



## รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

คุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวแรมะม่วงและการเพิ่มคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์  
มะม่วงแผ่น

Rheological properties of mango puree and adding antioxidant properties in  
mango fruit leather

รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

รศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรตม

ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินวิจัยงบประมาณ ปี 2561

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ชื่อโครงการวิจัย** คุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงและการเพิ่มคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระใน  
ผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่น

**แหล่งเงินทุนวิจัย** เงินวิจัยงบประมาณ ปี 2561

**ชื่อหน่วยงาน** คณะอุตสาหกรรมเกษตร

**ผู้ดำเนินการวิจัย** รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบและ รศ.ดร. ประพันธ์ ปิ่นศิริโรดม

### บทคัดย่อ

คุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงได้ถูกศึกษาเพื่อตรวจสอบว่าจะส่งผลอย่างไรเมื่อระดับอุณหภูมิและความเข้มข้นของเพียวเร่แตกต่างกันไป ค่าของแรงเค้นและแรงเฉือนจะวัดด้วยเครื่องวิสโคมิเตอร์และคุณสมบัติด้านการไหลวัดด้วยเครื่องบอสวีก เพียวเร่มะม่วงถูกปรับเป็น 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 15, 17 และ 19 องศาบริกซ์ ส่วนอุณหภูมิก็ใช้ 4 ระดับคือ 25 °C, 40 °C, 50 °C และ 60 °C ผลการทดลองพบว่า เพียวเร่มะม่วงแสดงคุณสมบัติของไหลแบบซูโดพลาสติกโดยมีค่าดัชนีการไหลอยู่ในช่วง 0.3121 ถึง 0.6446 ค่าความหนืดปรากฏมีค่าเป็น 0.3741 ถึง 0.8790 Pa.s ที่เฉียร์เรท 22.40 ต่อวินาที เมื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่นโดยเติมดอกคำฝอยที่มีปริมาณต่างๆกัน ได้แก่ 0.5%, 1% และ 2% พบว่าค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระและค่าปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเป็น 385.35 mgGA/100gm และ 205.94 mgTE/100 gm ตามลำดับ ในตัวอย่างที่เติมดอกคำฝอย 2% คุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสเช่นค่าความยืดหยุ่น ค่าการเกาะตัว ในทุกตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นเวลาหนึ่งเดือน แต่พบว่า ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH) และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงในทุกตัวอย่าง

**คำสำคัญ** แอนตี้ออกซิแดนซ์ ดอกคำฝอย มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title:** Rheological properties of mango puree and adding antioxidant properties in mango fruit leather

**Researchers:** Assoc. Prof. Dr. Ruchira Taprap and Assoc. Prof. Dr. Praphan Pinsirodom

**Institute:** Faculty of Agro-Industry, King Mongkut's Institute of Technology  
Ladkrabang

### Abstract

The rheological properties of mango puree was examined with the effect of temperature and concentration. The shear rate and shear stress were measured with viscometer, whereas the flow property was measured with bostwick consistometer. Mango puree was prepared and set to three concentration levels, i.e., 15 °Brix, 17 °Brix and 19° Brix. Each concentration was set in four temperature levels, i.e. 25 °C, 40 °C, 50 °C and 60 °C. The results show that mango puree has the rheological property as pseudoplastic fluid with the flow behavior index in the range from 0.3121 to 0.6446. The apparent viscosity was 0.3741 to 0.8790 Pa.s at shear rate at 22.40 per second. When mango puree was processed to mango fruit leather and adding safflower in product, the antioxidant property and total phenolic content were examined. The amount of adding safflower in 1000 gm of puree was 0.5%, 1% and 2%. The total phenolic content and antioxidant capacity were found as 385.35 mgGA/100gm and 205.94 mgTE/100 gm respectively, with 2% safflower adding sample. The textural property such as springiness and cohesiveness of those products were not much changed during one month storage but the antioxidant capacity (DPPH) as well as total phenolic content were decreased in very sample.

**Keywords:** Antioxidant, safflower, mango

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	i
สารบัญภาพ	ii
สารบัญตาราง	iii
สารบัญ	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	1
3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	4
4. ผลการทดลองและวิจารณ์	5
4.1 สมบัติรีโอโลยีของเพียวเริมะม่วง	5
4.2 ค่าสี (Color value) ของมะม่วงแผ่น	9
4.3 ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) ของมะม่วงแผ่น	12
4.4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ของมะม่วงแผ่น	14
4.5 สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเพียวเริมะม่วงและมะม่วงแผ่น	14
5. สรุปผลการทดลอง	17
บรรณานุกรม	17
ภาคผนวก	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มา

ในปัจจุบันผู้บริโภคหันมาใส่ใจสุขภาพและบริโภคอาหารที่มีคุณค่ามากขึ้น การผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดกลุ่มผู้รักสุขภาพจึงมีความสำคัญ จากงานวิจัยต่างๆ ที่ได้บ่งชี้ว่าการบริโภคผักและผลไม้ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจตีบ โรคความดัน โรคหลอดเลือดสมอง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากผัก ผลไม้ ประกอบไปด้วยสารที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) นอกจากนี้ในผักและผลไม้ ยังอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุชนิดต่างๆ ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย (Steinmetz และ Potter, 1996; Van Duyn และ Pivonka, 2000, Steffen, 2006) อย่างไรก็ตามตลาดของสินค้าผัก ผลไม้ เพื่อการบริโภคไม่ได้หยุดนิ่งอยู่ที่การบริโภคของสดเพียงเท่านั้น การผลิตสินค้าให้มีรูปแบบที่หลากหลายจึงนับว่ามีความสำคัญ ผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้รูปแบบหนึ่งที่น่าสนใจ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้บด ที่เรียกกันว่า เพียวเร่ (puree) ซึ่งเกิดจากการตีปั่นผักหรือเนื้อผลไม้ที่ผ่านการเอาเมล็ดและเปลือกออกบดละเอียดแล้วกรองหรือลดขนาดด้วยวิธีทางกลศาสตร์อื่นๆ จนได้เนื้อผลไม้ที่มีความเข้มข้นสูง ซึ่งจะสามารถนำไปบริโภคในรูปแบบซอสผักและผลไม้ ผลิตภัณฑ์อาหารสำหรับเด็กและผู้สูงอายุ หรือสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ ต่อไปได้

มะม่วงเป็นผลไม้ที่เต็มไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อคนเรา ผลดิบมีวิตามินซีสูง ผลสุกมีวิตามินเอ บี1 บี2 เบต้าแคโรทีนและเส้นใยสูงและมีแร่ธาตุสูงได้แก่ แคลเซียม แมงกานีส โพแทสเซียมและฟอสฟอรัส เป็นต้น ผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปมะม่วงสุกที่นิยมกันอย่างแพร่หลายได้แก่ ผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่น ส่วนมะม่วงกวนจะใช้มะม่วงดิบมาแปรรูป อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ทั้งสองชนิดที่กล่าวมาจะมีกระบวนการที่ใช้ความร้อนในการแปรรูปและเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไม่เหมาะกับผู้สูงอายุ เนื่องจากเหนียวและติดฟัน นอกจากนี้ คุณค่าทางอาหารในผลิตภัณฑ์จะยังคงอยู่น้อยเนื่องจากความร้อนในขั้นตอนการแปรรูป ดังนั้นแนวความคิดของงานนี้จึงมุ่งศึกษาเพียวเร่มะม่วงที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเป็นมะม่วงแผ่นจากมะม่วงต่างสายพันธุ์ และเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์จากมะม่วงแผ่นที่เพิ่มคุณค่าทางอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ

### 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติด้านรีโอโลยีของเพียวเร่จากมะม่วงและการส่งผลกระทบต่อคุณภาพของมะม่วงแผ่น
2. เพื่อเพิ่มคุณค่าด้านอาหารเชิงหน้าที่ในผลิตภัณฑ์มะม่วงแผ่นจากเพียวเร่มะม่วงที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

## 2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

Guerrero และ Alzamora (1998) ศึกษาพฤติกรรมการไหลของเพียวเร่มะม่วงที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ที่ต่างกัน (13-51 °Brix) โดยใช้อุณหภูมิการทดลองอยู่ในช่วง 10-55 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่าเพียวเร่มะม่วงแสดงพฤติกรรมการไหลแบบเฮอรัลเชลบัลกลีย์ (Herschel-Bulkley) โดยค่าดัชนีความคงตัว (consistency index) ของเพียวเร่มะม่วงมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในเพียวเร่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอุณหภูมิที่ใช้มีค่าสูงขึ้น โดยอุณหภูมิการผลิตเพียงเริ่มม้วน ที่สูงถึง 93 องศาเซลเซียส มีผลทำให้สารเบต้าแคโรทีนมีปริมาณลดลงเพียงเล็กน้อย (Vasquez-Caicedo และคณะ, 2007)

Duttaและคณะ (2006) ศึกษาพฤติกรรมคาร์โบไฮเดรตและการสลายตัวของสารเบต้าแคโรทีนในระหว่างการผลิตแป้งฟักทอง ซึ่งได้ทำการทดลองผลิตแป้งฟัก โดยนำฟักทองที่ผ่านการปลอกเปลือกและเอาเมล็ดออกมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำฟักทองที่ได้ไปลวกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1% ที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นนำฟักทองไปทำให้เย็นอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะนำไปบดละเอียดก่อนจะนำไปให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิในช่วง 60-100 องศาเซลเซียส ผลจากการศึกษาพบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนของฟักทองเพียงลดลงแบบปฏิกิริยาลำดับหนึ่ง (first order kinetic reaction) โดยแป้งฟักทองแสดงพฤติกรรมคาร์โบไฮเดรตแบบบอร์เชลล์-บัลกลีย์ (Herschel-Bulkley) โดยค่าความเค้นเฉือนเริ่มต้น (yield stress) และค่าดัชนีความคงตัว (consistency index) มีค่าลดลง เมื่อใช้อุณหภูมิให้ความร้อนที่สูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่สูงขึ้นไปส่งผลให้เกิดการทำลายโครงสร้างของอาหารที่มากขึ้น

การเติมสารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของคนเราในผลิตภัณฑ์ได้มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย ตัวอย่างเช่น การเติมแคลเซียมในกลุ่มเครื่องดื่มน้ำผลไม้ การเสริมแคลเซียมในขนมขบเคี้ยว การเติมสารแอนตีออกซิแดนต์ในแอปเปิ้ลแผ่น (Torres et al 2015) เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์อาหารที่ทำหน้าที่เชิงฟังก์ชัน เช่น โปรไบโอติก โพรไบโอติก ก็เป็นตัวหนึ่งที่สำคัญต่อสุขภาพของคนเราอย่างยิ่ง สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) เป็นกลุ่มสาร เช่น อาหารเสริม วิตามิน และแร่ธาตุ ที่ปกป้องคนเราจากอนุมูลอิสระ อันเป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ควบคุมไม่ได้ ซึ่งสามารถทำลายเซลล์และทำให้ระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอลง ร่างกายคนเราผลิตอนุมูลอิสระทุกวันจากกระบวนการเผาผลาญเพื่อให้เกิดพลังงาน หมายถึง มันคือผลพลอยได้ที่เราไม่ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นมลพิษในอากาศ ควันบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ โรคร้ายไข้เจ็บ ไปจนถึงอาหารปิ้งย่าง อายุที่มากขึ้น กระทั่งการออกกำลังกายอย่างหักโหมจนเกินไป ล้วนก่อให้เกิดอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นทั้งสิ้น เพื่อรักษาระดับปริมาณของอนุมูลอิสระ ร่างกายของคนเราจะสร้างสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด ตัวที่โดดเด่นได้แก่ แคตตาลาส โคเอนไซม์คิวเทน กลูตาไธโอน เมลาโทนิน วิตามินเอ แอลฟาและเบต้าแคโรทีน วิตามินซี วิตามินอี กรดไลโปอิก ธาตุซีลีเนียม ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส และธาตุสังกะสี โดยเมื่อเราอายุมากขึ้น อนุมูลอิสระก็จะสะสมมากขึ้น ในขณะที่ร่างกายสร้างสารต้านอนุมูลอิสระได้น้อยลง ส่งผลให้ความเสี่ยงต่อมะเร็งและโรคหัวใจสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และด้วยเหตุนี้เอง อาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงและอาหารเสริม เช่น ใบแปะก๊วย สารสกัดจากเมล็ดองุ่น สารสกัดจากชาเขียว ไอโซฟลาโวน ลูทีน และไลโคปีน จึงมีความจำเป็นต่อเรา และยิ่งเราเริ่มรับประทานอาหารเหล่านี้เร็วเท่าใด ก็ยิ่งส่งผลดีต่อร่างกายของเราในระยะยาวมากขึ้นเท่านั้น

บทบาทของสารต้านอนุมูลอิสระ: งานวิจัยมากมายบ่งชี้ว่า สารต้านอนุมูลอิสระสามารถลดความเสี่ยงต่อโรคหลายโรคโดยเฉพาะโรคเรื้อรังที่สัมพันธ์กับอาหาร เช่น โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหัวใจ โรคอัลไซเมอร์ เป็นต้น รวมทั้งช่วยชะลอกระบวนการบางขั้นตอนที่ทำให้เกิดความแก่ โดยปกติร่างกายสามารถกำจัดอนุมูลอิสระก่อนที่มันจะทำอันตราย แต่ถ้ามีการสร้างอนุมูลอิสระเร็วหรือมากเกินไปกว่าร่างกายจะกำจัดทัน อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะสร้างความเสียหายต่อเซลล์และเนื้อเยื่อได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ สารต้านอนุมูลอิสระจะช่วยลดความเสียหายได้

แหล่งอาหารที่สำคัญของสารต้านอนุมูลอิสระ: สารอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ไม่ว่าจะเป็นผลไม้ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระ เช่น วิตามินซี วิตามินอี วิตามินเอ ซีลีเนียม สังกะสี แคลโรทีนอยด์ (เบต้าแคโรทีน ลูทีน และไลโคปีน)

1. วิตามินซี อาหารที่ให้วิตามินซีสูง เช่น ฝรั่ง ส้ม มะขามป้อม มะละกอสุก พริกชี้ฟ้าเขียว บรอกโคลี ผักคะน้า ยอดสะเดา ใบปอ ผักหวาน ผักกาดเขียว ตำลึง ผักบุง เป็นต้น

2. วิตามินอี มีในน้ำมันพืชต่าง ๆ เช่น น้ำมันจากจมูกข้าวสาลี น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกคำฝอย เมล็ดทานตะวัน เมล็ดอัลมอนด์ จมูกข้าวสาลี

3. ซีลีเนียม มีมากในอาหารทะเล ปลาทูน่า เนื้อสัตว์และตับ บะหมี่ไก่ ปลา ขนมงโฮลวีต

4. วิตามินเอ มีมากในตับหมู ตับไก่ ไข่ โดยเฉพาะไข่แดง น้ำมัน พืชผักที่มีสีเขียวเข้ม ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุง แครอท ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ แอปเปิ้ลคอก

5. แคลโรทีนอยด์ (เบต้าแคโรทีน ลูทีน และไลโคปีน) มีมากในผักที่มีสีเขียวเข้ม ผลไม้ที่มีสีเหลืองส้ม เช่น ผักตำลึง ผักกวางตุ้ง ผักบุง ฟักทอง มะม่วงสุก มะละกอสุก มะเขือเทศ

ประโยชน์ของสารต้านอนุมูลอิสระ

1. ชะลอกระบวนการแก่ชรา
2. ช่วยให้ร่างกายขับสารพิษที่ก่อมะเร็งและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็ง
3. ยับยั้งการเจริญเติบโตจากเนื้องอกต่าง ๆ ในร่างกาย
4. ช่วยป้องกันโรคปอดเรื้อรัง หอบหืด หลอดลมอักเสบ ถุงลมโป่งพอง
5. ช่วยบรรเทาอาการของโรคอัลไซเมอร์
6. ช่วยลดระดับคอเลสเตอรอล
7. ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ
8. ช่วยป้องกันโรคเส้นเลือดโลหิตในสมองตีบ
9. ช่วยป้องกันโรคศูนย์กลางจอประสาทตาเสื่อม
10. ช่วยเป็นเกราะในการป้องกันมลพิษต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม

**ดอกคำฝอย** เป็นสมุนไพรที่มีประโยชน์มากมาย เช่น ช่วยขับระดู บำรุงประสาท บำรุงหัวใจ บำรุงโลหิต แก้ตกเลือด แก้ดีพิการ ขับเหงื่อ รักษาอาการบวม รักษาท้องเป็นเถาดาน ใช้เป็นยาระบาย รักษาอาการไข้หลังคลอด ระวังอาการปวดในสตรีที่รอบเดือนมาไม่เป็นปกติ เป็นยาสามัญประจำบ้าน รักษาอาการป่วยไข้ในเด็ก บำรุงคนเป็นอัมพาต ดอกเป็นยาชงใช้ดื่มร้อนๆแก้ดีชาน โรคไขข้ออักเสบ เป็นหวัดน้ำมูกไหล ต้มอาบเวลาออกหัด รักษาอาการคันตามผิวหนัง เกสร บำรุงโลหิตระดู ขับระดู บำรุงหัวใจ บำรุงประสาท บำรุงโลหิตและน้ำเหลืองให้ปกติ แก้ดีพิการ แก้แสบร้อนตามผิวหนัง คำฝอยสรรพคุณช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันไขมันอุดตันในเส้นเลือด เนื่องจากดอกคำฝอยมีกรดไลโนเลอิก (Linoleic Acid) อยู่มากซึ่งกรดชนิดนี้จะเข้าไปทำปฏิกิริยากับไขมันในเลือด และขับออกทางปัสสาวะ และทางอุจจาระ ช่วยลดความอ้วน ด้วยการใช้ดอกประมาณ 5 กรัมนำมาชงกับน้ำร้อน 1 แก้ว ใช้ดื่มก่อนอาหารเช้า และเย็นดอก และกลีบดอกคำฝอย ช่วยบำรุงประสาท และระวังประสาทดอกคำฝอยช่วยขยายหลอดเลือด ป้องกันโรคความดันโลหิตสูง ช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในร่างกายให้ดียิ่งขึ้น ทำให้มีออกซิเจนเข้าถึงเซลล์ต่างๆ ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 ลักษณะของดอกคำฝอย  
ที่มา: <http://www.maeonhospital.go.th/>

### 3. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### ขั้นตอนที่ 1. ศึกษาคุณสมบัติรีโอโลยีและคุณสมบัติเชิงกายภาพของเพียวเระมะม่วง

ใช้มะม่วงสุกสายพันธุ์ มะม่วงน้ำดอกไม้ ในขั้นตอนการเตรียมเพียวเระ จะนำมะม่วงสุกมาปอกเปลือก หั่นเป็นชิ้นเล็กๆขนาด 1x1x1 cm ปั่นด้วยเครื่อง blender ให้ละเอียด ด้วยความเร็วรอบ 1000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 2 นาที นำเพียวเระที่เตรียมได้ไปวัดคุณสมบัติต่างๆดังต่อไปนี้

- ของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid, TSS) ด้วยเครื่องมือ Refractometer
- pH ด้วยเครื่องมือ pH meter
- สี ด้วยเครื่องมือ chromameter (Minolta CR-400)
- คุณสมบัติการไหลด้วยเครื่องมือ Rheometer
- วัดคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH
- ตรวจวัดค่า Total phenolic content ตามวิธีของ Zhou and Zu (2004)

#### ขั้นตอนที่ 2. การผลิตมะม่วงแผ่น

นำเพียวเระมะม่วง 1000 กรัม กวนด้วยไฟขนาดกลาง เป็นเวลา 30 นาที ตักเพียวเระลงบนแผ่นพลาสติก เกลี่ยให้บางๆ ทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสด้วยเวลา 6-8 ชั่วโมง นำมะม่วงแผ่นไปวัดคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติอื่นๆดังต่อไปนี้

- วัดสี รายงานเป็นค่า L a b และค่า Browning Index (BI)
- วัดเนื้อสัมผัสด้วยวิธี TPA (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่องมือวัดเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Texture analyser)

-วัดค่า water activity (Aw) ตามวิธีของ AOAC 2000

-วัดคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH

-ตรวจวัดค่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) ด้วยวิธีการวัดค่า  
ดูดกลืนแสง (Spectrophotometer)

### ขั้นตอนที่ 3. การผลิตมะม่วงแผ่นเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

ทำการผลิตมะม่วงแผ่นตามวิธีในขั้นตอนที่ 2 และทำการเติมสารต้านอนุมูลอิสระที่ได้จากสารสกัดดอกคำฝอย ในระดับ 3 ระดับความเข้มข้น ในขั้นตอนที่กวนให้ความร้อน ทำให้แห้งเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 2 จากนั้น นำผลิตภัณฑ์ไปตรวจสอบความสามารถการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ตรวจวัดค่า Total phenolic content วัด สี ความเหนียว และทดสอบทางประสาทสัมผัส

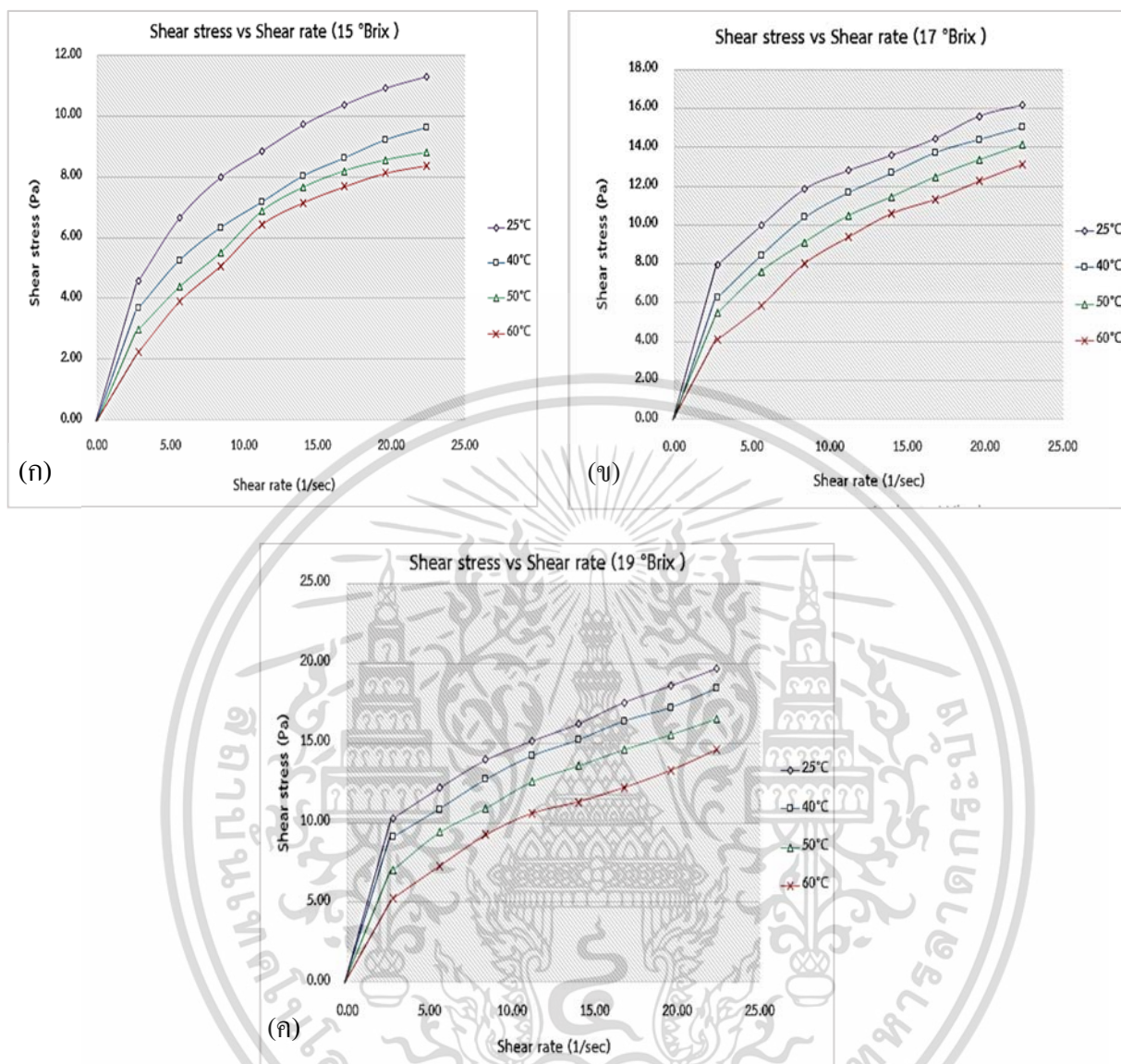
### ขั้นตอนที่ 4. การเก็บรักษามะม่วงแผ่นเสริมสารต้านอนุมูลอิสระ

## 4. ผลการทดลองและวิจารณ์

### 4.1 สมบัติรีโอโลยีของเพียวแรมมะม่วง

จากการศึกษาคุณสมบัติด้านรีโอโลยีของเพียวแรมมะม่วงโดยปรับระดับสามความเข้มข้น 15, 17 และ 19 บริกซ์ และศึกษา 4 ระดับอุณหภูมิ ผลการทดลอง แสดงในภาพที่ 4.1 พบว่าระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้นจาก 25 ถึง 60 องศาเซลเซียส มีผลให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ลดลง โดยเห็นได้ว่าค่าความเค้นเฉือนจะลดลงอย่างสม่ำเสมอในทุกระดับความเข้มข้น โดยค่าความเค้นเฉือนของเพียวแรมมะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 11.32 ถึง 8.38 Pa เพียวแรมมะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 16.18 ถึง 13.13 Pa และเพียวแรมมะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 19.69 ถึง 14.58 Pa ซึ่งให้ผลการทดลองที่สอดคล้องกับ Tang et al. (2007) ที่ทำการทดลองโดยใช้เพียวแรมลูเบอร์รี่ในระดับความเข้มข้น 10, 15, 20 และ 25 บริกซ์ ที่ระดับอุณหภูมิ 25, 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 แผนภาพรีโอโลแกรมระหว่างค่าความเค้นเฉือน (shear stress) กับอัตราเฉือน (shear rate) ของ เพียวแรมะม่วงในระดับความเข้มข้นที่ (ก) 15 บริกซ์, (ข) 17 บริกซ์ และ (ค) 19 บริกซ์ ในช่วงระดับ อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

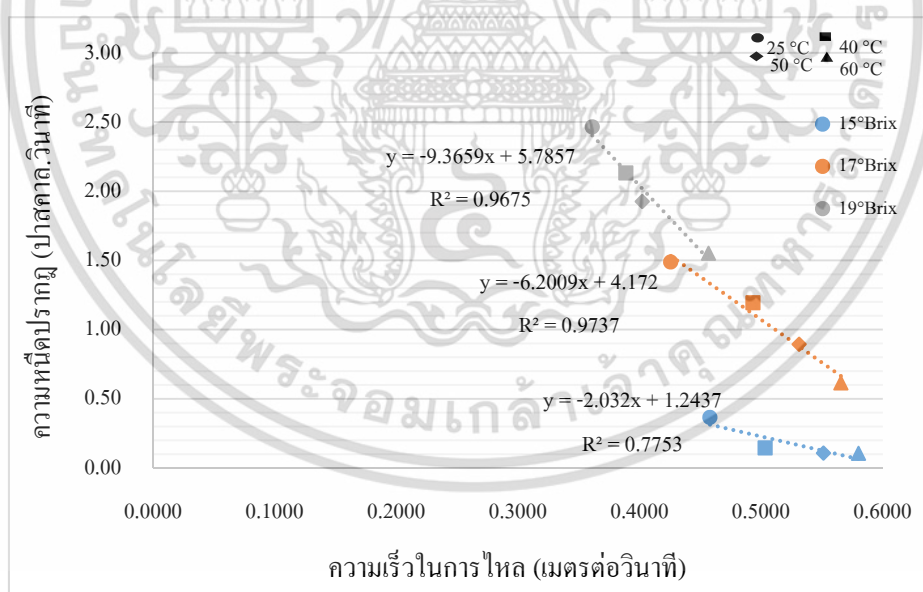
ความเข้มข้น (บริกซ์)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าสัมประ สิทธิ์ความ คงตัว, K	ค่าดัชนี พฤติกรรม ไหล, n	ค่าสัมประสิทธิ์ การตัดสินใจ, R <sup>2</sup>	ค่าความหนืด ปรากฏ, $\eta_{app}$ (Pa.s)
15	25	3.0699	0.4319	0.9899	0.5054
	40	2.3241	0.4644	0.9978	0.4299
	50	1.7387	0.5430	0.9881	0.3929
	60	1.2419	0.6446	0.9800	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:  $\eta_{app}$ ) (Pa.s) คำนวณที่อัตราเฉือน (shear rate)  $22.40 \text{ s}^{-1}$  โดยคำนวณจากสูตร  $\eta_{app} = \frac{\sigma \text{ (shear stress)}}{\dot{\gamma} \text{ (shear rate)}}$  จะเห็นว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (K) และค่าความหนืดปรากฏ ( $\eta_{app}$ ) ลดลง โดยค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient: K) ของเพียวเระมะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 3.0699 ถึง 1.2419 เพียวเระมะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 5.6001 ถึง 2.3255 และเพียวเระมะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 7.2573 ถึง 3.2592 Pa และค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity:  $\eta_{app}$ ) ของเพียวเระมะม่วง 15 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.5054 ถึง 0.3741 Pa.s เพียวเระมะม่วง 17 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.7223 ถึง 0.5862 Pa.s และเพียวเระมะม่วง 19 บริกซ์ มีค่าลดลงจาก 0.8790 ถึง 0.6509 Pa.s เนื่องด้วยอุณหภูมิที่สูงขึ้นพลังงานความร้อนภายในโมเลกุลจะเพิ่มขึ้นทำให้เกิดระยะห่างระหว่างโมเลกุลเพิ่มมากขึ้นซึ่งเกิดจากแรงกระทำระหว่างโมเลกุลลดลง จึงส่งผลให้ความหนืดของของไหลลดลง (Arslan et al., 2005) และมากกว่านั้นเพียวเระมะม่วงทั้ง 15, 17 และ 19 บริกซ์ มีค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (flow behavior index: n) อยู่ในช่วง 0.3121 ถึง 0.6446 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับสมบัติด้านรีโอโลยีแบบซูโดพลาสติก ที่กำหนดไว้ว่าค่าดัชนีพฤติกรรมการไหลที่อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จะเป็นพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก (Villarino et al., 2007) สมการ power law ( $\sigma = K \dot{\gamma}^n$ ) จะนำมาใช้ในการอธิบายลักษณะ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤติกรรมการไหลของเพียวเระมะม่วง โดยมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆจากสมการ power law ดังนี้ ได้แก่ ค่า  $\sigma$  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:  $\eta_{app}$ ) โดยใช้ viscometer และค่าความเร็วในการไหล (velocity) โดยใช้ bostwick ของเพียวเระมะม่วงได้ ดังภาพที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นตรง (linear regression analysis) ระหว่างค่าความเร็วในการไหลกับค่าความหนืดปรากฏ ของเพียวเระมะม่วงในระดับความเข้มข้นที่ (สีฟ้า) 15 (สีส้ม) 17 และ (สีเทา) 19 บริกซ์ ที่ระดับอุณหภูมิ (●) 25 องศาเซลเซียส (■) 40 องศาเซลเซียส (◆) 50 องศาเซลเซียส และ (▲) 60 องศาเซลเซียส พบว่า สมการถดถอยเชิงเส้นตรงที่ได้จากกราฟสามารถนำมาใช้ในการทำนายหรือใช้ในการอธิบาย ค่าความหนืดปรากฏ ของเพียวเระมะม่วง 15 บริกซ์ ได้ 77.53 เปอร์เซ็นต์ เพียวเระมะม่วง 17 บริกซ์ได้ 97.37 เปอร์เซ็นต์ และเพียวเระมะม่วง 19 บริกซ์ได้ 96.75 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำทั้งสองค่ามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) พบว่าระหว่างค่าความหนืดปรากฏกับค่าความเร็วในการไหลมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียวเระมะม่วงที่ 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 ถ้าค่าความเร็วในการไหลเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าความหนืดปรากฏลดลง การหาความสัมพันธ์นี้มีประโยชน์คือเราสามารถอนุมานค่าความหนืดของเพียวเระมะม่วงได้ในช่วงความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงและในช่วงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากแนวเส้นความสัมพันธ์เดิม



ภาพที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วในการไหล (velocity) กับค่าความหนืดปรากฏ ( $\eta_{app}$ )

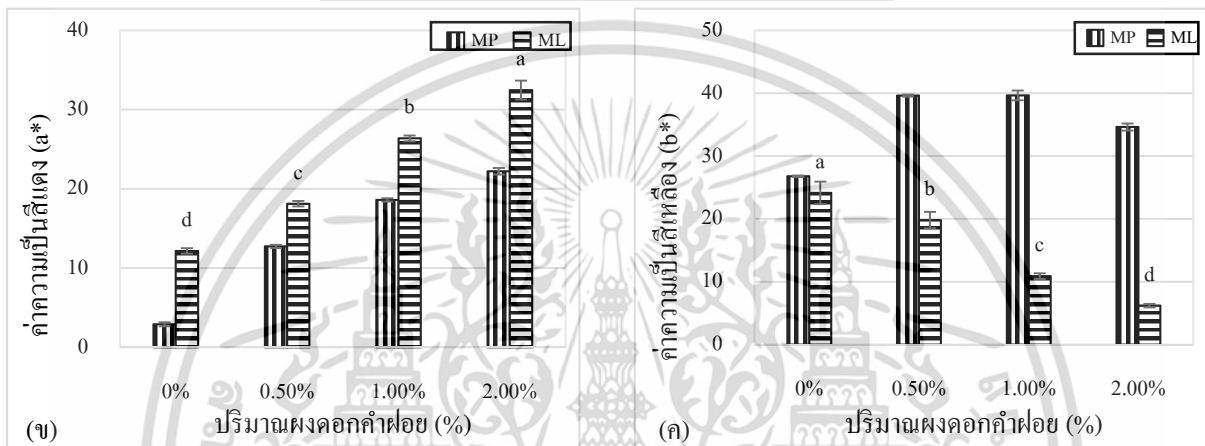
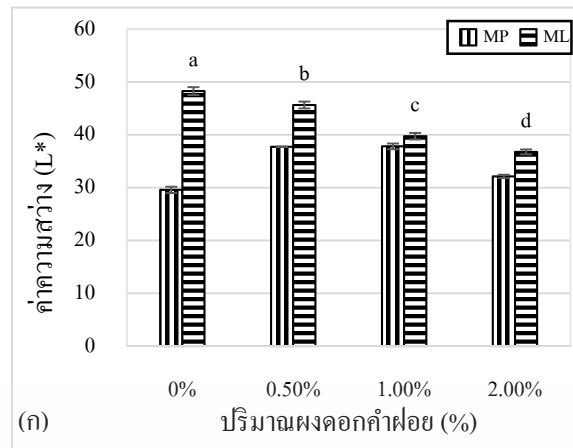
ของเพียวเระมะม่วง 15, 17 และ 19 บริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

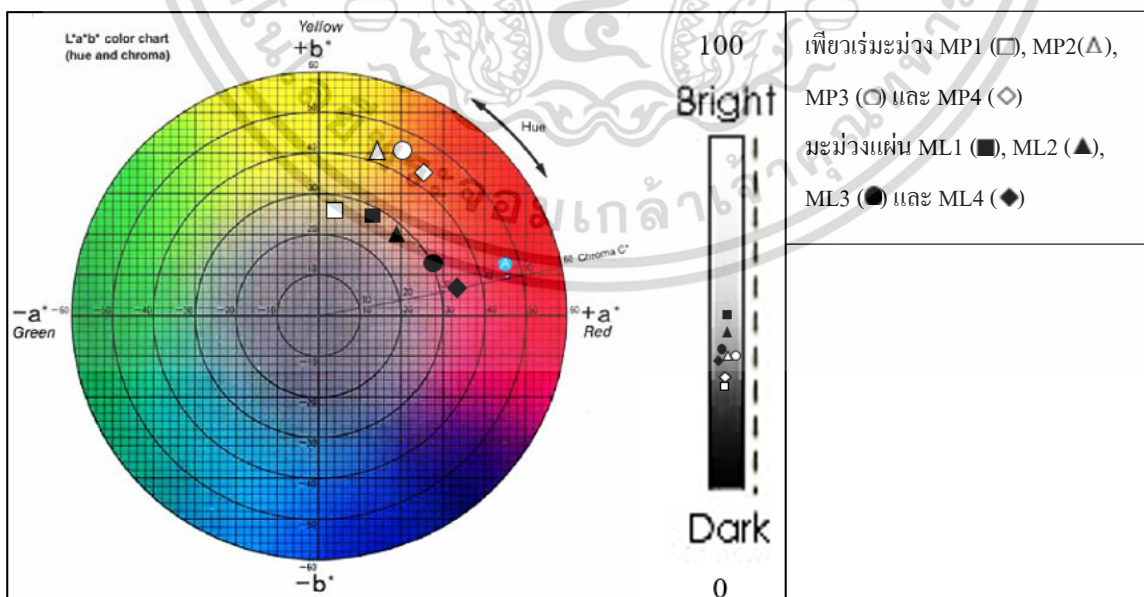
#### 4.2. ค่าสี (Color value) ของมะม่วงแผ่น

ปัจจัยทางด้านสีสามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคมักเลือกบริโภคสินค้าโดยตัดสินจากลักษณะปรากฏโดยรวมทั้งหมด 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 ( $+b^*$ )

ภาพที่ 4.3 แสดงค่าความสว่าง (Lightness:  $L^*$ ) ค่าความเป็นสีแดง (redness:  $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง (yellowness:  $b^*$ ) ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 เทียบกับเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย โดยที่ MP คือ เพียวเริ่มมะม่วง และ ML คือ มะม่วงแผ่น พบว่า มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) เพิ่มขึ้น ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับเพียวเริ่มมะม่วง แสดงให้เห็นว่ามะม่วงแผ่นมีความสว่างของสีมากขึ้น ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าเพิ่มขึ้น ( $P \leq 0.05$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับเพียวเริ่มมะม่วง แสดงให้เห็นว่ามะม่วงแผ่นมีสีที่เข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวเริ่มมะม่วง และ ยังเห็นว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นมีค่าความสว่าง ( $L^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลง ( $P \leq 0.05$ ) ส่วนค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) มีค่าเพิ่มขึ้น ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย ทำให้เห็นว่ายิ่งเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้มะม่วงแผ่นมีสีเข้มมากขึ้น ซึ่งสามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นดังภาพที่ 4.4 ที่แสดงตำแหน่งสีของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นทั้งเติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยบนชาร์จสี (colorimeter chart) จะเห็นได้ว่ามะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีเฉดสีเข้มมากขึ้นและมีความสว่างมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวเริ่มมะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น



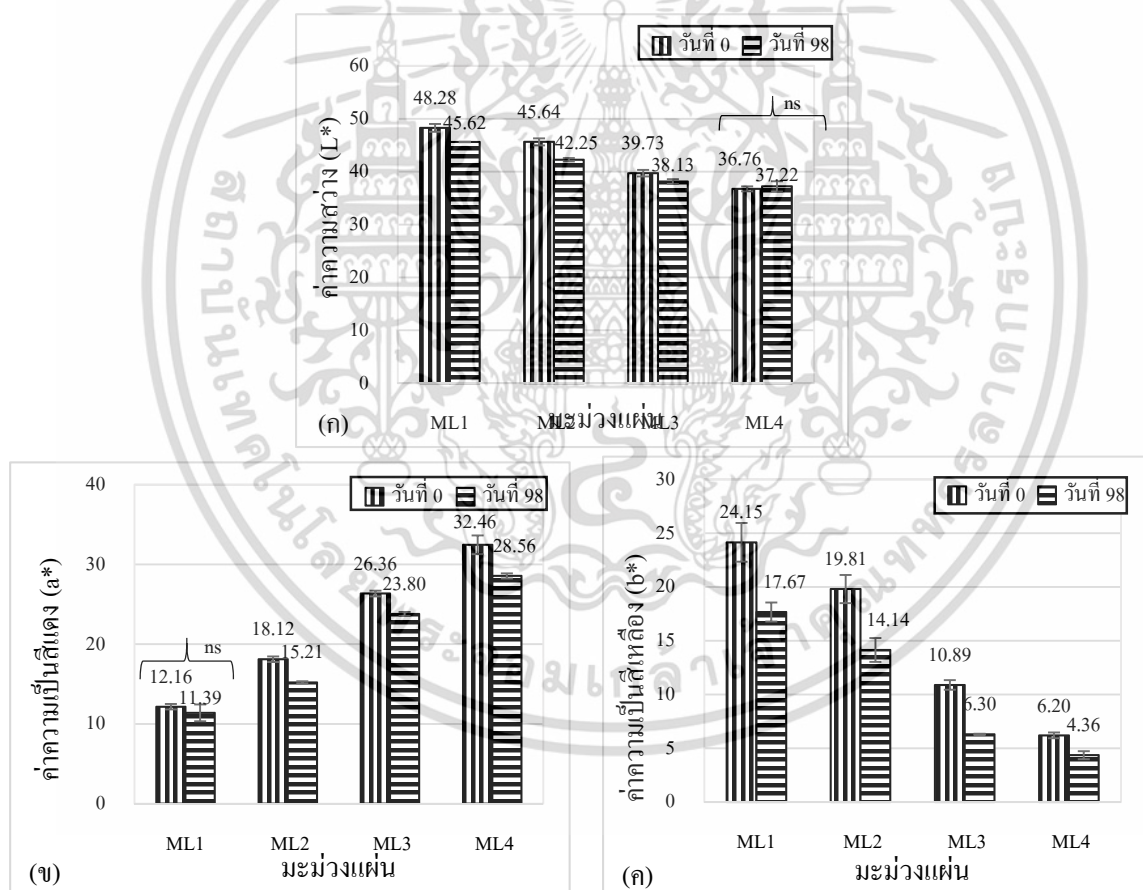
ภาพที่ 4.3 (ก) ค่าความสว่าง (L\*) (ข) ค่าความเป็นสีแดง (a\*) และ (ค) ค่าความเป็นสีเหลือง (b\*) ของเพียวเร่ มะม่วง (MP) และมะม่วงแผ่น (ML) วันที่ 0 ทั้งเต็มและไม่เต็มผงดอกคำฝอย (a ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan,  $P \leq 0.05$ ))



ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งสีของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และเพียวเร่มะม่วงที่เต็มและไม่เต็มผงดอกคำฝอยบนชาร์จสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากผลการทดลองดังภาพที่ 4.5 ได้แสดงค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของมะม่วงแผ่นทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า วันที่ 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 อาจเป็นเพราะสีส้มเข้มของผงดอกคำฝอยที่เติมในระดับความเข้มข้น 2.00 เปอร์เซ็นต์ ทำให้มะม่วงแผ่นมีสีเข้มมากขึ้นทำให้ค่าความสว่างไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา และค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ( $P \leq 0.05$ ) ยกเว้นค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) ของมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) วันที่ 98 ที่มีค่าไม่ต่างกับวันที่ 0 เนื่องจากในระหว่างการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นเวลา 3 เดือน และเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ ผลของแสงและอุณหภูมิอาจจะทำให้มะม่วงแผ่นมีสีที่เปลี่ยนแปลงไป โดยมีสีที่เข้มและทึบมากขึ้น

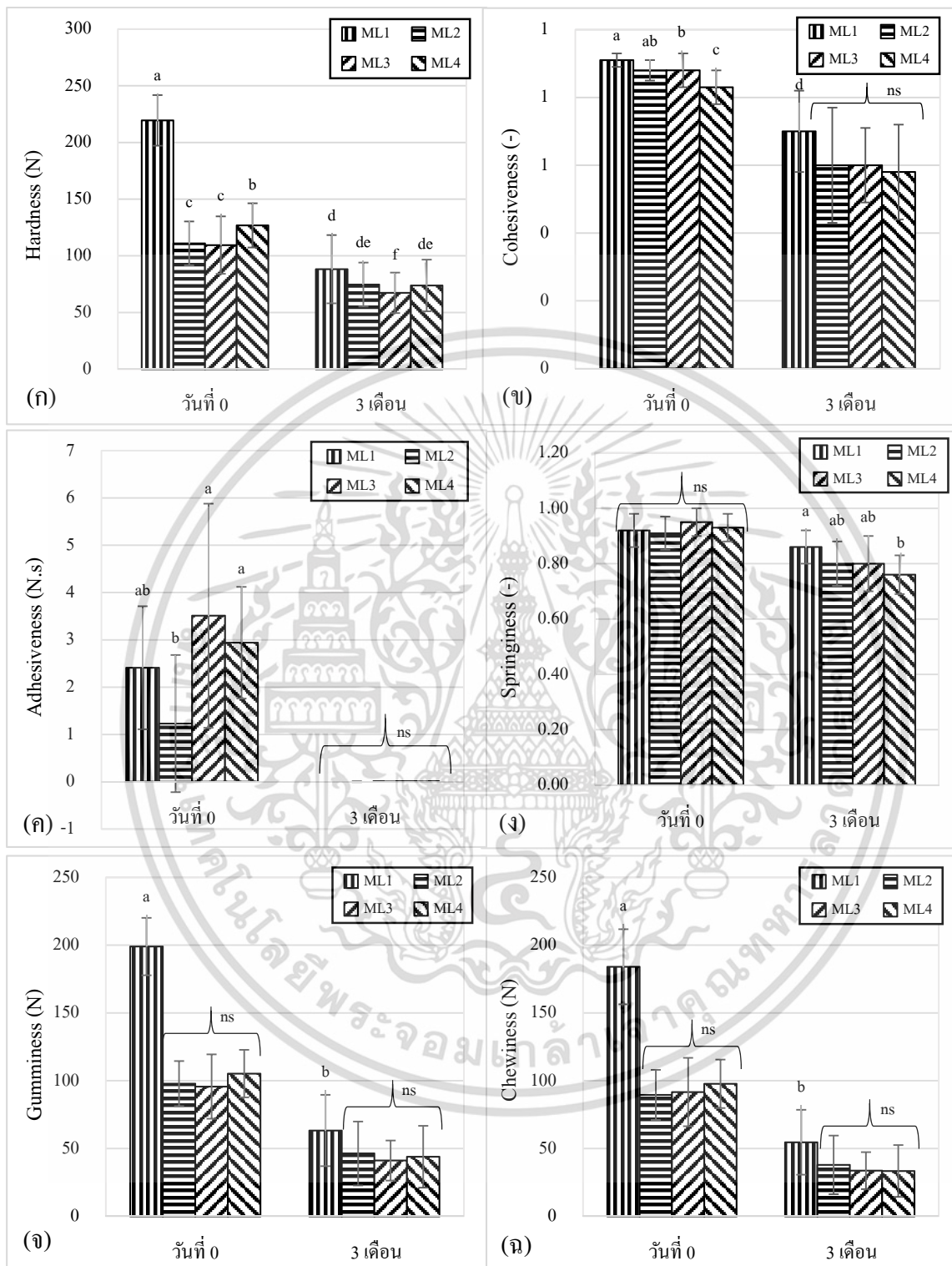


ภาพที่ 4.5 (ก) ค่าความสว่าง ( $L^*$ ) (ข) ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และ (ค) ค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ของมะม่วงแผ่นวันที่ 0 และวันที่ 98 ทั้งเติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย (ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (non-significantly different))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3. ผลการวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (texture analysis) ของมะม่วงแผ่น

คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัส (textural attributes) ของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยในวันที่ 0 พบว่า มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยมีค่าความแข็ง (Hardness) หรือแรงที่มีค่ามากที่สุดในการกดครั้งแรกลดลง ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย โดยงานวิจัยของ Vijayanand et al. (2000) ได้รายงานว่า ค่า Hardness ของมะม่วงแผ่นและฝรั่งแผ่นมีค่าลดลงเมื่อมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าปริมาณความชื้นในมะม่วงแผ่นที่เติมดอกคำฝอยสูงกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมดอกคำฝอย มะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งสูงกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 0.50 และ 1.00 เปอร์เซ็นต์ แม้จะปริมาณความชื้นที่ต่ำ อาจจะเนื่องจากผงดอกคำฝอยที่เติมลงไปมีส่วนที่ละลายได้ในน้ำ คือ สีเหลืองจากดอกคำฝอย หรือ carthamidin และที่ไม่ละลายได้ในน้ำ คือ สีแดงจากดอกคำฝอย หรือ carthamin (Weiss, 1983) จึงอาจมีผลต่อการละลายของผงดอกคำฝอยในเพียวเร่มะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น และอาจมีผลต่อค่าความแข็งของมะม่วงแผ่น สำหรับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีค่าความสามารถในการยึดเกาะกันในชิ้นอาหาร (cohesiveness) มากที่สุด ส่วนมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่าการเกาะตัวกันของอาหาร (Adhesiveness) ซึ่งเป็นงานที่ต้องใช้ในการดึงหรือความสามารถในการยึดติดของชิ้นอาหาร พบว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 1.00 และ 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีค่า Adhesiveness มากกว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย สำหรับค่าความสามารถของชิ้นอาหารที่กลับสู่สภาวะเดิม (springiness) พบว่า มะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกัน และสำหรับมะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอยมีค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน (Gumminess) และ ค่าพลังงานที่ใช้ในการเคี้ยวอาหารแข็งจนถึงขั้นพร้อมที่จะกลืน (Chewinness) มากกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย และเมื่อเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง บรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสงเป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าทุกคุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีค่าลดลง ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับวันที่ 0 ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมะม่วงแผ่นที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอยวันที่ 0 เทียบกับเมื่อเก็บรักษาครบ 3 เดือน ( <sup>A,a</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan,  $P \leq 0.05$ ) และ ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (non-significantly different))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4. ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (proximate analysis) ของมะม่วงแผ่น

จากผลการศึกษาที่แสดงดังตารางที่ 4.8 พบว่า มะม่วงแผ่นมีปริมาณความชื้น โยอาหาร ถั่ว และคาร์โบไฮเดรตแตกต่างกัน ( $P \leq 0.05$ ) โดยมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 12.91 ถึง 15.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณโยอาหารอยู่ในช่วง 2.69 ถึง 3.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณถั่วอยู่ในช่วง 1.42 ถึง 1.85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 78.63 ถึง 82.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณความชื้น ปริมาณถั่วและปริมาณเยื่อใยเพิ่มสูงขึ้น โดยในดอกคำฝอยมีปริมาณความชื้น 4.9 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณถั่ว 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 มีปริมาณถั่ว 2.2 และ 2.6 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณเยื่อใย 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 <sup>b</sup>	0.08 $\pm$ 0.03 <sup>a</sup>	0.55 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>
0.50% (ML2)	12.91 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>	0.60 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>
1.00% (ML3)	14.55 $\pm$ 0.58 <sup>a</sup>	0.13 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>	0.68 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
2.00% (ML4)	15.11 $\pm$ 0.84 <sup>a</sup>	0.14 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	0.76 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
ผงดอกคำฝอย	โยอาหาร	ถั่ว	คาร์โบไฮเดรต
0.00% (ML1)	2.69 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	1.42 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	82.13 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>
0.50% (ML2)	2.67 $\pm$ 0.00 <sup>c</sup>	1.49 $\pm$ 0.01 <sup>c</sup>	82.24 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>
1.00% (ML3)	2.79 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	1.69 $\pm$ 0.09 <sup>b</sup>	80.15 $\pm$ 0.39 <sup>b</sup>
2.00% (ML4)	3.50 $\pm$ 0.00 <sup>a</sup>	1.85 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	78.63 $\pm$ 1.08 <sup>c</sup>

หมายเหตุ - ค่าเฉลี่ย  $\pm$  ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (ทำการทดลอง 3 ซ้ำ)

-<sup>a</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan,  $P \leq 0.05$ )

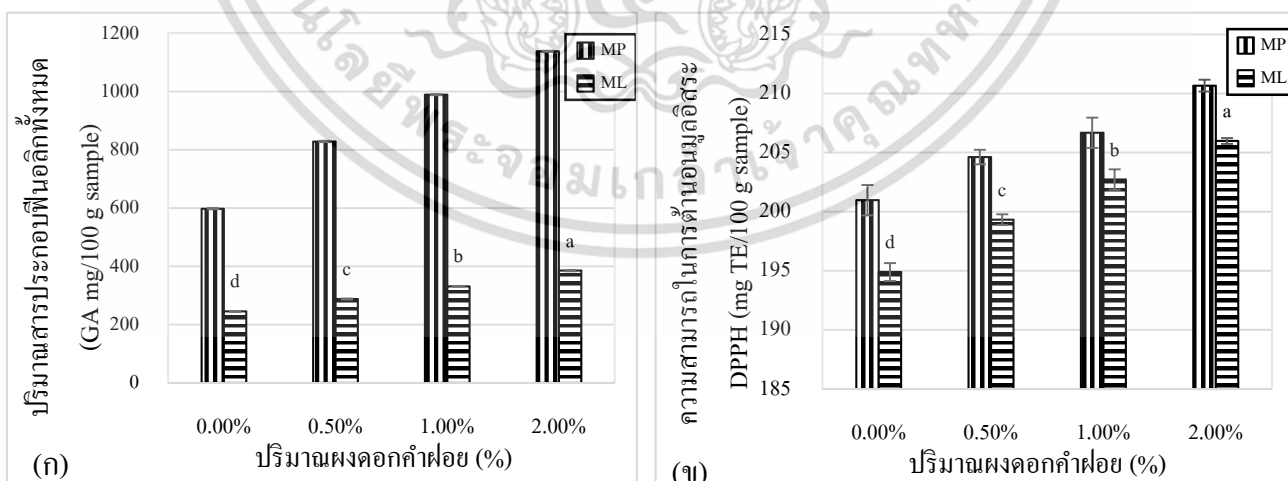
#### 4.5. สมบัติการต้านอนุมูลอิสระของเพียวเริ่มมะม่วงและมะม่วงแผ่น

จากผลการทดลองดังภาพที่ 4.7 พบว่า วันที่ 0 เพียวเริ่มมะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolics content: TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (DPPH scavenging activity) สูงกว่ามะม่วงแผ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) อาจเป็นเพราะเมื่อนำเพียวเริ่มมาแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่นแล้วเกิดการ oxidation เนื่องจากอนุมูลอิสระ จึงมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกเป็นเอกสารที่สลายตัวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH นั้นลดลง และนอกจากนี้ยิ่งเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจะทำให้มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงขึ้น ( $P \leq 0.05$ ) ทั้งในเฟี้ยวแอมะม่วงและมะม่วงแผ่น

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)

จะเห็นว่าดอกคำฝอยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปของกรดแกลลิกและมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่สูง ดังนั้นเมื่อเติมผงดอกคำฝอยในปริมาณที่มากขึ้นจึงมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มสูงขึ้น และให้ผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Torres et al. (2015) ที่รายงานว่า สารสกัดจากมาร์กเก็เบอร์รี่ที่เติมลงในเฟี้ยวแอมะม่วงมีผลให้สารประกอบฟีนอลิกและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และในเฟี้ยวแอมะม่วงพบว่าหลังจากเติมสารสกัดจากมาร์กเก็เบอร์รี่พบว่า มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ORAC เพิ่มขึ้นและพบว่า แอปเปิ้ลแผ่นรวมทั้งมะตูมแผ่นมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเมื่อเทียบกับเฟี้ยวแอมะม่วง



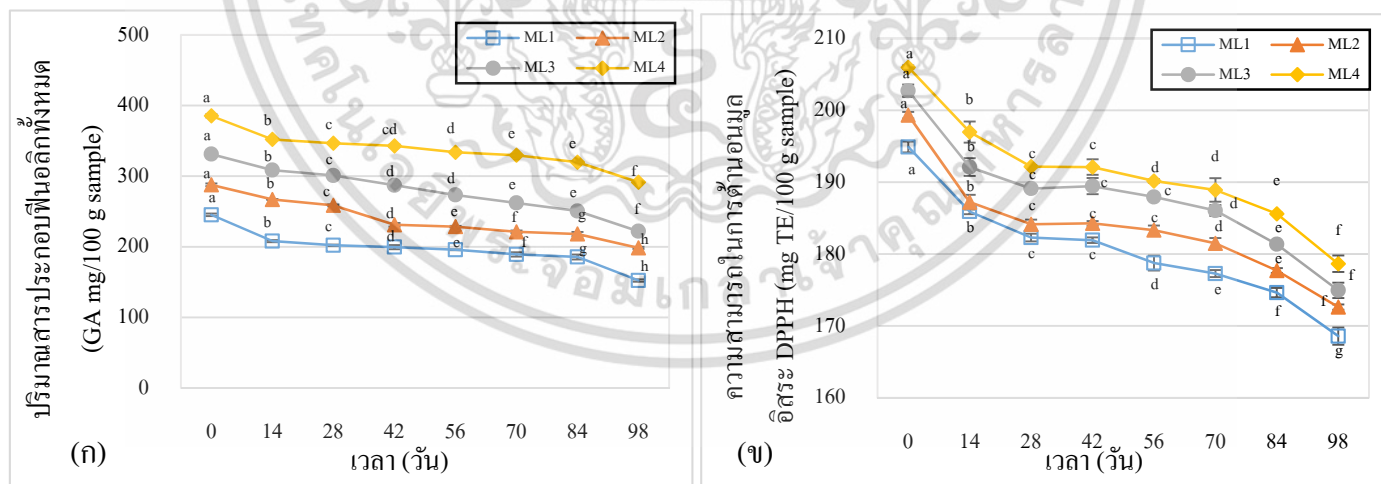
ภาพที่ 4.7 (ก) ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และ (ข) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในมะม่วงแผ่นวันที่ 0 (ML) เทียบกับเฟี้ยวแอมะม่วง (MP) ทั้งที่เติมและไม่เติมผงดอกคำฝอย (<sup>a</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan,  $P \leq 0.05$ ))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่แสดงดังภาพที่ 4.8 พบว่าในระหว่างการเก็บรักษามะม่วงแผ่นในอุณหภูมิห้องบรรจุตัวอย่างไว้ในถุงพลาสติกใส (polyethylene) และไม่ได้ควบคุมอุณหภูมิและแสง เป็นเวลา 3 เดือนโดยเก็บผลทุก 2 สัปดาห์ ทั้งปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของมะม่วงแผ่น ML1, ML2, ML3 และ ML4 มีปริมาณที่ลดลง ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับวันที่ 0

โดยปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ในช่วง 42 วันแรก พบว่า มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลงเร็วกว่ามะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 18.66 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ (ML4) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลง 11.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงช้าที่สุดเมื่อเทียบกับมะม่วงแผ่นตัวอย่างอื่น ๆ และเมื่อเก็บรักษา 98 วัน พบว่า มะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย (ML1) มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (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 ( <sup>a</sup> ตัวอักษรที่แตกต่างแสดงความแตกต่างทางสถิติ (Duncan,  $P \leq 0.05$ ))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5. สรุปผลการทดลอง

สมบัติด้านรีโอโลยีของเพียวเอร์มะม่วงสุบได้วาระดับอุณหภูมิสูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity:  $\eta_{app}$ ) และค่าสัมประสิทธิ์ความคงตัว (consistency coefficient; K) ลดลงของเพียวเอร์มะม่วงที่ระดับความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ คือ 15, 17 และ 19 ปริกซ์ เพียวเอร์มะม่วงที่ 15 ปริกซ์ มีค่าความเค้นเฉือน (shear stress) ลดลงจาก 11.32 ถึง 8.38 Pa ค่าความหนืดปรากฏ (apparent viscosity:  $\eta_{app}$ ) ลดลงจาก 0.5054 ถึง 0.3741 Pa.s และค่าดัชนีพฤติกรรมกรไหล (flow behavior index: n) มีค่าน้อยกว่า 1

สมบัติเคมีกายภาพของมะม่วงแผ่นทุกตัวอย่างมีความสว่างของสีมากขึ้นและมีสีที่เข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเพียวเอร์มะม่วงก่อนแปรรูปเป็นมะม่วงแผ่น และในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า มะม่วงแผ่นแต่ละตัวอย่างมีสีที่เข้มและทึบมากขึ้น เพียวเอร์มะม่วงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (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 18.66 เปอร์เซ็นต์ และมะม่วงแผ่นที่เติมผงดอกคำฝอย 2.00 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ลดลงช้าที่สุด เท่ากับ 11.03% ทำให้เห็นว่าผงดอกคำฝอยที่เติมในมะม่วงแผ่นสามารถทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) มีความคงตัวอยู่ในมะม่วงแผ่นหรือลดลงช้ากว่ามะม่วงแผ่นที่ไม่เติมผงดอกคำฝอย

### บรรณานุกรม

- ดวงพร ภู่มะกา. 2558. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการ คุณค่าต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วงพื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 43 (2): 267-283.
- Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R., 2006. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of Food Engineering* 76: 538-546.
- Federica B., Emilliano C., and Marco D.R., 2011. Physico-chemical and Rheological changes of Fruit puree and during storage. *Procedia Food Science*. 1: 567-587.
- Guerrero, S. N., Alzamora, S. M. 1998. Effect of pH, temperature and glucose addition on flow behaviour of fruit purees: ii. peach, papaya and mango purees. *Journal of Food Engineering*. 37:77-101.

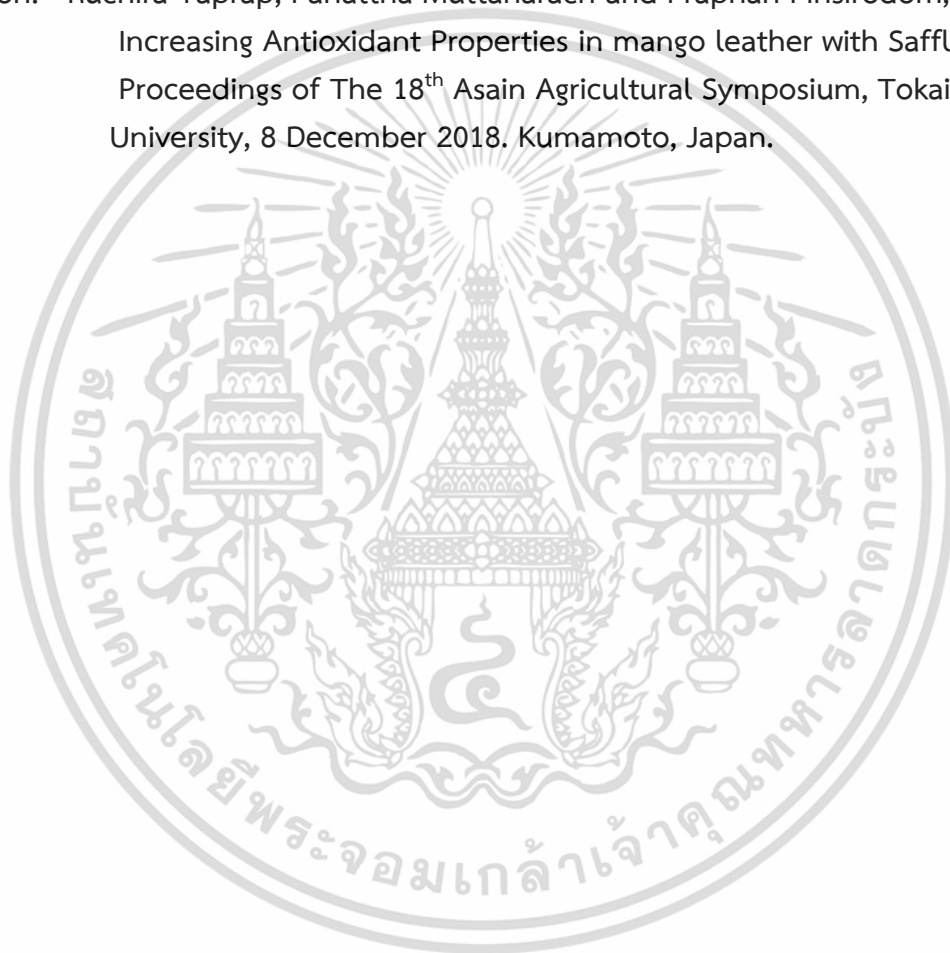
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 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.
- Maceiras R. and Alvarez E., 2007. Rheological properties of fruit purees: Effect of cooking. *J. of Food Eng.* 80: 763-769.
- Nagaraj, G. 2009. Oilseeds: properties, processing, products and procedures. Chapter 2. Safflower. Delhi: Jai Bharat Printing Press. Pp. 53-56.
- Steinmetz, K.A., Potter., J.D. 1996. Vegetables, Fruit, and Cancer Prevention: A Review. *Journal of the American Dietetic Association*. 96:1027–1039.
- 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.
- Torres C.A., Romero L.A., Diaz R.I. 2015. Quality and sensory attributes of apple and quince leathers made without preservatives and with enhanced antioxidant activity. *LWT-Food Science Technology*. 62 (2): 996-1003.
- 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.
- Van Duyn, M.A., Pivonka, E., 2000. Overview of the health benefits of fruit and vegetable consumption for the dietetics professional: selected literature. *J. Am. Dietet. Assoc.* 100: 1511–1521.
- Vasquez-Caicedo, A.L., Schilling, S., Carle, R., Neidhart, S., 2007. Effects of thermal processing and fruit matrix on  $\beta$ -carotene stability and enzyme inactivation during transformation of mangoes into puree and nectar. *Food Chemistry*. 102: 1172–1186.
- Vijayanand, P., Yadav, A.R., Balasubramanyan, N. and Narasimham, P. 2000. Storage stability of guava fruit bar prepared using new process. *LWT - Food Science and Technology*. 33(2): 132-137. doi: 10.1006/fstl.1999.0627.
- 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

Publication: Ruchira Taprap, Panattha Muttaharach and Praphan Pinsirodom, 2018.  
Increasing Antioxidant Properties in mango leather with Safflower, In  
Proceedings of The 18<sup>th</sup> Asain Agricultural Symposium, Tokai  
University, 8 December 2018. Kumamoto, Japan.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้