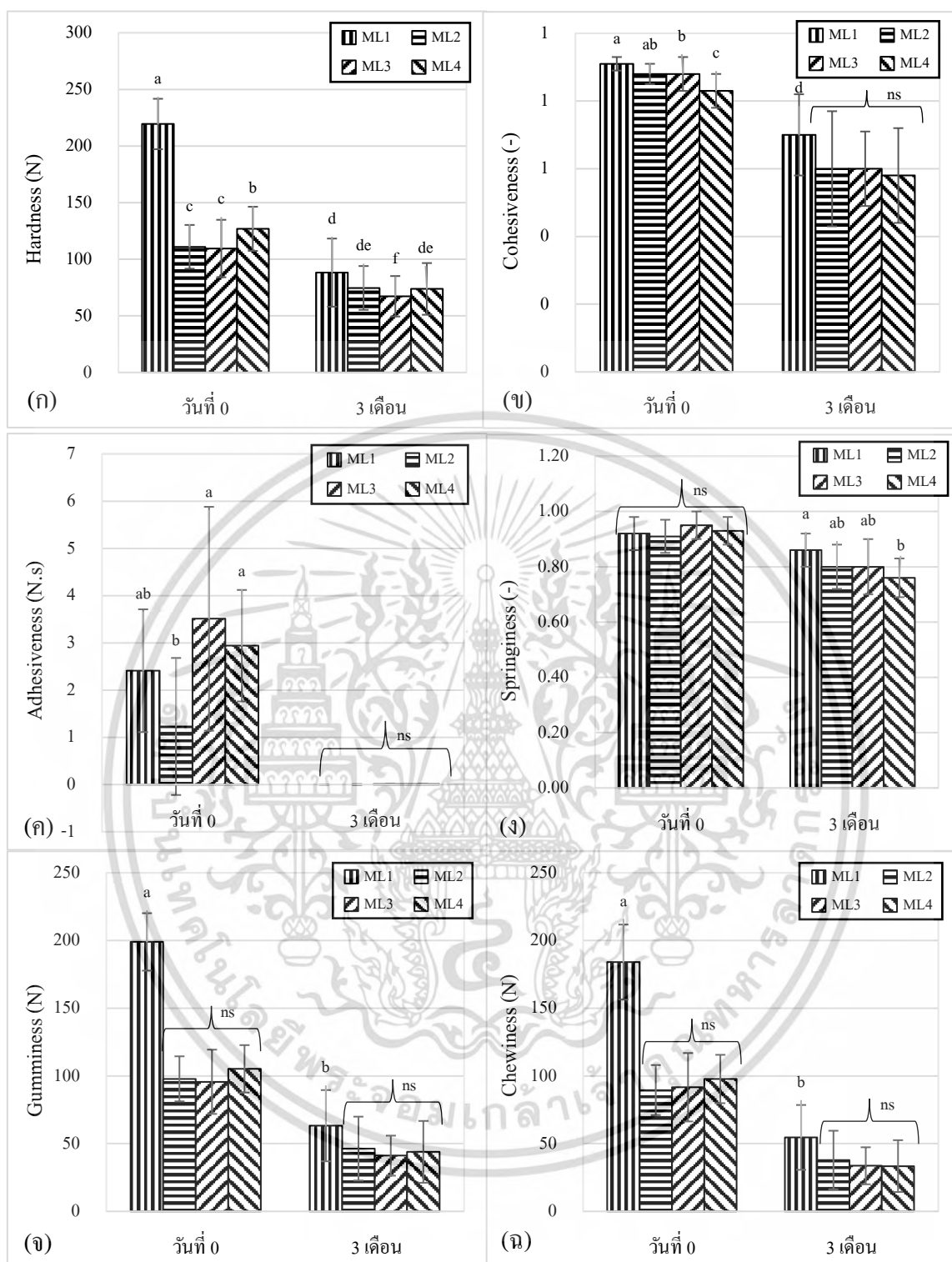
ตารางที่ 4.7 แสดงคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส (textural attributes) ของมะม่วงแผ่นที่เดิมและไม่เดิมผงดอกคำฝอยในวันที่ 0 พบว่า มะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอยมีค่าความแข็ง (Hardness) หรือแรงที่มีค่ามากที่สุดในการกดครั้งแรกลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอย โดยงานวิจัยของ Vijayanand et al. (2000) ได้รายงานไว้ว่า ค่า Hardness ของมะม่วงแผ่นและฝรั่งแผ่นมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าปริมาณความชื้นในมะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอยสูงกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอย แต่จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่ามะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งสูงกว่ามะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอย 0.50 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ แม้จะปริมาณความชื้นที่ต่ำ อาจจะเนื่องจากผงดอกคำฝอยที่เดิมลงไปมีทั้งส่วนที่ละลายได้น้ำ คือ สีเหลืองจากดอกคำฝอย หรือ carthamidin และที่ไม่ละลายได้น้ำ คือ สีแดงจากดอกคำฝอย หรือ carthamin (Weiss, 1983) จึงอาจมีผลต่อการละลายของผงดอกคำฝอยในเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น และอาจมีผลต่อค่าความแข็งของมะม่วงแผ่น สำหรับมะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอยมีความสามารถในการยึดเกาะกันภายในชิ้นอาหาร (cohesiveness) มากที่สุด ส่วนมะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าการเกาะตัวกันของอาหาร (Adhesiveness) ซึ่งเป็นงานที่ต้องใช้ในการดึงหรือความสามารถในการยึดติดของชิ้นอาหาร พบว่ามะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอย 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Adhesiveness มากกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอย สำหรับค่าความสามารถของชิ้นอาหารที่กลับสู่สภาวะเดิม (springiness) พบว่า มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน และสำหรับมะม่วงแผ่นที่ไม่เดิมผงดอกคำฝอยมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารถึงของแข็งจนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน (Gumminess) และ ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแข็งจนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน (Chewinness) มากกว่ามะม่วงแผ่นที่เดิมผงดอกคำฝอย และเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำห้องบรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสง เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าทุกคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับวันที่ 0 ดังภาพที่ 4.6

ตารางที่ 4.7 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยวันที่ 0

ผงดอกคำฝอย	Hardness (N)	Cohesiveness (-)	Adhesiveness (N.s)
0.00% (ML1)	219.43 ± 22.29 ^a	0.91 ± 0.02 ^a	2.41 ± 1.30 ^{ab}
0.50% (ML2)	110.96 ± 19.32 ^c	0.88 ± 0.03 ^{ab}	1.23 ± 1.45 ^b
1.00% (ML3)	109.46 ± 25.36 ^c	0.88 ± 0.05 ^b	3.51 ± 2.37 ^a
2.00% (ML4)	126.87 ± 19.48 ^b	0.83 ± 0.05 ^c	2.94 ± 1.18 ^a
ผงดอกคำฝอย	Springiness (-)	Gumminess (N)	Chewiness (N)
0.00% (ML1)	0.92 ± 0.06 ^a	198.98 ± 21.20 ^a	184.06 ± 27.70 ^a
0.50% (ML2)	0.91 ± 0.06 ^a	97.86 ± 16.63 ^b	89.55 ± 18.49 ^b
1.00% (ML3)	0.95 ± 0.05 ^a	95.69 ± 23.73 ^b	91.66 ± 25.26 ^b
2.00% (ML4)	0.93 ± 0.05 ^a	105.24 ± 17.52 ^b	97.74 ± 17.86 ^b

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-^a ตัวอักษรที่ต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.6 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยวันที่ 0 เทียบกับเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน (^{A,a} ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$) และ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (non-significantly different))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ในมะม่วงแผ่น

จากผลการศึกษาที่แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า มะม่วงแผ่นมีปริมาณความชื้น ใยอาหาร เถ๋า และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 12.91 ถึง 15.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณใยอาหารอยู่ในช่วง 2.69 ถึง 3.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเถ๋าอยู่ในช่วง 1.42 ถึง 1.85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 78.63 ถึง 82.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ๋าและปริมาณเชื้อใยเพิ่มสูงขึ้น โดยในดอกคำฝอยมีปริมาณความชื้น 4.9 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเถ๋า 10.4 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเส้นใย 12.2 เปอร์เซ็นต์ (Nagaraj, 2009) ซึ่งอาจมีผลให้มีค่าที่เพิ่มสูงขึ้น และมีปริมาณไขมันกับโปรตีนในมะม่วงแผ่นไม่แตกต่างกัน ($P \leq 0.05$) โดยมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 0.08 ถึง 0.14 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.76 เปอร์เซ็นต์ และจากงานวิจัยของ Torres et al. (2016) พบว่าในสตรอเบอร์รี่แผ่นและกีวีแผ่นมีปริมาณความชื้น 18.5 และ 18.3 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเถ๋า 2.2 และ 2.6 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเชื้อใย 3.5 และ 4.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบทางเคมีของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย

ผงดอกคำฝอย	ค่าการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (%)		
	ความชื้น	ไขมัน	โปรตีน ($N \times 6.259$)
0.00% (ML1)	13.13 \pm 0.20 ^b	0.08 \pm 0.03 ^a	0.55 \pm 0.00 ^a
0.50% (ML2)	12.91 \pm 0.09 ^b	0.10 \pm 0.01 ^a	0.60 \pm 0.08 ^a
1.00% (ML3)	14.55 \pm 0.58 ^a	0.13 \pm 0.06 ^a	0.68 \pm 0.17 ^a
2.00% (ML4)	15.11 \pm 0.84 ^a	0.14 \pm 0.13 ^a	0.76 \pm 0.17 ^a
ผงดอกคำฝอย	ใยอาหาร	เถ๋า	คาร์โบไฮเดรต
0.00% (ML1)	2.69 \pm 0.00 ^c	1.42 \pm 0.01 ^c	82.13 \pm 0.17 ^a
0.50% (ML2)	2.67 \pm 0.00 ^c	1.49 \pm 0.01 ^c	82.24 \pm 0.19 ^a
1.00% (ML3)	2.79 \pm 0.05 ^b	1.69 \pm 0.09 ^b	80.15 \pm 0.39 ^b
2.00% (ML4)	3.50 \pm 0.00 ^a	1.85 \pm 0.02 ^a	78.63 \pm 1.08 ^c

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

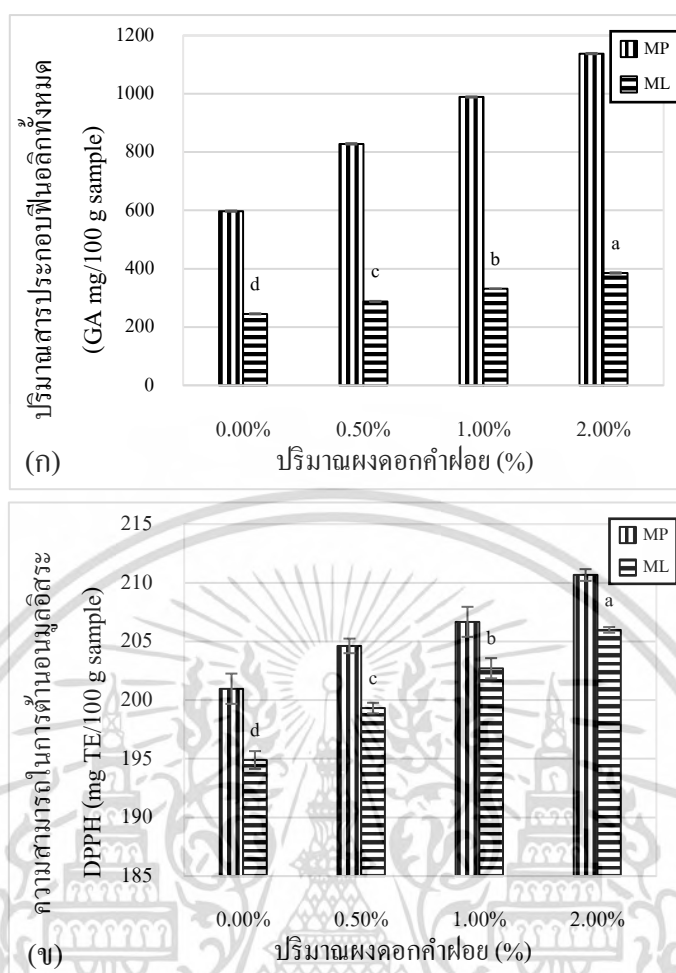
^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

4.2.2 ผลการทดลองด้านสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงแผ่น

จากผลการทดลองดังภาพที่ 4.7 พบว่า วันที่ 0 เพียวระ่มมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content: TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH scavenging activity) สูงกว่ามะม่วงแผ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) อาจเป็นเพราะเมื่อนำเพียวระ่มมาแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นแล้วเกิดการ oxidation เนื่องจากอุณหภูมิ จึงมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH นั้นลดลง และนอกจากนั้นยังเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงขึ้น ($P \leq 0.05$) ทั้งในเพียวระ่มมะม่วงและมะม่วงแผ่น

จึงทำให้เห็นว่าดอกคำฝอยสามารถทำหน้าที่เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีในอาหาร (Yoon et al., 2007, Salem et al., 2011 and Machewad et al., 2012) และเนื่องจากมะม่วงสุกน้ำดอกไม่มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด 31.40 mg/100 g FW และปริมาณฟลาโวนอยด์ในเนื้อผลมากที่สุดเท่ากับ 978.12 mg/100 g FW (ดวงพร, 2558) และอีกทั้งในดอกคำฝอยมีสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ไกลโคไซด์ (flavonoid glycoside) ได้แก่ carthamin (Yoon et al., 2007) และมีสารในกลุ่มฟลาโวน เช่น ลูทีโอลิน (Luteolin) (Asgarpanah and Kazemivash, 2013) และยังพบว่า ในดอกคำฝอยมีปริมาณการต้านอนุมูลอิสระ ORAC เท่ากับ 370 $\mu\text{mol TE/g}$ (Liao et al., 2007) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 149 mg GA/g มีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH 96.7 เปอร์เซ็นต์ และมีการต้านอนุมูลอิสระ FRAP เท่ากับ 1140 $\mu\text{mol/g}$ (Kruawan and Kangsadalampai, 2006) โดยปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิก เช่น ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids) เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ (ดวงพร, 2558)

จะเห็นได้ว่าดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปของกรดแกลลิกและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูง ดังนั้นเมื่อเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจึงมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงขึ้น และให้ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Torres et al. (2015) ที่รายงานว่า สารสกัดจากมาร์ทีเบอร์รี่ที่เติมลงในเพียวระ่มแอปเปิ้ลมีผลให้สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และในเพียวระ่มมะม่วงพบว่าหลังจากเติมสารสกัดจากมาร์ทีเบอร์รี่พบว่า มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC เพิ่มขึ้น และพบว่า แอปเปิ้ลแผ่นรวมทั้งมะม่วงแผ่นมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อเทียบกับเพียวระ่ม



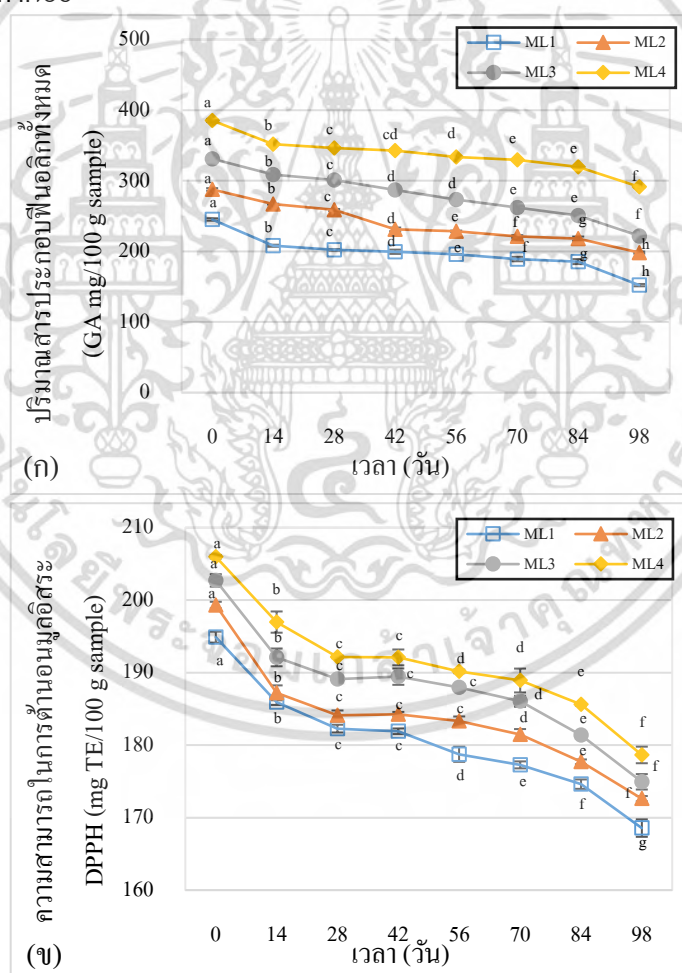
ภาพที่ 4.7 (ก) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ (ข) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 (ML) เทียบกับเพียงรวมมะม่วง (MP) ทั้งที่เดิมและไม่เติมผงดอกคำฝอย (^a ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$))

จากผลการทดลองที่แสดงดังภาพที่ 4.8 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแผ่นใน อุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสง เป็น เวลา 3 เดือนโดยเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ ทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถ ในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงแผ่น ML1, ML2, ML3 และ ML4 มีปริมาณที่ลดลง ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับวันที่ 0

โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ในช่วง 42 วันแรก พบว่า มะม่วงแผ่นที่ไม่เติม ผงดอกคำฝอย (ML1) จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลงเร็วกว่ามะม่วงแผ่นที่เติม ผงดอกคำฝอย 18.66 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ (ML4) มีปริมาณ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลง 11.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงช้าที่สุดเมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่น ตัวอย่างอื่น ๆ และเมื่อเก็บรักษา 98 วัน พบว่า มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) มีปริมาณ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลง 23.69 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ (ML4) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลง 15.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เห็นว่าผงดอกคำฝอยที่เติมในมะม่วงแผ่นสามารถทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) มีความคงตัวอยู่ในมะม่วงแผ่นหรือลดลงช้ากว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย ส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 (ML2), 1.00 (ML3) และ 2.00 (ML4) เปอร์เซ็นต์ มีแนวโน้มการลดลงที่คล้ายกันของทุกตัวอย่างและในแต่ละตัวอย่างมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่ลดลงในระหว่างการเก็บรักษาจึงอาจมีผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH นั้นลดลง

แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยก็มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่าในมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย



ภาพที่ 4.8 (ก) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ (ข) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา (^a ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่น

จากผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 7-point hedonic scale ดังตารางที่ 4.9 พบว่า คะแนนความชอบเฉลี่ยของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sensory attributes) ด้านรสชาติ (taste) และความเหนียวติดฟัน (stickiness) ของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ส่วนคะแนนสี (color) กลิ่นรส (flavor) และเนื้อสัมผัส (texture) พบว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50% (ML2) มีคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย แต่มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ จะมีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) และความชอบโดยรวม (overall) ของมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมดอกคำฝอยได้คะแนน 5.35 คะแนน และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 (ML2), 1.00 (ML3) และ 2.00 (ML4) เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนน 5.25, 4.65 และ 3.70 ตามลำดับ แต่มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 (ML2) และ 1.00 (ML3) เปอร์เซ็นต์ มีคะแนนความชอบโดยรวมไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) กับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย และสามารถเห็นได้ชัดเจนมากขึ้นดังภาพที่ 4.9 และจากงานวิจัยของ Torres et al. (2015) ทำการประเมินแอปเปิลและมะตูมแผ่นที่เติมและไม่เติมสารสกัดจากมารีก็ (maqui extract) ด้วยวิธี 9-point hedonic scale ได้รายงานว่ แอปเปิลแผ่นที่ไม่เติมสารสกัดจากมารีก็มีคะแนนความชอบโดยรวมจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ 6.7 คะแนน ลองลงมาเป็นสูตรแอปเปิลที่เติมสารสกัดจากมารีก็ คือ 5.4 คะแนน และสูตรที่ได้น้อยสุดคือมะตูมแผ่น 3.8 คะแนน ซึ่งแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

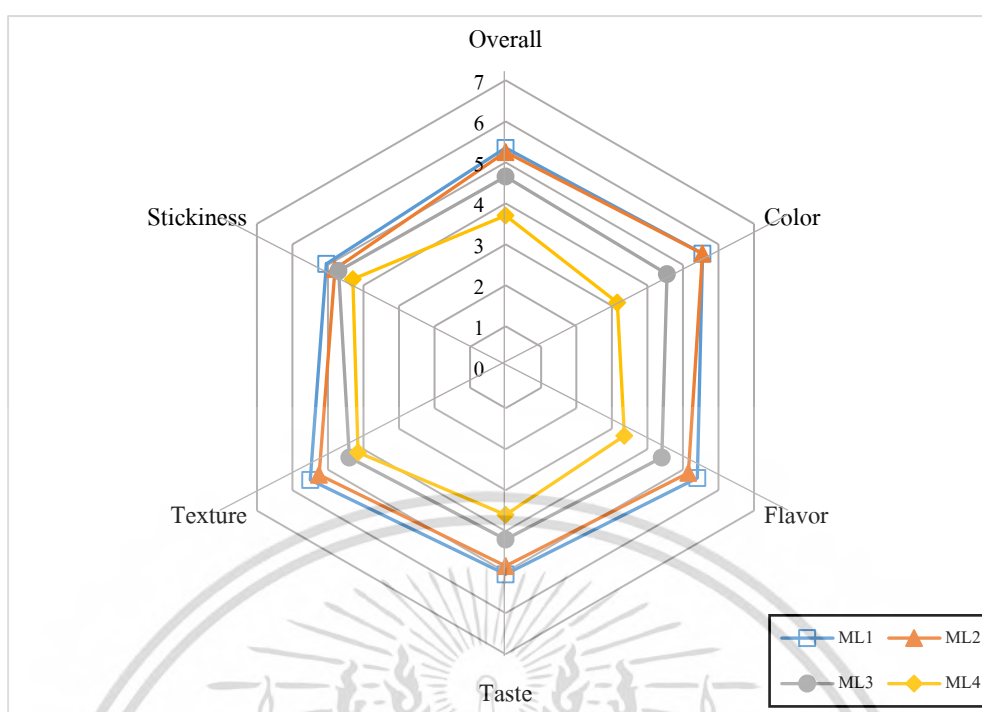
ตารางที่ 4.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมดอกคำฝอย

ผงดอกคำฝอย	ปัจจัยคุณภาพ (Sensory attributes)					ความเหนียวติดฟัน
	ความชอบโดยรวม	สี	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	
0.00% (ML1)	5.35 ± 0.88 ^a	5.55 ± 1.23 ^a	5.40 ± 1.19 ^a	5.05 ± 1.36 ^a	5.50 ± 0.89 ^a	5.05 ± 1.19 ^a
0.50% (ML2)	5.25 ± 1.07 ^a	5.55 ± 1.15 ^a	5.15 ± 0.99 ^a	4.85 ± 1.35 ^a	5.25 ± 1.12 ^a	4.80 ± 1.20 ^a
1.00% (ML3)	4.65 ± 0.99 ^a	4.55 ± 1.23 ^b	4.40 ± 0.99 ^b	4.20 ± 0.95 ^a	4.40 ± 1.14 ^b	4.70 ± 1.22 ^a
2.00% (ML4)	3.70 ± 1.22 ^b	3.15 ± 1.23 ^c	3.35 ± 0.88 ^c	3.60 ± 1.73 ^a	4.15 ± 1.60 ^b	4.30 ± 1.26 ^a

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

^a ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan, $P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย

ดังนั้นจากผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่น ควรจะเลือกมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.5 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความเหนียวติดฟัน และความชอบโดยรวมที่ใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย แต่มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้จะได้คะแนนความชอบจากผู้ทดสอบน้อยกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมดอกคำฝอย 0.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ผู้ทดสอบก็ได้ให้คะแนนด้านความเหนียวติดฟัน รสชาติ และความชอบโดยรวมใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย ซึ่งก็ยังเป็นที่ยอมรับได้ และจากผลการทดลองด้านสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในมะม่วงแผ่น พบว่า มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย แม้จะเติมในปริมาณน้อย แต่มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH มากที่สุด แต่ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบน้อยที่สุดในทุก ๆ ด้านของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส และจากข้อเสนอแนะจากผู้ทดสอบได้บอกว่า เนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีความร่วนมากกว่ามะม่วงแผ่นอื่น ๆ และมีสีเข้มมากเกินไป จึงไม่แนะนำมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

สมบัติด้านรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient; K) ลดลง ของเพียวเร่มะม่วงที่ระดับความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ คือ 15, 17 และ 19 ปริกซ์ ยกตัวอย่างเช่น เพียวเร่มะม่วงที่ 15 ปริกซ์ มีค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ลดลงจาก 11.32 ถึง 8.38 Pa ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity: η_{app}) ลดลงจาก 0.5054 ถึง 0.3741 Pa.s และค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (flow behavior index: n) มีค่าน้อยกว่า 1 โดยแสดงเป็นของไหลแบบซูโดพลาสติก

สมบัติเคมีกายภาพของเพียวเร่มะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น พบว่า เพียวเร่มะม่วงที่เติมดอกคำฝอยเมื่อเติมในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้น และมีค่า pH ลดลง

สมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่น พบว่า มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีความสว่างของสีมากขึ้นและมีสีที่เข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวเร่มะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น และในระหว่างการเก็บรักษาพบว่า มะม่วงแผ่นแต่ละตัวอย่างมีสีที่เข้มและทึบมากขึ้น เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นเวลา 3 เดือน ผลของแสงและอุณหภูมิอาจจะมีผลให้มะม่วงแผ่นมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณมากขึ้นจะมีค่า Hardness ลดลง ยกเว้นมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

เพียวเร่มะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH สูงกว่ามะม่วงแผ่น ในมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) เพิ่มขึ้นจาก 245.21 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เป็น 331.14 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นจาก 194.89 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอคซ์ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง เป็น 202.72 มิลลิกรัมสมมูลย์โทรลอคซ์ต่อ 100 กรัมตัวอย่าง และในระหว่างการเก็บรักษาในช่วง 42 วันแรก มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลงเร็วกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18.66 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลงซ้ำที่สูงสุด เท่ากับ 11.03% ทำให้เห็นว่าผงดอกคำฝอยที่เติมในมะม่วงแผ่นสามารถทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) มีความคงตัวอยู่ในมะม่วงแผ่นหรือลดลงซ้ำกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย

ผลการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของมะม่วงแผ่น ควรจะเลือกมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 เปอร์เซ็นต์ หรือ 1.00 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากได้คะแนนความชอบด้าน สี กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความเหนียวติดฟัน และความชอบ โดยรวมที่ใกล้เคียงกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย แต่เมื่อดูค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ของตัวอย่างมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 เปอร์เซ็นต์ น่าจะเป็นตัวเลือกที่ดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. **ผลิตภัณฑ์มะม่วง**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2521. ตารางแสดงคุณค่าอาหารไทยในส่วนที่กินได้ 100 กรัม
- จินตนา อุดิษฐกุล. 2540. “หลักการและความสำคัญวัดของการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสอาหาร.” ทัศนะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เฉลิมชัย แก้วราชาดี. 2539. **การปลูกมะม่วง**. หน้า 52-54. กรุงเทพฯ : อักษรสยามการพิมพ์.
- ดวงพร ภูษะกา. 2558. “การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการ กุทรีด้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วงพื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา.” **วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 43 (2) : 267-283.
- นิมิตร เจริญทรัพย์พัฒน์. 2543. “กลศาสตร์ของของไหล.” มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ภาพที่ 2.1 ลักษณะของผลมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้ [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://siammetalliczone.com/มะม่วงน้ำดอกไม้สุกช่วย/> วันที่สืบค้น 20 มิถุนายน 2561
- ภาพที่ 2.3 ลักษณะของดอกคำฝอย. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.maeonhospital.go.th/?p=1524> วันที่สืบค้น 20 มิถุนายน 2561
- ภาพที่ 2.4 สารสีแดงในดอกคำฝอย (Carthamin) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <http://www.epharmacognosy.com/2012/04/carthamin-synonyms-safflor-carmine.html> วันที่สืบค้น 20 มิถุนายน 2561
- ภาพที่ 2.5 สารสีเหลืองในดอกคำฝอย (Carthamus Yellow) [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก <https://www.tradeindia.com/fp1499902/Carthamus-Yellow.html> วันที่สืบค้น 20 มิถุนายน 2561
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้กวน มผช. 35/2558
- รัตนา อัดดะปัญโญ, สายลม สัมพันธ์เวชโสภา และอนุวัตร แจ่มชัด. 2550. “การวิจัยพัฒนาผลไม้กวน (ผลไม้แผ่น) เพื่อยกระดับมาตรฐานและการศึกษาการตลาด.” รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.
- วิจิตร วังใน. 2536. **การทำสวนมะม่วง**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน. หน้า 103-105. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สำนักโภชนาการกรมอนามัย. 2549. องค์ความรู้เรื่องปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในผลไม้เพื่อส่งเสริมสุขภาพ (วิตามินซี วิตามินอี และ เบต้าแคโรทีน) ในผลไม้. เข้าถึงได้จาก <http://nutrition.anamai.moph.go.th/temp/main/view.php?group=3&id=117>
- สุวรรณ หอมหวล. 2541. “Design and Fabrication of Continuous Recording Tube Viscometer.” รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Abe, N., Nemoto, A., Tsuchiya, Y., Hojo, H. and Hirota, A. 2000. “Studies on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging mechanism of a 2- pyrone compound.” **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**. 64 : 306-313.
- Abdalla A.E.M., Darwish S.M., Ayad E.H.E., El-Hamahmy R.M. 2007. “Egyptian mango by-product 1: Compositional quality of mango seeds kernel. **Food Chemistry**.” 103 : 1134–1140.
- Ajila C.M., Bhat S.G. and Prasada Rao U.J.S. 2007a. “Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties.” **Food Chemistry**. 102 : 1006–1011.
- AOAC. 1998. **Official methods of analysis**. 16th Edition. Gaithersburg, USA : AOAC International.
- AOAC. 2011. **Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 19th Edition. Virginia : Gaithersburg, Md.
- AL-Hinai, K.Z., Guizani, N., Singh, V., Rahman, M.S. and AL-Subhi, L. 2013. “Instrumental Texture Profile Analysis of Date-tamarind Fruit Leather with Different Type of Hydrocolloids.” **Food Science and Technology Research**. 19(4) : 531-538.
- Ames, B.N., Shigenaga, M.K. and Hagen, T.M. 1993. “Oxidants, antioxidants, and the degenerative disease of aging.” **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. 90 : 7915-7922.
- Arslan, E., Yener, M. E. and Esin, A. 2005. “Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends.” **Food Engineering**. 69 : 167-172.
- Asgarpanah, J. and Kazemivash, N. 2013. “Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Carthamus tinctorius L.*” **Chinese journal of integrative medicine**. 19(2) : 153-159.
- Azeredo, H.M.C., Brito, E.S., Moreira, G.E.G., Farias, V.L. and Bruno, L.M. 2006. “Effect of drying and storage time on the physico-chemical properties of mango leathers.” **International Journal of Food Science & Technology**. 41(6) : 635-8. doi : 10.1111/j.1365-2621.2005.01120.x.
- Bast, A., Haeren, G. and Doelmen, C. 1991. “Oxidants and antioxidants: state of art.” **American Journal of Medicine**. 91 : 2-13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Barbosa-Canovas, G. V., Fontana, A.J., Schmidt, S.J. and Labuza, T.P. 2007. **Water activity in food fundamentals and application**. LA : Editors IFT Press, Blackwell Publishing.
- Bourne, M.C. 1978. "Texture profile analysis." **Food Technology**. 32 : 62-66.
- Chakraborty, S., Rao, P.S. and Mishra H.N. 2015. "Effect of combined high pressure- temperature treatments on color and nutritional quality attributes of pineapple (*Ananas comosus L.*) puree." **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. 28 : 10-21.
- Chirife, J. and Buera, M.P. 1995. "A critical review of some non-equilibrium situations and glass transition on water activity values of food in the microbiological growth range." **Journal of Food Engineering**. 25 : 531-552. doi : 10.1016/0260-8774(94)00033-6.
- Ekin, Z. 2005. "Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) utilization: a global view." **Journal of Agronomy**. 4(2) : 83-87.
- Halliwell, B., Aeschbach, R., Löliger, J. and Aruoma, O.I. 1995. "The characterization of antioxidants." **Food and Chemical Toxicology**. 33 : 601-617.
- Halliwell, B. 1999. "Antioxidant defense mechanism: from the beginning to the end." **Society for Free Radical Biology and Medicine**. 31 : 261-272.
- Halliwell, B. 2009. "The wanderings of a free radical." **Free Radical Biology and Medicine**. 46 : 531-542.
- Kruawan, K. and Kangsadalampai, K. 2006. "Antioxidant activity, phenolic compound contents and antimutagenic activity of some water extract of herbs." **Thai Journal of Pharmaceutical Sciences**. 30 : 28 - 35.
- Liao, Y.C., Si, L., Vere White, R.W., Lo, S.H. 2007. "The phosphotyrosine-independent interaction of DLC-1 and the SH2 domain of cten regulates focal adhesion localization and growth suppression activity of DLC-1." **Journal of Cell Biology**. 176 : 43-49.
- Lockwood, B. 2007. **Nutraceuticals: A Guide for Healthcare Professionals**. 2nd Edition. London : Pharmaceutical Press.
- Machewad, G.M., Ghatge, P., Chappalwar, V., Jadhav, B. and Chappalwar, A. 2012. "Studies on Extraction of Safflower Pigments and its Utilization in Ice Cream." **Journal of Food Process Technology**. 3 : 172. doi : 10.4172/2157-7110.1000172
- Nagaraj, G. 2009. **Oilseeds: properties, processing, products and procedures**. Chapter 2. Safflower. Delhi : Jai Bharat Printing Press. Pp. 53-56.
- Nawar, W.W. 1996. "Lipid. In O. R. Fennema (eds.)." **Food Chemistry**. New York. Pp. 210-243.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. 2001. **Antioxidants in food: practical applications.** New York : CRC Press. Pp. 380.
- Quintero, N., Demarchi, S., Massolo, F., Rodoni, L. and Giner, S. 2012. "Evaluation of quality during storage of apple leather." **LWT-Food Science and Technology.** 47(2) : 485-492.
- Rahman, M.S. 2007. **In: Rahman MS, editor. Handbook of food preservative.** 2nd Edition. Boca Raton, FL : CRC Press. Pp. 1088. doi : 10.1002/9781444398274.
- Ribeiro S.M., Queiroz J.H., Ribeiro L., de Queiro, M.E., Campos F.M. and Pinheiro Sant'ana, H.M. 2007. "Antioxidant in mango (*Mangifera indica L.*) pulp." **Plant Foods for Human Nutrition.** 62 : 13–17.
- Salem, N., Msaada, K., Hamdaoui, G., Limam, F., and Marzouk, B. 2011. "Variation in phenolic composition and Antioxidant activity during flower development of Safflower (*Carthamus tinctorius L.*)." **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 59(9) : 4455 – 4463.
- Sanchez-Moreno, C., Jimenez-Escoria, A. and Saura-Calixto, J. 2000. "Study of low-density lipoprotein oxidizability indexes to measure the antioxidant activity of dietary polyphenols." **Nutrition Research.** 20 : 941-953.
- Sarojini, R., Nagabhushanam, R., Devi, M. and Fingerman, M. 1995. "Dopaminergic inhibition of 5-hydroxytryptamine- stimulated testicular maturation in the fiddler crab," **Comparative Biochemistry and Physiology.** 111C(2) : 287–292.
- Silvia, V., Angela, A. and Stefano, M. 2004. "The Antioxidants and Pro-Antioxidants Network: An overview." **Current Pharmaceutical Design.** 10(14) : 1677-1694.
- Srinivas, S., Goldberg, M.R., Watanabe, T., D'Agati, V., al- Awqati, Q., Costantini, F. 1999. "Expression of green fluorescent protein in the ureteric bud of transgenic mice: a new tool for the analysis of ureteric bud morphogenesis." **Developmental Genetics.** 24 : 241–251.
- Steffe, J.F. 1996. **Rheological Method in Food Process Engineering.** 2nd Edition. United State of America : Freeman Press.
- Tang, J., Nindo, C.I., Powers, J.R. and Takhar P.S. 2007. "Rheological properties of blueberry puree for processing applications." **LWT - Food Science and Technology.** 40 : 292-299.
- Torres, C.A., Concha-Meyer A.A., D'Ignoti V., Saez B. and Diaz R.I. 2016. "Effect of storage on the Physico-Chemical and Antioxidant Properties of Strawberry and Kiwi Leathers." **Journal of Food Science.** 81 : 569-577.

- Torres, C.A., Romero, L.A. and Diaz R.I. 2015. "Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity." **LWT - Food Science and Technology**. 62 : 996–1003.
- Troller, J.A. 1980. "Influence of water activity on microorganism in food." **Food Technology-Chicago**. 34 : 76-80.
- Valacchi, G. et al. 2004. "In vivo ozone exposure induces antioxidant stress-related responses in murine lung and skin." **Free Radical Biology and Medicine**. 36 : 673-681.
- Vijayanand, P., Yadav, A.R., Balasubramanyan, N. and Narasimham, P. 2000. "Storage stability of guava fruit bar prepared usingl new process." **LWT - Food Science and Technology**. 33(2) : 132-137. doi : 10.1006/fstl.1999.0627.
- Villarino, B.J., Ma, L.M., Lizada, C.C. 2007. "Descriptive sensory evaluation of virgin coconut oil and refined, bleached and deodorized coconut oil." **LWT - Food Science and Technology**. 40 : 193-199.
- Voest, E.E., Vreugdenhil, G. and Marx, J. 1994. "Iron- chelating agents in non-iron overload conditions." **Annals of Internal Medicine**. 120 : 490-499.
- Weiss, E.A. 1983. **Oilseed crops**. Chapter 6. Safflower. Longman Group Limited. Longman House. London, UK. Pp. 216-281.
- Yang, J.H. et al. 2000. "Antioxidant and related compounds." **Journal of Biochemistry & Cell Biology**. 61 : 1646-1649.
- Yoon, H.R., Han H.G. and Paik, Y.S. 2007. "Flavonoid glycosides with antioxidant activity from the petals of *Carthamus tinctorius*." **Carbon**. 1(2) : 3.
- Zhang Li and Li Dajue. 1993. "Evaluation of safflower (*Carthamus tinctorius L.*) germplasm: salt tolerance of indigenous and exotic safflower." **Proceedings of the Third International Safflower Conference. Beijing, China, June, 1993**. Pp. 366-373.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดจากพืชวรมะม่วงและมะม่วงแป้น ดัดแปลงจากวิธีของ Abe et al. (2000) โดยสารประกอบฟีนอลจะทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu Reagent ในสถานะที่เป็นด่าง และเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีน้ำเงิน ซึ่งดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ด้วย UV-Visible spectrophotometer และใช้กรดแกลลิกเป็นสารประกอบฟีนอลิกมาตรฐาน

การเตรียมสาร

1. สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ความเข้มข้น 400 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

ชั่งสารกรดแกลลิก 0.0400 กรัม ละลายในเอทานอล 95% ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

2. สารละลาย Na_2CO_3 (Sodium carbonate) 10 %

ชั่งสาร โซเดียมคาร์บอเนต 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตร

การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก อย่างน้อย 7 ระดับ ใสในหลอดทดลองหลอดละ 0.000, 0.025, 0.05, 0.075, 0.1, 0.125 และ 0.150 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นในแต่ละหลอดให้ปริมาตรรวมเท่ากับ 5 มิลลิลิตร แล้วจะได้ปริมาณกรดแกลลิกในแต่ละหลอดเท่ากับ 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 ไมโครกรัม ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. นำหลอดทดลองทั้งหมดเติมสารมาตรฐาน Folin- Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

3. เติมสารละลาย Na_2CO_3 (Sodium carbonate) 10 % ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที (กรณีที่สารละลายทำปฏิกิริยาแล้วขุ่นให้นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เพื่อแยกตะกอนออกก่อนการนำไปวัดค่าดูดกลืนแสง)

4. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก โดยเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตรกับปริมาณกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

หลอด ที่ 1	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลาย กรดแกลลิก (ไมโครลิตร)	ปริมาตรน้ำกลั่น (มิลลิลิตร)	ปริมาณกรดแกล ลิก (ไมโครกรัม)
1	0.00	0	5.000	0
2	2.00	25	4.975	20
3	4.00	50	4.950	40
4	6.00	75	4.925	60
5	8.00	100	4.900	80
6	10.00	125	4.875	100
7	12.00	150	4.850	120

ตารางที่ ก.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ปริมาณกรดแกลลิก (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
0	0.0050	0.0010	0.0006	0.0022
20	0.1188	0.1273	0.1307	0.1256
40	0.2588	0.2676	0.2712	0.2659
60	0.3998	0.4149	0.4216	0.4121
80	0.5159	0.5128	0.5083	0.5123
100	0.7080	0.7054	0.7104	0.7079
120	0.8461	0.8290	0.8506	0.8419

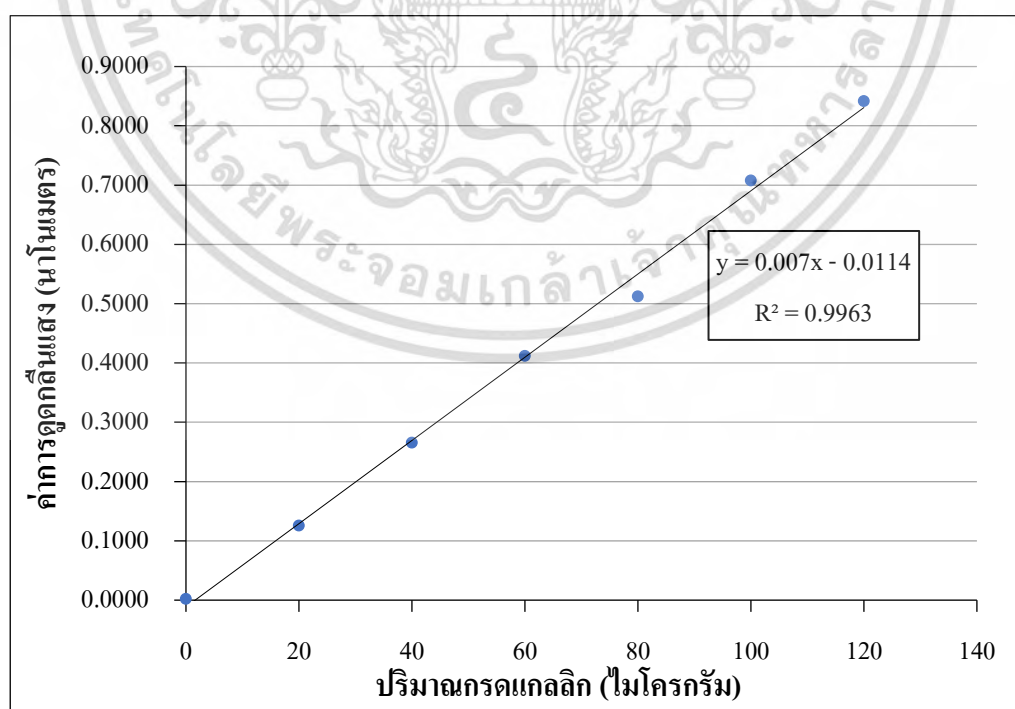
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างพืชเริ่มมะม่วง

สารสกัดตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
MP1	0.4069	0.4084	0.4056
MP2	0.5701	0.5668	0.5685
MP3	0.6824	0.6806	0.6797
MP4	0.7838	0.7850	0.7867

ตารางที่ ก.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น

สารสกัดตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
ML1	0.5078	0.5012	0.5016
ML2	0.5883	0.5946	0.5954
ML3	0.6859	0.6826	0.6835
ML4	0.7983	0.7931	0.8021



ภาพที่ ก.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ตัวอย่างการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในพืชวุ้นมะม่วง

จากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ได้คือ $y = 0.007x - 0.0114$ ($R^2 = 0.9963$) สามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดตัวอย่างพืชวุ้นมะม่วงได้ โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างพืชวุ้นมะม่วงเป็นตัวแปร y ในสมการแล้วคำนวณหาค่า x โดยจะทำการคำนวณของตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ แล้วเฉลี่ยค่าจึงจะได้เป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของพืชวุ้นมะม่วง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ซ้ำที่ 1: ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างพืชวุ้นมะม่วง (MP1) เท่ากับ 0.5078 นาโนเมตร จากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ได้คือ $y = 0.007x - 0.0114$ จะได้ค่า x เท่ากับ 59.76 ไมโครกรัม หรือ 0.060 มิลลิกรัม

เทียบบัญญัติไตรยางค์

ปีเปดตัวอย่าง 0.05 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.060 มิลลิกรัม

ถ้าในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ $\frac{0.060 \times 100}{0.05} = 119.51$ มิลลิกรัม

โดยสารตัวอย่างทั้งหมด 100 มิลลิลิตร จะมีพืชวุ้นมะม่วงทั้งหมด 20 กรัม

ดังนั้นพืชวุ้นมะม่วง 20 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 119.51 มิลลิกรัม

ถ้าพืชวุ้นมะม่วง 100 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ $\frac{119.51 \times 100}{20} = 597.57$ มิลลิกรัม

การทดลองในซ้ำที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในพืชวุ้นมะม่วง (MP1) เท่ากับ 597.57 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมพืชวุ้นมะม่วง (mg gallic acid/100 g mango puree) เมื่อคำนวณใน ซ้ำที่ 2 และ 3 พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในพืชวุ้นมะม่วง (MP1) เท่ากับ 599.71 และ 595.71 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมพืชวุ้นมะม่วง (mg gallic acid/100 g mango puree) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ซ้ำ ได้เท่ากับ 597.67 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมพืชวุ้นมะม่วง (mg gallic acid/100 g mango puree)

ดังนั้นจึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในพืชวุ้นมะม่วง (MP1) เท่ากับ 597.67 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมพืชวุ้นมะม่วง (mg gallic acid/100 g mango puree)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในมะม่วงแผ่น

จากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ได้คือ $y = 0.007x - 0.0114$ ($R^2 = 0.9963$) สามารถคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่นได้ โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่นเป็นตัวแปร y ในสมการแล้วคำนวณหาค่า x โดยจะทำการคำนวณของตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ แล้วเฉลี่ยค่าจึงจะได้เป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของมะม่วงแผ่น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ซ้ำที่ 1: ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 0.4069 นาโนเมตร จากสมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกที่ได้คือ $y = 0.007x - 0.0114$ จะได้ค่า x เท่ากับ 74.17 ไมโครกรัม หรือ 0.074 มิลลิกรัม

เทียบบัญญัติไตรยางค์

ปีเปิดตัวอย่าง 0.15 มิลลิกรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 0.074 มิลลิกรัม

ถ้าในตัวอย่าง 100 มิลลิกรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ $\frac{0.074 \times 100}{0.15} = 49.45$ มิลลิกรัม

โดยสารตัวอย่างทั้งหมด 100 มิลลิกรัม จะมีมะม่วงแผ่นทั้งหมด 20 กรัม

ดังนั้นมะม่วงแผ่น 20 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 49.45 มิลลิกรัม

ถ้ามะม่วงแผ่น 100 กรัม มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ $\frac{49.45 \times 100}{20} = 247.24$ มิลลิกรัม

การทดลองในซ้ำที่ 1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 247.24 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg gallic acid/100 g mango fruit leather) เมื่อคำนวณใน ซ้ำที่ 2 และ 3 พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 244.10 และ 244.29 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg gallic acid/100 g mango fruit leather) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ซ้ำ ได้เท่ากับ 245.21 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg gallic acid/100 g mango fruit leather)

ดังนั้นจึงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ในผิวมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 245.21 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg gallic acid/100 g mango fruit leather)



ภาคผนวก ข

**การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์และ
การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เอทานอล 80%

ผสมเอทานอล 95% ปริมาตร 840 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่นปริมาตร 160 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน โดยคำนวณปริมาตรเอทานอล 95% กับน้ำกลั่นได้จากสมการ $C_1V_1 = C_2V_2$

เมื่อ C_1 คือ ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 95

C_2 คือ ความเข้มข้นของเอทานอลที่ต้องการเจือจาง

V_1 คือ ปริมาตรน้ำกลั่นที่ต้องการหาเพื่อทำการเจือจาง

V_2 คือ ปริมาตรรวม

การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานโทรลอกซ์

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ อย่างน้อย 5 ระดับ ใส่ในหลอดทดลองหลอดละ 0.500, 1.000, 1.500, 2.000, 2.500, 3.000 และ 3.500 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเอทานอล 80% ลงในแต่ละหลอดให้ปริมาตรรวมเท่ากับ 5 มิลลิลิตร แล้วจะได้ปริมาณโทรลอกซ์ในแต่ละหลอดเท่ากับ 25, 50, 75, 100, 125, 150 และ 175 ไมโครกรัม ตามลำดับ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2. เตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ทั้งหมด โดยจะมีหลอดควบคุม (Control) และหลอดของโทรลอกซ์ทุกความเข้มข้น โดยหลอดควบคุมจะเติมเอทานอล 80% ปริมาตร 5.4 มิลลิลิตรและหลอดของโทรลอกซ์ทุกความเข้มข้นจะเติมสารละลายโทรลอกซ์ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร

3. นำหลอดทดลองทั้งหมดเติมสารละลาย DPPH ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด ณ อุณหภูมิห้อง 30 นาที

4. นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาสร้างกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ โดยเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรกับปริมาณโทรลอกซ์

ตารางที่ ข.1 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์

หลอด ที่	ความเข้มข้น (ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร)	ปริมาตรสารละลาย โทรลอกซ์ (ไมโครลิตร)	ปริมาตรเอทานอล 80% (มิลลิลิตร)	ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)
1	2.50	500	4.500	25
2	5.00	1000	4.000	50
3	7.50	1500	3.500	75
4	10.0	2000	3.000	100
5	12.5	2500	2.500	125
6	15.0	3000	2.000	150
7	17.5	3500	1.500	175

ตารางที่ ข.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์

ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
Control	0.9961	1.0062	1.0004	1.0009
25	0.8890	0.9045	0.8502	0.8812
50	0.7998	0.7544	0.7483	0.7675
75	0.6428	0.6185	0.6145	0.6253
100	0.4910	0.5065	0.4931	0.4969
125	0.3168	0.3257	0.3124	0.3183
150	0.2081	0.2240	0.2297	0.2206
175	0.0812	0.0791	0.0710	0.0771

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์

ปริมาณโทรลอกซ์ (ไมโครกรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%)			ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	
Control	0	0	0	0
25	10.7519	10.1073	15.0140	11.9578
50	19.7069	25.0248	25.1999	23.3105
75	35.4683	38.5311	38.5746	37.5247
100	50.7078	49.6621	50.7097	50.3599
125	68.1960	67.6307	68.7725	68.1997
150	79.1085	77.7380	77.0392	77.9619
175	91.8482	92.1387	92.9028	92.2966

ตารางที่ ข.4 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างพืชเหวี่ยง

สารสกัดตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
MP1	0.1545	0.1639	0.1638
MP2	0.1425	0.1466	0.1473
MP3	0.1428	0.1356	0.1323
MP4	0.1188	0.1226	0.1192

ตารางที่ ข.5 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารสกัดตัวอย่างพืชเหวี่ยง

สารสกัดตัวอย่าง	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
MP1	84.5639	83.6247	83.6347
MP2	85.7628	85.3532	85.2832
MP3	85.7328	86.4522	86.7819
MP4	88.1307	87.7510	88.0907

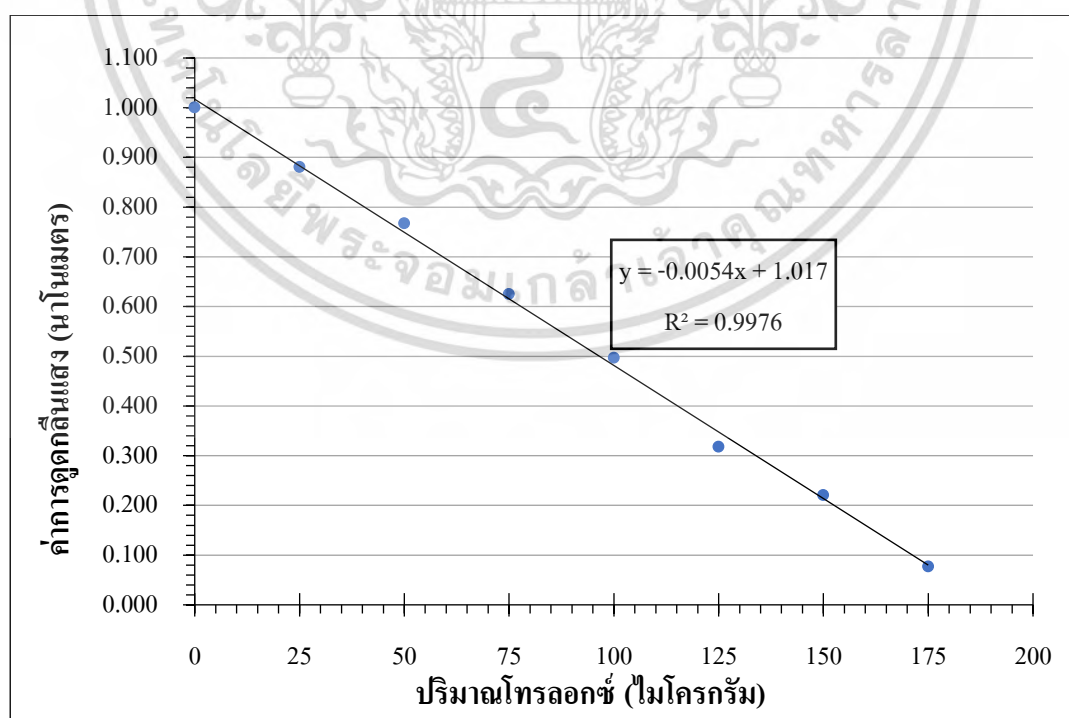
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.6 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตรของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น

สารสกัดตัวอย่าง	ค่าการดูดกลืนแสง (นาโนเมตร)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
ML1	0.1865	0.1891	0.1828
ML2	0.1698	0.1666	0.1665
ML3	0.1543	0.1495	0.1565
ML4	0.1399	0.1387	0.1407

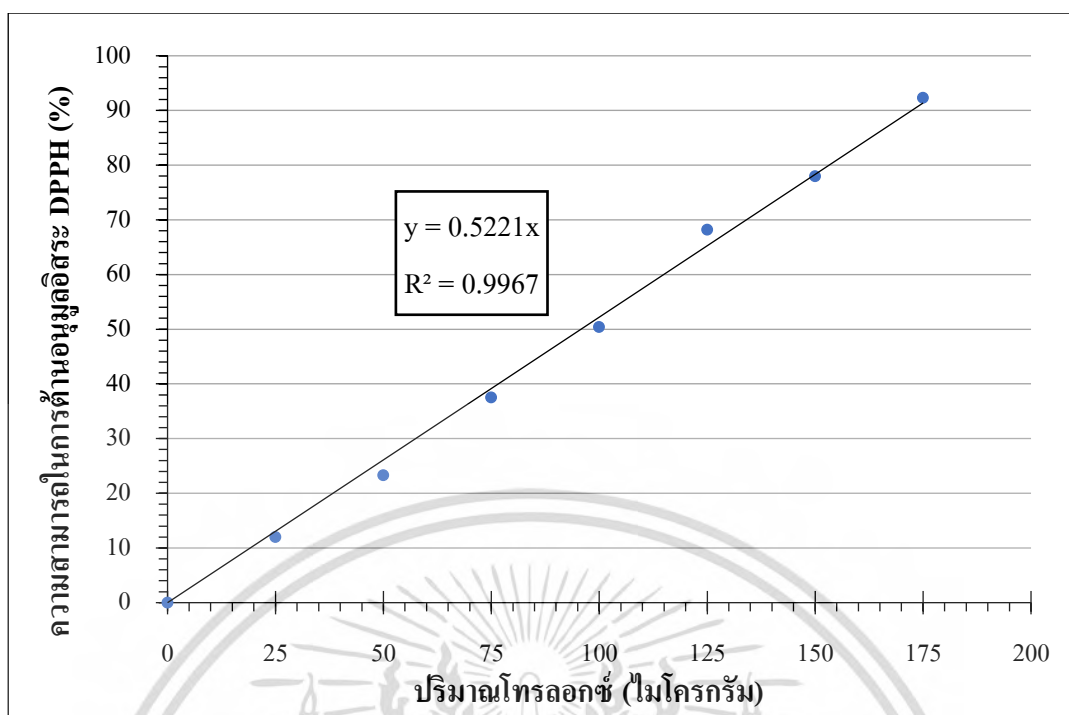
ตารางที่ ข.7 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%) ของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น

สารสกัดตัวอย่าง	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (%)		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3
ML1	81.3668	81.1070	81.7364
ML2	83.0353	83.3550	83.3650
ML3	84.5839	85.0634	84.3641
ML4	86.0226	86.1425	85.9427



ภาพที่ ข.1 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐาน โพลลอกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานโพลกซ์ในการวิเคราะห์ DPPH

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH

การคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระจะใช้สมการที่ได้จากกราฟมาตรฐานของโพลกซ์

$$\begin{aligned} \% \text{ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} &= 1 - \left(\frac{A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \right) \times 100 \text{ หรือ} \\ &= \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100 \end{aligned}$$

โดยที่ A_{sample} = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายตัวอย่าง

A_{control} = ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม (control)

$$Y = 0.5221X \quad (R^2 = 0.9967)$$

เมื่อ Y = ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH (%) ของสารละลายตัวอย่าง

X = ปริมาณโพลกซ์ (มิลลิกรัมสมมูลย์ของโพลกซ์ต่อ 100 กรัม ตัวอย่าง)

C = จุดตัดแกน Y

การวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH – scavenging activity assay)

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในพืชวรมะม่วง

จากสมการของกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ได้คือ $Y = 0.5221X$ ($R^2 = 0.9967$) สามารถคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัดตัวอย่างพืชวรมะม่วง โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างพืชวรมะม่วงและค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ในสมการหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ค่าที่ได้จะเป็นตัวแปร y จากนั้นแทนค่า y ในสมการกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์แล้วคำนวณหาค่า x โดยจะทำการคำนวณของตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ แล้วเฉลี่ยค่าจึงจะได้เป็นปริมาณโทรลอกซ์ในพืชวรมะม่วง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ซ้ำที่ 1: ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างพืชวรมะม่วง (MP1) หรือ A_{sample} เท่ากับ 0.1545 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม หรือ A_{control} เท่ากับ 1.0009

$$\begin{aligned} \% \text{ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} &= \frac{1.0009 - 0.1545}{1.0009} \times 100 \\ &= 84.5639 \% \end{aligned}$$

จากสมการของกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ได้คือ $Y = 0.5221X$ ($R^2 = 0.9967$)

$$X = 84.5639 / 0.5221$$

$X = 161.97$ ไมโครกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 0.4 มิลลิตรของสารละลายตัวอย่าง

หรือ $X = 0.162$ มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 0.4 มิลลิตรของสารละลายตัวอย่าง

เทียบบัญญัติไตรยางค์

ปีเปดตัวอย่าง 0.4 มิลลิตร มีปริมาณโทรลอกซ์ 0.162 มิลลิกรัม

ถ้าในตัวอย่าง 100 มิลลิตร มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ $\frac{0.162 \times 100}{0.4} = 40.49$ มิลลิกรัม

โดยสารตัวอย่างทั้งหมด 100 มิลลิตร จะมีพืชวรมะม่วงทั้งหมด 20 กรัม

ดังนั้นพืชวรมะม่วง 20 กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 40.49 มิลลิกรัม

ถ้าพืชวรมะม่วง 100 กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ $\frac{40.49 \times 100}{20} = 202.46$ มิลลิกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองในซ้ำที่ 1 มีปริมาณ Trolox (Trolox) ในเพียวเริ่มมะม่วง (MP1) เท่ากับ 202.46 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ 100 กรัมเพียวเริ่มมะม่วง (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango puree) เมื่อคำนวณใน ซ้ำที่ 2 และ 3 พบว่ามีปริมาณ Trolox (Trolox) ในเพียวเริ่มมะม่วง (MP1) เท่ากับ 200.21 และ 200.24 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ 100 กรัมเพียวเริ่มมะม่วง (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango puree) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ซ้ำ ได้เท่ากับ 200.97 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ 100 กรัมเพียวเริ่มมะม่วง (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango puree)

ดังนั้นจึงมีปริมาณ Trolox (Trolox) ในเพียวเริ่มมะม่วง (MP1) เท่ากับ 202.97 มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ 100 กรัมเพียวเริ่มมะม่วง (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango puree)

ตัวอย่างการคำนวณความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่น

จากสมการของกราฟมาตรฐาน Trolox ที่ได้คือ $Y = 0.5221X$ ($R^2 = 0.9967$) สามารถคำนวณหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น โดยแทนค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่นและค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม ในสมการหาเปอร์เซ็นต์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ค่าที่ได้จะเป็นตัวแปร y จากนั้นแทนค่า y ในสมการกราฟมาตรฐาน Trolox แล้วคำนวณหาค่า x โดยจะทำการคำนวณของตัวอย่างทั้ง 3 ซ้ำ แล้วเฉลี่ยค่าจึงจะได้เป็นปริมาณ Trolox ในมะม่วงแผ่น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ซ้ำที่ 1: ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1) หรือ A_{sample} เท่ากับ 0.1865 นาโนเมตร และค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ของสารละลายที่ใช้เป็นตัวอย่างควบคุม หรือ A_{control} เท่ากับ 1.0009

$$\begin{aligned} \% \text{ ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH} &= \frac{1.0009 - 0.1865}{1.0009} \times 100 \\ &= 81.3668 \% \end{aligned}$$

จากสมการของกราฟมาตรฐาน Trolox ที่ได้คือ $Y = 0.5221X$ ($R^2 = 0.9967$)

$$X = 81.3668 / 0.5221$$

$$X = 155.85 \text{ ไมโครกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ } 0.4 \text{ มิลลิตรของสารละลายตัวอย่าง}$$

$$\text{หรือ } X = 0.156 \text{ มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ } 0.4 \text{ มิลลิตรของสารละลายตัวอย่าง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบบัญญัติไครยางค์

ปีเปตตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร มีปริมาณโทรลอกซ์ 0.156 มิลลิกรัม

ถ้าในตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ $\frac{0.156 \times 100}{0.4} = 38.96$ มิลลิกรัม

โดยสารตัวอย่างทั้งหมด 100 มิลลิลิตร จะมีมะม่วงแผ่นทั้งหมด 20 กรัม

ดังนั้นมะม่วงแผ่น 20 กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ 38.96 มิลลิกรัม

ถ้ามะม่วงแผ่น 100 กรัม มีปริมาณโทรลอกซ์เท่ากับ $\frac{38.96 \times 100}{20} = 194.81$ มิลลิกรัม

การทดลองในซ้ำที่ 1 มีปริมาณโทรลอกซ์ (Trolox) ในมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 194.81 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango fruit leather) เมื่อคำนวณใน ซ้ำที่ 2 และ 3 พบว่ามีปริมาณโทรลอกซ์ (Trolox) ในมะม่วงแผ่น (ML1) เท่ากับ 194.18 และ 195.69 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango fruit leather) ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 ซ้ำ ได้เท่ากับ 194.89 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango fruit leather)

ดังนั้นจึงมีปริมาณโทรลอกซ์ (Trolox) ในมะม่วงแผ่น (MP1) เท่ากับ 194.89 มิลลิกรัมสมมูลย์ของโทรลอกซ์ต่อ 100 กรัมมะม่วงแผ่น (mg Trolox Equivalent (TE)/100 g mango fruit leather)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 1998)

นำตัวอย่างมะม่วงแผ่นมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กด้วยมีดหรือกรรไกรก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด
3. ตู้อบลมร้อน
4. โถดูดความชื้น
5. ที่ลึบ

วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำออกไปใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 ± 0.1 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม+ฝา+ตัวอย่าง (ก่อนอบ)) (W_1)

3. อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบเวลานำออกไปใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่งแล้วนำไปใส่ในโถดูดความชื้น ทำซ้ำจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 0.005 กรัม ในการชั่ง 2 ครั้งสุดท้าย นำไปใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอน โดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม+ฝา+ตัวอย่าง (หลังอบ)) (W_2)

4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate Analysis)

ในมะม่วงแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ในมะม่วงแผ่น

Proximate analysis เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างเพื่อศึกษาว่าในตัวอย่างมีองค์ประกอบทางโภชนาการมากน้อยเพียงใด โดยเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของอาหาร ประกอบด้วย การวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น (moisture) ไขมัน (crude fat) โปรตีน (crude protein) ใยอาหาร (crude fiber) และ เถ้า (ash)

1. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (AOAC, 2011)

นำตัวอย่างมะม่วงแผ่นมาตัดให้เป็นชิ้นเล็กด้วยมีดหรือกรรไกรก่อนนำไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิด
3. ตู้อบลมร้อน
4. โถดูดความชื้น
5. ที่ลึบ

วิธีการวิเคราะห์

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมพร้อมฝาปิดชั่งน้ำหนักความชื้นที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำออกไปใส่ใน โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่งและบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W)

2. ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 3 ± 0.1 กรัม ใส่ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว (น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม+ฝา+ตัวอย่าง (ก่อนอบ)) (W₁)

3. อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เมื่อครบเวลา นำออกไปใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลานำไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง ทำซ้ำจนกระทั่งได้ผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 0.005 กรัม ในการชั่ง 2 ครั้งสุดท้าย จากนั้นนำไปใส่ใน โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็นและชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง และบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (น้ำหนักถ้วยอะลูมิเนียม+ฝา+ตัวอย่าง (หลังอบ)) (W₂)

4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาปริมาณความชื้นในตัวอย่าง

วิธีการคำนวณ

$$\text{ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักอะลูมิเนียมกับฝาปิด

W_1 = น้ำหนักก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักหลังอบ

ตัวอย่างการคำนวณหาความชื้นในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่ 1 : ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{23.22 - 22.41}{23.22 - 17.13} \times 100 = 13.19\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 2 : ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{20.79 - 19.97}{20.79 - 14.60} \times 100 = 13.29\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 3 : ปริมาณความชื้น (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{20.27 - 19.46}{20.27 - 14.02} \times 100 = 12.91\%$$

$$\text{ปริมาณความชื้นเฉลี่ย} = \frac{13.19 + 13.29 + 12.91}{3} = 13.13\%$$

2. การวิเคราะห์หาปริมาณเถ้า (AOAC, 2011)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง
3. เตาเผาไฟฟ้า
4. เตาไฟฟ้า
5. ที่ลึบ
6. โถดูดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยกระเบื้องที่แห้งและสะอาดในเตาเผาที่ 600 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นใน โถดูดความชื้นชั่งน้ำหนักละเอียด (4 ตำแหน่ง) บันทึก (W)
2. ชั่งตัวอย่างที่บดแล้ว 3 - 5 กรัม (4 ตำแหน่ง) ใส่ในถ้วยกระเบื้อง (W₁)
3. เผาตัวอย่างบนเตาไฟฟ้า (ทำในตู้ดูดควัน) จนหมดควัน
4. นำไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือสีเทา
5. รอให้เตาเผาไฟฟ้าเย็นลง จึงเก็บถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้า ทำให้เย็นใน โถดูดความชื้น แล้วชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา (W₂)
6. กำหนดเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{W_2 - W}{W_1 - W} \times 100$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้อง

W₁ = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

W₂ = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องกับน้ำหนักเถ้าหลังเผา

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณเถ้าในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่ 1 : เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{36.30 - 36.26}{38.92 - 36.26} \times 100 = 1.42\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 2 : เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{36.31 - 36.28}{38.94 - 36.28} \times 100 = 1.42\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 3 : เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{36.34 - 36.31}{38.95 - 36.31} \times 100 = 1.43\%$$

$$\text{ปริมาณเถ้าเฉลี่ย} = \frac{1.42 + 1.42 + 1.43}{3} = 1.42\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน (Kjeldahl method; AOAC, 2011)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. หลอดย่อยโปรตีน
3. อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน (kjeldahl apparatus)
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ขวดชมพูขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร
6. Boiling chip

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2 เปอร์เซ็นต์: เตรียมได้จากการละลายกรดบอริก 2 กรัมลงในน้ำกลั่น ปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 1 N: ปิเปต 37% กรดไฮโดรคลอริก 8.26 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ก่อนปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 32 เปอร์เซ็นต์: เตรียมจากซิงโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
5. ตัวเร่ง (catalyst): เตรียมจาก 1:8 ของ $\text{CuSO}_4/\text{K}_2\text{SO}_4$
6. สารละลายอินดิเคเตอร์: - เตรียม 0.1% เมทิลบลูใน alcohol 95 เปอร์เซ็นต์
- เตรียม 0.2% เมทิลเรดใน alcohol 95 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

1. การย่อย

1.1 ชั่งตัวอย่าง 0.5–5 กรัม (4 ตำแหน่ง) ถ้าเป็นของเหลว 10-30 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน พยายามอย่าให้ตัวอย่างเป็นชิ้นขาด (ปริมาณของตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง ถ้าปริมาณโปรตีนน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) เติมตัวเร่ง 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ boiling chip 2-3 ลูก (ปริมาณตัวเร่งและกรดซัลฟูริกที่ใช้ขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องย่อยที่ใช้)

1.2 นำหลอดย่อยโปรตีนวางลงในแลค ก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อย ปิดที่บังความร้อนและสวมที่ดูดควันที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรด ก่อนเปิดสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ตั้งอุณหภูมิที่ใช้ย่อย 380-400 องศาเซลเซียส (ถ้าตัวอย่างเป็นของเหลวหรือมีฟองขณะทำการย่อย อาจลดอุณหภูมิมาที่ 250 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที) ก่อนปรับไปที่อุณหภูมิที่ใช้ย่อย

1.4 ทำการย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส ซึ่งเวลาในการย่อยขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์

1.5 ปิดสวิทช์พร้อมยกแกลที่มีหลอดย่อยตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด (สังเกตจากควันสีขาว) ก่อนนำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น

2. การกลั่น

2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน ตรวจสอบเช็คความเรียบร้อยของระบบน้ำสำหรับหล่อเย็น ถังน้ำกลั่น ถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32 เปอร์เซ็นต์ โดยสายยางต้องจุ่มลงในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

2.2 เติมกรดบอริกเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ 60 มิลลิลิตร ใส่ขวดชมพูขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสองอย่างละ 1 หยด จะได้สารละลายสีชมพูม่วง วางขวดชมพูลงในชุดกลั่นเสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเด็นเซอร์ลงกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้

2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้ในการกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

3.1 นำขวดชมพูที่บรรจุสารละลายที่กลั่นเสร็จแล้วซึ่งมีสีเขียว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 หรือ 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

4. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(A-B) \times N \times 14 \times 100}{W \times 1000}$$

เมื่อ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง

B = ปริมาณของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไตเตรทกับ blank

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ (N; normal)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กำหนดเปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหาร} = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.259$$

เมื่อ Kjeldahl factor = 6.259

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่ 1 : เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(0.40-0.20) \times 1.00 \times 14 \times 100}{3.20 \times 1000} = 0.09\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = 0.09 \times 6.259 = 0.55\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 2 : เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(0.40-0.20) \times 1.00 \times 14 \times 100}{3.22 \times 1000} = 0.09\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = 0.09 \times 6.259 = 0.55\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 3 : เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในอาหาร} = \frac{(0.40-0.20) \times 1.00 \times 14 \times 100}{3.20 \times 1000} = 0.09\%$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์โปรตีนในตัวอย่าง} = 0.09 \times 6.259 = 0.55\%$$

$$\text{ปริมาณโปรตีนเฉลี่ย} = \frac{0.55 + 0.55 + 0.55}{3} = 0.55\%$$

4. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน (AOAC, 2011)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ชุดสกัดชอกห์เล็ดพร้อมทิมเบลและบีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบลมร้อน
4. โถดูดความชื้น
5. ที่ก๊ีบ
6. Boiling chip

สารเคมี

1. ปีโตรเลียมอีเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีวิเคราะห์

1. อบบิกเกอร์ไขมันพร้อม Boiling chip ในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาบรรจุในโถสุกความชื้นเป็นเวลา 30 นาที ก่อนนำไปชั่งโดยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

2. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบไล่ความชื้นแล้ว 5 กรัม (ปริมาณของตัวอย่างขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันในตัวอย่าง ถ้าไขมันน้อยให้ใช้ตัวอย่างมาก) บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน (W) ห่อตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงในทิมเบล ก่อนใส่ลงในบิกเกอร์ไขมัน

3. ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร ใส่ในบิกเกอร์ไขมันต่อบิกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมัน ทำการสกัดตามโปรแกรมของเครื่อง

4. เมื่อครบเวลาที่เครื่องทำการสกัด นำบิกเกอร์ไขมันออกจากเครื่องสกัดแล้วนำไปอบ โดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์ที่เหลือออก

5. นำบิกเกอร์ไขมันใส่ในโถสุกความชื้นเพื่อรอให้เย็น ถอดทิมเบลที่ใช้ในการสกัดออกก่อนนำบิกเกอร์ไขมันไปชั่งน้ำหนักที่แน่นอนโดยเครื่องชั่งทศนิยมสี่ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)

6. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100$$

เมื่อ W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันก่อนสกัด

W_2 = น้ำหนักของบิกเกอร์ไขมันหลังสกัด

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่ 1: เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{143.83 - 143.83}{5.24} \times 100 = 0.06\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 2: เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{139.51 - 139.50}{5.35} \times 100 = 0.07\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 3: เปอร์เซ็นต์ไขมัน} = \frac{144.89 - 144.88}{5.41} \times 100 = 0.12\%$$

$$\text{ปริมาณไขมันเฉลี่ย} = \frac{0.06 + 0.07 + 0.12}{3} = 0.08\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร (AOAC, 2011)

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. เครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร
3. ถ้วยชนิดทนไฟ
4. เตามหาไฟฟ้า
5. ตู้อบลมร้อน
6. โถดูดความชื้น
7. ที่ลึบ

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.255 N (1.25 เปอร์เซ็นต์): ปิเปตกรดซัลฟูริก 98.1% จำนวน 6.93 มิลลิลิตร หรือปิเปตกรดซัลฟูริก 96% จำนวน 7.10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 1 ลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N (1.25 เปอร์เซ็นต์): เตรียมจากซังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.25 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร
3. อะซีโตน
4. n-Octanol

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งและสกัดไขมันออกแล้ว 1 กรัม (น้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในถ้วยชนิดทนไฟ (ในกรณีตัวอย่างกรองได้ยาก อาจมีการเติมสารช่วยการกรองหรือซีโรท์ ประมาณ 1 กรัมลงบนตัวอย่าง)
2. นำถ้วยชนิดทนไฟต่อเข้ากับเครื่องวิเคราะห์ใยอาหาร ในส่วนของ hot extraction unit ปิดลิ้อคให้แน่น
3. เปิดฝาด้านบนของเครื่อง เติมกรดซัลฟูริก 0.255 N ที่อุ่นๆจำนวน 150 มิลลิลิตร ลงในขวดย่อยของแต่ละตัวอย่าง
4. เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด เพื่อป้องกันการเกิดฟองล้น ให้ความร้อนจนเดือด
5. ลดความร้อนลงและต้มต่อเป็นเวลา 30 นาที
6. กรองเอากรดออก โดยเลื่อนคันโยกไปที่ตำแหน่ง vacuum ถ้ากรองไม่ลงให้ใช้แรงดันที่ตำแหน่ง pressure ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ล้างกากด้วยน้ำกลั่นร้อนสามครั้ง ครั้งละประมาณ 30 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
8. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.313 N ที่อุณหภูมิ 150 มิลลิลิตร เติม n-Octanol ปริมาณ 2-3 หยด ให้ความร้อนจนเดือด
9. ทำซ้ำข้อ 5-7
10. ล้างกากด้วยอะซีโตน 25 มิลลิลิตร กรองจนแห้ง
11. นำด้วยชนิดทนไฟ ไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)
12. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วนำออกมาใส่ในโถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน (W_2)
13. คำนวณเปอร์เซ็นต์ไขมันของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของไขมัน} = \frac{W_1 - W_2}{W} \times 100$$

เมื่อ

W = น้ำหนักตัวอย่าง

W_1 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและกากหลังอบแห้ง (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยชนิดทนไฟและถ้ำหลังจากเผา (กรัม)

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่ 1 : เปอร์เซ็นต์ของไขมัน} = \frac{30.04 - 30.01}{1.04} \times 100 = 2.69\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 2 : เปอร์เซ็นต์ของไขมัน} = \frac{30.04 - 30.01}{1.04} \times 100 = 2.70\%$$

$$\text{ซ้ำที่ 3 : เปอร์เซ็นต์ของไขมัน} = \frac{30.05 - 30.03}{1.05} \times 100 = 2.69\%$$

$$\text{ปริมาณเฉลี่ยไขมัน} = \frac{2.69 + 2.70 + 2.69}{3} = 2.69\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (AOAC, 2011)

หาเปอร์เซ็นต์ของคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างโดยคำนวณจากปริมาณองค์ประกอบความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยลบกับ 100

$$\text{เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} = 100 - [(\% \text{Moisture}) + (\% \text{Protein}) + (\% \text{Fat}) + (\% \text{Ash}) + (\% \text{Fiber})]$$

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณไขมันในตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ML1)

$$\text{ซ้ำที่1: เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} = 100 - [(13.19 + 0.06 + 0.55 + 2.69 + 1.42)] = 82.09\%$$

$$\text{ซ้ำที่2: เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} = 100 - [(13.29 + 0.07 + 0.55 + 2.70 + 1.42)] = 81.98\%$$

$$\text{ซ้ำที่3: เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต} = 100 - [(12.91 + 0.12 + 0.55 + 2.69 + 1.43)] = 82.31\%$$

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเฉลี่ย} = \frac{82.09 + 81.98 + 82.31}{3} = 82.13\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1. Dichloran Glycerol (DG18) Agar

Peptone	5.00	กรัม
KH ₂ PO ₄	1.00	กรัม
Glucose	10.00	กรัม
MgSO ₄	0.50	กรัม
Dichloran	0.002	กรัม
chloramphenicol	0.1	กรัม
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1.00	ลิตร
Final pH	5.6 ± 0.2 ที่ 25 องศาเซลเซียส	

วิธีการเตรียม

นำส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วต้มจนอุ่นละลาย เติม glycerol 175 มิลลิลิตร ลงในอาหารเพื่อลดค่า Aw ผสมให้เข้ากัน ถ้าอาหารลงในขวดที่มีจุกสำลีหรือฝาปิด นำเข้ามาเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (ในกรณีที่เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสำเร็จแล้วให้เตรียมตามคำแนะนำที่ให้ไว้บนภาชนะบรรจุ)

2. Peptone water 0.1%

Peptone	1.00	กรัม
น้ำกลั่น	1.00	ลิตร

วิธีการเตรียม

ละลายส่วนผสมทั้งหมดในน้ำกลั่นจนละลาย ถ้าอาหารลงในขวดที่มีจุกสำลีหรือฝาปิด นำเข้ามาเชื้อใน autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที



ภาคผนวก ฉ

แบบฟอร์มการประเมินทางประสาทสัมผัส (sensory evaluation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามวิธีการให้คะแนนความชอบ

ผลิตภัณฑ์: มะม่วงแผ่น (มะม่วงกวน)

วันที่ _____

ผู้ทดสอบ _____

คำแนะนำ: กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้คะแนนความชอบตามที่ท่านรู้สึกในแต่ละปัจจัย
คุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับรหัสตัวอย่าง (กรุณาอ่านปากก่อนทดสอบตัวอย่างทุกครั้ง)

สเกลความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

5 = ชอบน้อยที่สุด

2 = ไม่ชอบมาก

6 = ชอบมาก

3 = ไม่ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบมากที่สุด

4 = เฉยๆ

ปัจจัยคุณภาพ	ตัวอย่าง _____	ตัวอย่าง _____	ตัวอย่าง _____	ตัวอย่าง _____
สี				
กลิ่น				
เนื้อสัมผัส				
รสชาติ				
ความเหนียวติดฟัน				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ _____

ขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมเพียวแรมะม่วง



ภาพที่ ข.1 มะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้สุก



ภาพที่ ข.2 มะม่วงที่ปอกเปลือกแล้ว



ภาพที่ ข.3 เนื้อมะม่วงชิ้นเล็ก



ภาพที่ ข.4 เพียวแรมะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมผงดอกคำฝอย



ภาพที่ ซ.1 ดอกคำฝอยแห้ง



ภาพที่ ซ.2 ผงดอกคำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างมะม่วงแผ่น



ภาพที่ ๓.1 ตัวอย่างมะม่วงแผ่น (ก) ที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยและที่เติม (ข) 0.50, (ค) 1.00 และ (ง) 2.00 เปอร์เซ็นต์ ผงดอกคำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวพนัญญา มุตตาหารัช
วัน เดือน ปี เกิด	30 ธันวาคม 2536
ที่อยู่	150/16 ถนนงามวงศ์วาน ซอยงามศรีวาน23 ตำบลบางเขน อำเภอเมืองจังหวัดนนทบุรี 11000 (panattha.m@gmail.com, 59608031@kmitl.ac.th) โทร. 094-258-6155)
ประวัติการศึกษา	- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาที่โรงเรียนอัสสัมชัญลำปาง ปีการศึกษา 2555 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2558 - สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิทยาศาสตรการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2561
ประสบการณ์การทำงาน	ฝึกงานบริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน) ในสายงานฝ่ายผลิต ตำแหน่งผู้ช่วยฝ่ายผลิต และสายงานในฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์
ผลงานวิจัย	- Muttaharach, P., Nuamvijit, R., Neovakul, P., Nonthanum, P. and Taprap, R. 2016. “Rheological and Flow Properties of Tamarind Puree”. 510-15. in Food Innovation Asia Conference. Bangkok: Bitec. - Muttaharach, P., Pinsirodom, P., Nonthanum, P. and Taprap, R. 2017. “Rheological and Flow Properties of Mango (<i>Mangifera indica</i> Linn.) puree”. 578-84. in Food Innovation Asia Conference. Bangkok: Bitec. - Taprap, R., Muttaharach, P. and Pinsirodom, P. 2018. “Increasing Antioxidant Properties in Mango Leather with Safflower”. The 18 th Asian Agriculture Symposium. Tokai University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้