ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่ฟักทอง

The effect of temperature on rheological property of mango and pumpkin puree

ญาณิศา สุวรรณมาศ

เนติกานต์ แย้มประเสริฐ

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงและเพียวเร่ฟักทอง

The effect of temperature on rheological property of mango and pumpkin puree

จัดทำโดย

ญาณิศา สุวรรณมาศ รหัสนักศึกษา 58080164

เนติกานต์ แย้มประเสริฐ รหัสนักศึกษา 57080179

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....รุจิรา..... .....17/มิถุนายน/2562.....

(รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงและเพียวเร่ฟักทอง
ชื่อนักศึกษา	ญาณิศา สุวรรณมาศ รหัสนักศึกษา 58080164
	เนติกานต์ แย้มประเสริฐ รหัสนักศึกษา 57080179
หลักสูตร	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. รุจิรา ตาปราบ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าสี และค่าบริกซ์ และสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง โดยเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง มีการให้อุณหภูมิ 3 ระดับ คือ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส และเพียวเร่ฟักทองมีความเข้มข้น 3 ระดับ โดยอัตราส่วนฟักทอง:น้ำ คือ 100:10, 100:30 และ 100:60

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง พบว่า ค่า pH เท่ากับ 4.56, 5.9 และ 6.2 มีค่า Brix เท่ากับ 20.17, 14.50 และ 11.00 °Brix ตามลำดับ และการวัดค่าสีในระบบ L*-a*-b* พบว่า มีค่า L* อยู่ระหว่าง 40.61 ถึง 45.42 (ความสว่างระดับกลาง) มีค่า a* อยู่ระหว่าง -1.6 ถึง 0.66 (สีส้ม) และมีค่า b* อยู่ระหว่าง 27.48 ถึง 32.98 (สีเหลืองเข้ม) และการศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่ พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) ของเพียวเร่มะม่วงและมะม่วงผสมฟักทองมีแนวโน้มลดลงหรือข้นหนืดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนเพียวเร่ฟักทองเมื่อความเข้มข้นน้อยลง ส่งผลให้ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีแนวโน้มลดลงหรือข้นหนืดน้อยลง เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง พบว่าค่าดัชนีการไหล (n) อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ($0<n<1$) ดังนั้น เพียวเร่ทั้ง 3 ชนิดมีพฤติกรรมการไหลแบบ non-newtonian fluids ชนิด pseudoplastic

คำสำคัญ: เพียวเร่ รีโอโลยี อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	The effect of temperature on rheological property of mango and pumpkin puree
Student name	Yanisa Suwanamas Student ID 58080164
	Natikan Yaemprasert Student ID 58080179
Program	Bachelor of Science in Food process engineering
Year	2018
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ruchira Taprap

ABSTRACT

The purposes of this study were to examine the physical properties of puree, namely, pH value, color value and Brix value, Rheological properties of mango puree, mango puree mixed with pumpkin and pumpkin puree. Mango puree and mango puree mixed with pumpkin is given at 3 levels of temperature, 25, 65 and 80 °C, respectively and for pumpkin puree has 3 levels of ratio. In ratio of pumpkin:water is 100:10, 100:30 and 100:60

From the physical properties of mango puree, mango puree mixed with pumpkin and pumpkin puree it was found that pH value is 4.56, 5.9 and 6.2, respectively. Brix value are 20.17, 14.50 and 11.00 °Brix, respectively and color measurement in L*-a*-b* system was found that L* value is between 40.61 to 45.42 (middle bright color level), a* value is between -1.6 to 0.66 (orange), b* value are between 27.48 to 32.98 (Dark yellow) and from the rheological properties of puree the consistency index (k) value of mango puree and mango puree mixed with pumpkin decrease or decreased viscosity with increasing temperature but pumpkin puree with low concentration consistency index (k) value decreased or decreased viscosity. Considering at flow behavior index (n) value of mango puree, mango puree mixed with pumpkin and pumpkin puree was found that flow behavior index (n) value is between 0 and 1 ($0<n<1$). In conclusion, all three kinds of puree are non-newtonian characteristics of a pseudoplastic fluid.

Keywords: puree, rheological, temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาปัญหาพิเศษในหัวข้อ ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วงและเพียวเร่ฟักทอง ในครั้งนี้นั้นสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ซึ่งเกิดจากการได้รับความช่วยเหลือและคอยให้คำแนะนำจาก รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ และ ดร.ปนัดดา นนทนำ ที่สละเวลามาคอยชี้แนะ อบรมให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ในการปฏิบัติการ และยังช่วยชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขระหว่างการจัดทำปัญหาพิเศษฉบับนี้ เพื่อให้มีความสมบูรณ์และถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่สนับสนุน และให้กำลังใจ ตลอดมาในระหว่างการทำวิชาปัญหาพิเศษ และขอขอบคุณพี่นักวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่คอยอำนวยความสะดวกในระหว่างการปฏิบัติการของวิชาปัญหาพิเศษ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สุดท้ายคณะผู้จัดทำวิชาปัญหาพิเศษหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ปัญหาพิเศษที่ได้ทำการคิดและการทดลองค้นคว้านี้ จะเป็นประโยชน์ไม่มากก็น้อยแก่ผู้อ่านทุกท่าน หากมีความผิดพลาดประการใดในงานปัญหาพิเศษเล่มนี้ ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นางสาวญาณิศา สุวรรณมาศ
นางสาวเนติกานต์ แย้มประเสริฐ
14 พฤษภาคม 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้ 3

2.2 ฟักทอง 4

2.3 หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์ 5

2.4 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับความหนืด 8

2.5 พฤติกรรมการไหลของของเหลว 9

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 12

3.1 วัตถุดิบ 12

3.2 อุปกรณ์ 12

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง 13

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 16

4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางรีโอโลยี 18
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 24
5.1 สรุปผล 24
5.2 ข้อเสนอแนะ 24
บรรณานุกรม 25
ภาคผนวก 26
ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 27
ภาคผนวก ข คุณสมบัติของเพียวเร่ 30
ประวัติผู้เขียน 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสีในระบบ L*-a*-b* 17

ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส 20

ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทองอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส 20

ตารางที่ 4.4 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่ฟักทอง ด้วยอัตราส่วนฟักทอง:น้ำ ที่ความเข้มข้น 100:10, 100:30 และ 100:60 21

ตารางที่ 4.5 การหาค่าความเร็วจากการวัดระยะทางการไหลของเพียวเร่มะม่วง ในเวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

ภาพที่ 2.1 ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุทึบแสง 6

ภาพที่ 2.2 ลักษณะการทะลุผ่านแสงของวัตถุโปร่งแสงและโปร่งใส 7

ภาพที่ 2.3 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ: Hue บรรยายถึงเฉดสี และ Chroma บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี 8

ภาพที่ 2.4 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE Lab ในรูป 3 มิติ 8

ภาพที่ 2.5 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับความหนืด 9

ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราเฉือนของของไหลแบบนิวทอเนียน (ซ้าย) และความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอัตราเฉือนของของไหลแบบนิวทอเนียน (ขวา) 10

ภาพที่ 2.7 ก ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราเฉือนในพฤติกรรมการไหลแบบนิวทอเนียนและนอนนิวทอเนียน 10

ภาพที่ 2.7 ข แนวโน้มของความหนืดเมื่ออัตราเฉือนเปลี่ยนแปลง 11

ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลค่า pH เฉลี่ย ของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง 16

ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลค่าความหวาน (°Brix) ของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง 17

ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วง ... 18

ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง 18

ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่ฟักทอง 19

ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความข้นเหลว (K) และอุณหภูมิ (T) ของเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง 22

ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) และค่าดัชนีความข้นเหลว (k) 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.1 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหนืดของเพียวเร่ 27

ภาพที่ ก.2 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหนืดของเพียวเร่ 27

ภาพที่ ก.3 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของเพียวเร่ 28

ภาพที่ ก.4 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหวานของเพียวเร่ 28

ภาพที่ ก.5 เครื่องมือที่ใช้วัดค่าสีของเพียวเร่ 29

ภาพที่ ก.6 เครื่องมือให้ความร้อนในการเตรียมเพียวเร่ที่อุณหภูมิต่างๆ 29

ภาพที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วง... 30

ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress
ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง 31

ภาพที่ ข.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่ฟักทอง.. 32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

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

มะม่วงน้ำดอกไม้ (Mangifera indica Linn.) เป็นผลไม้ที่นิยมทานกันมากในประเทศไทย เนื่องจากเมื่อผลสุกเต็มที่แล้ว จะให้รสชาติและกลิ่นที่หอมหวาน โดยผลของมะม่วงน้ำดอกไม้เมื่อสุกเต็มที่นั้นจะมีลักษณะเป็นผลสีเหลือง เนื้อสุกมีสีเหลือง เนื้อแน่นนุ่มฉ่ำน้ำและเนื้อมาก มีเมล็ดแข็งแบนบางรี สีขาวนวล อยู่ข้างในเนื้อ ผมไม้ชนิดนี้เป็นที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทยและประเทศที่มีอากาศร้อน เนื่องจากต้นจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน นอกจากนี้มะม่วงน้ำดอกไม้ยังมีสรรพคุณช่วยในเรื่องลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันโรคเบาหวาน ปรับสมดุลน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ กระตุ้นการขับถ่าย ช่วยขับปัสสาวะ แก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน และกระตุ้นเลือดลมของสตรีเป็นปกติ เป็นต้น มะม่วงเป็นผลไมที่เต็มไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ มะม่วงสุกมีวิตามินเอบี 1 วิตามินเอบี 2 เบต้าแคโรทีน มีเส้นใยสูง และมีแร่ธาตุต่างๆ จึงทำให้มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นที่นิยมนำเอาไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่น ๆ หลายประเภท (นิรนาม, 2559)

ฟักทองก็จัดเป็นพืชเถาชนิดหนึ่งที่มีผลเป็นทรงกลมสีเหลืองส้ม เนื้อของฟักทองเมื่อสุกเต็มที่นั้นจะมีสีเหลืองแก่ เม็ดสีขาวนวล โดยฟักทองนั้นมีสรรพคุณช่วยบำรุงสุขภาพหัวใจ ทำให้หัวใจทำงานเป็นปกติ เนื่องจากฟักทองมีธาตุโพแทสเซียมและไฟเบอร์ จึงช่วยลดและควบคุมความดันโลหิต นอกจากนี้ฟักทองยังช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้อีกด้วย เนื้อฟักทองนั้นมาสามารถนำไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรรูปได้หลายอย่าง อาทิ ขนมหวานต่าง ๆ เช่น ฟักทองบวดและฟักทองเชื่อม หรือแม้กระทั่งนำเนื้อฟักทองไปทำเพียวเร่สำหรับเด็กทานอาหารเหลวก็มีอยู่ให้เห็นทั่วไป (นิรนาม, 2561)

พิมพ์เพ็ญ (ม.ป.ป.) ความหนืดเป็นสมบัติทางรีโอโรยีของของเหลว ที่บ่งบอกถึงความต้านทานการไหล เป็นสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหาร และการยอมรับของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์กลุ่มอาหารเหลว ผู้บริโภครับรู้ความหนืดของอาหารได้ทางประสาทสัมผัส ในขณะที่ใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น การเท การตัก การกวน การปาด และระหว่างการรับประทาน การที่จะทำให้อาหารมีความหนืดตามที่ผู้บริโภคต้องการ ผู้ผลิตอาหารจึงจำเป็นต้องเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของอาหาร และรักษาความหนืดของอาหารให้มีความสม่ำเสมอ ข้อมูลด้านความหนืดของอาหารในแต่ละขั้นตอนการแปรรูปจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบกระบวนการแปรรูปอาหาร เช่น การเลือกปั๊มและออกแบบระบบท่อที่เหมาะสมในโรงงานอุตสาหกรรมอาหาร

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเพียวเร่ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าสี และค่าบริกซ์ และศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่ที่อุณหภูมิและความเข้มข้นที่ต่างกัน

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าสี และค่าบริกซ์

1.2.2 เพื่อศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง ที่อุณหภูมิและความเข้มข้นที่ต่างกัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีและสมบัติทางกายภาพของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง ที่อุณหภูมิและความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยใช้มะม่วงไทยพันธุ์น้ำดอกไม้และฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Mangifera indica Linn.* อยู่ในวงศ์ Anacardiaceae เป็นผลไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เป็นทรงพุ่มทึบ ผลมีลักษณะรูปทรงรี ผิวเปลือกบาง ผลอ่อนมีสีเขียว มีรสชาติเปรี้ยวมาก มียางสีขาว ผลสุกมีสีเหลือง เนื้อสุกมีสีเหลือง มีเนื้อแน่นนุ่มฉ่ำน้ำ มีเนื้อมาก มีรสชาติหวานฉ่ำ มีกลิ่นหอม มีเมล็ดแข็งแบนบางรี สีขาวนวล อยู่ข้างในเนื้อ มีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย มีการปลูกในหลายประเทศที่มีอากาศร้อน มะม่วงน้ำดอกไม้เป็นที่นิยมปลูกกันมาก มีการปลูกหลายสายพันธุ์ มีคุณประโยชน์และมีสรรพคุณ ทางยาหลายอย่าง นิยมรับประทานเป็นผลไม้สุกหรือใช้ทำขนมหวาน อาทิ ข้าวเหนียวมะม่วง ไอศกรีม และแยม เป็นต้น (นิรนาม, 2559)

2.1.1 สรรพคุณของมะม่วงน้ำดอกไม้

ช่วยลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันโรคเบาหวาน ปรับสมดุลน้ำตาลในเลือด ป้องกันโรคหัวใจ ป้องกันโรคมะเร็ง กระตุ้นการขับถ่าย ช่วยดับกระหาย แก้อาการไอ ช่วยละลายเสมหะ แก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน ช่วยขับปัสสาวะ กระตุ้นเลือดลมของสตรีเป็นปกติ ช่วยบำรุงสายตา ช่วยป้องกันโรคเลือดออกตามไรฟัน แก้กระหายน้ำ แก้อาการร้อนใน ช่วยป้องกันโรคคอตีบ ช่วยบำรุงกระเพาะอาหาร ช่วยย่อยอาหาร ช่วยป้องกันโรคลำไส้อักเสบ ช่วยขับถ่ายพยาธิ ช่วยป้องกันโรคความดันโลหิตสูง ช่วยบำรุงสมอง ช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้ร่างกาย (พืชเกษตร, 2560)

2.1.2 คุณประโยชน์ของมะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้นั้นมีประโยชน์มากกว่าความหวาน หอม และอร่อยของมัน เป็นผลไม้อันดับต้นๆ ของเมืองไทยที่มีส่วนช่วยต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) และยังมีส่วนช่วยในการยับยั้งการเกิดมะเร็งได้อีกด้วย เนื่องจากมะม่วงสุกพันธุ์น้ำดอกไม้อุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) ในปริมาณสูงกว่าพันธ์อื่นๆ จะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกัน (Boost immune System) ยับยั้งการก่อกลายพันธ์ ป้องกันเนื้องอก ลดความเสี่ยงการเป็นโรคมะเร็ง ต้อกระจก และหัวใจได้อีกด้วย รวมทั้งมีวิตามินซี (High vitamin C) และอี (Vitamin E) ซึ่งเป็นกลุ่มที่ช่วยกำจัดอนุมูลอิสระที่ก่อให้เกิดโรคต่างๆ ในร่างกาย (นิรนาม, 2557)

2.1.3 การเก็บเกี่ยวผลผลิตมะม่วงน้ำดอกไม้

มะม่วงน้ำดอกไม้จะให้ผลผลิต ใช้เวลาประมาณ 2-3 ปี จึงจะออกผลผลิต ผลสุกสังเกตที่เปลือกมีสีเหลืองทั่วผล มีกลิ่นหอม เก็บโดยให้ใช้กรรไกรตัดขั้ว แล้วต้องระวังการทำหล่น อาจทำให้เสียหายได้ แล้วจะนำมาพักบ่มไว้ ให้ผลสุกหวานหอมเต็มที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ฟักทอง

ฟักทอง ชื่อวิทยาศาสตร์ Cucurbita moschata Duchesne จัดอยู่ในวงศ์แตง (CUCURBITACEAE) เป็นพืชมีเถาชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกา ประโยชน์ของฟักทองมีมาก และปัจจุบันฟักทองนั้นสามารถปลูกได้อย่างแพร่หลายกระจายไปทั่วโลก ฟักทองแบ่งออกเป็น 2 ตระกูล ตระกูลแรกก็คือ ตระกูลฟักทองอเมริกัน (Pumpkin) ผลใหญ่ เนื้อยุ่ย และตระกูลสควอช (Squash) ซึ่งได้แก่ฟักทองไทยและฟักทองญี่ปุ่น โดยฟักทองไทยนั้น เปลือกจะแข็ง ลำต้นอวบน้ำ ใบเดี่ยวรูปห้าเหลี่ยม มีขนทั้งสองด้าน ดอกสีเหลืองคล้ายรูปกระดิ่ง โดยผลจะเป็นทรงเกือบกลม ผิวของผลขณะยังอ่อนจะเป็นสีเขียว เมื่อแก่แล้วจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองสลับเขียว ผิวมีลักษณะขรุขระเล็กน้อย มีเส้นใยอยู่ภายในเป็นสีเหลืองนิ่มพร้อมกับเมล็ดสีขาวแบนๆ ติดอยู่ เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ทั้งเขตร้อนและเขตหนาว นิยมนำผลมารับประทาน ใช้ทำได้ทั้งเมนูอาหารคาว เมนูอาหารหวาน รวมทั้งทานเล่นเป็นอาหารว่างก็ยังได้

ฟักทองอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุมากมายที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 3 วิตามินบี 5 วิตามินบี 6 วิตามินซี วิตามินอี ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุแคลเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุโซเดียม ธาตุแมงกานีส ธาตุเหล็ก ซิงค์ เป็นต้น

ฟักทอง ถือเป็นอาหารที่อุดมด้วยสารอาหาร แต่อย่างไรก็ตามพบว่า ฟักทองให้พลังงานแคลอรี่ต่ำมากอย่างเหลือเชื่อ ถึงแม้ว่าจะเต็มไปด้วยสารอาหารก็ตาม ฟักทองปริมาณ 245 กรัม (ถ้วย) ให้พลังงานที่ต่ำกว่า 50 แคลอรี่ต่อถ้วย และประกอบด้วยประมาณของน้ำมากถึง 94 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ฟักทองยังเป็นแหล่งของใยอาหาร หรือไฟเบอร์ที่ดีอีกด้วย ซึ่งสามารถช่วยลดความอยากอาหารได้ (MedThai, 2017)

2.1.1 สรรพคุณของฟักทอง

2.1.1.1 ช่วยในเรื่องรักษาและบำรุงสุขภาพหัวใจ เนื่องจากในฟักทองประกอบด้วยแคโรทีนชนิดต่างๆ เช่น เบต้าแคโรทีนอัฟฟาแคโรทีน ซึ่งช่วยให้บำรุงสุขภาพของหัวใจให้แข็งแรงนอกจากนี้ในฟักทองยังมีไฟเบอร์และโพแทสเซียมซึ่งมีประโยชน์ต่อระบบหัวใจด้วยเช่นกันโดยการทานฟักทองแค่เพียง 1 ถ้วยเล็กสามารถเพิ่มแคโรทีนต่างๆให้กับร่างกายได้มากถึง 1,000 มิลลิกรัมเลยทีเดียว

2.1.1.2 ประโยชน์ของฟักทองช่วยลดความดันโลหิต เนื่องจาก ในฟักทองนั้นมากไปด้วย โพแทสเซียมและไฟเบอร์ต่างๆซึ่งสองสิ่งนี้เป็นตัวช่วยอย่างดีในการไปลดและควบคุมระดับความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีโดยฟักทองปริมาณหนึ่งเสิร์ฟมีโพแทสเซียมเกือบ 300 มิลลิกรัม หรือ 10% ของความต้องการ พร้อมด้วยใยอาหาร 4 กรัม หรือ 20% ของความต้องการต่อวัน นอกจากนี้สารแคโรทีนในฟักทองอย่างเบต้าและอัลฟ่า ยังช่วยไปต่อต้านอนุมูลอิสละช่วยคุ้มครองมิให้ LDL ซึ่งเป็นพาหะนำคอเลสเตอรอลไหลเวียนไปทั่วร่างกายถูกทำลายด้วยอนุมูลอิสระ

2.1.1.3 ฟักทองช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลเนื่องจาก มีผลการทดลองกับสัตว์โดยเพิ่มเมนูฟักทองลงมื้ออาหารประจำวันสามารช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในสัตว์ตัวนั้นๆได้ซึ่งก็น่าจะมีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ดีเหมือนกันในร่างกายของมนุษย์เราได้เช่นกันด้วยคุณประโยชน์ที่มากมายของฟักทองทุกบ้านควรนำฟักทองมาประกอบเป็นอาหารมื้อหลักให้บ่อย ๆ (นิรนาม, 2560)

2.1.2 คุณประโยชน์ของฟักทอง

ฟักทองมีสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่มีส่วนช่วยในการชะลอวัยและความแก่ชรา ช่วยฟื้นบำรุงสุขภาพผิวให้เปล่งปลั่งสดใสและช่วยปกป้องผิวไม่ให้เหี่ยวย่น ช่วยบำรุงและรักษาสายตา ช่วยบำรุงสุขภาพร่างกาย ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย น้ำมันจากเมล็ดฟักทองมีส่วนช่วยบำรุงประสาท เมล็ดฟักทองช่วยทำให้อารมณ์ดี เพราะมีสารที่ช่วยในการสร้าง Serotonin ซึ่งมีผลต่ออารมณ์ มีฤทธิ์ในการช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด เป็นอาหารที่เหมาะกับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักหรืออยากลดความอ้วน เพราะมีไขมันน้อยกากใยสูง ฟักทองมีกรดโปรไบโอนิค ซึ่งมีส่วนทำให้เซลล์มะเร็งอ่อนแอลง ช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงจากการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดหัวใจและโรคหัวใจ ช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยบริเวณข้อเข่า บั้นเอว ช่วยป้องกันโรคผิวหนัง เปลือกฟักทองมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการหลั่งอินซูลินในร่างกาย ซึ่งช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด ป้องกันการเกิดโรคเบาหวาน ช่วยฟื้นฟูร่างกายหลังออกกำลังกายหรือหลังจากร่างกายทำงานอย่างหนัก และทำให้กล้ามเนื้อทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ รากฟักทองนำมาต้มกับน้ำดื่มช่วยแก้และบรรเทาอาการไอ ฟังทอกจัดว่ามีกากใยอาหารสูง ซึ่งมีส่วนช่วยในการขับถ่าย ฟักทองมีฤทธิ์อุ่นซึ่งจะช่วยย่อยอาหารได้เป็นอย่างดี ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็งในกระเพาะปัสสาวะ มีส่วนช่วยในการขับปัสสาวะ ช่วยป้องกันการเกิดโรคนิ่ว ช่วยป้องกันไม่ให้ต่อมลูกหมากขยายใหญ่มากขึ้น ช่วยปรับระดับฮอร์โมนเพศชายที่ได้จากลูกอัณฑะให้อยู่ในระดับปกติ ช่วยขับพยาธิตัวตืด โดยนำเมล็ดฟักทองประมาณ 50 กรัม นำมาตำให้ละเอียดแล้วผสมกับน้ำตาล นม และเติมน้ำลงไปจนได้ประมาณ 500 มิลลิลิตร แล้วนำมาแบ่งรับประทานเป็น 3 ครั้ง ทุกๆ 2 ชั่วโมง ช่วยบำรุงตับและไตให้แข็งแรง รากฟักทองเมื่อนำมาต้มดื่มจะช่วยถอนพิษจากแมลงกัดต่อย ถอนพิษของฝิ่นได้ เยื่อกลางของผลฟักทอง สามารถนำมาใช้พอกแผล แก้อาการฟกช้ำ อาการปวดและอักเสบได้ เนื้อฟักทองใช้รับประทานเป็นอาหารว่าง อย่างน้ำฟักทองคั้นสด พายฟักทอง และนำมาใช้ในการประกอบอาหารได้อย่างหลากหลาย (นิรนาม, 2556)

2.3 หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์สีของผลิตภัณฑ์

โชติพงศ์ กาญจนประโชติ (2556) สีเป็นคุณสมบัติเชิงแสงที่สามารถใช้บรรยายคุณลักษณะของวัสดุเกษตรได้ง่ายที่สุดวิธีหนึ่งใน การอธิบายสีของวัตถุด้วยคำพูดมาตรฐานของการบรรยายลักษณะสีอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ ประสบการณ์ลักษณะทางกายภาพของตาของผู้บรรยายลักษณะแสงที่ตกกระทบ ดังนั้นการวัดและบรรยายสีในเชิงวิชาการจึงต้องมีการจัดมาตรฐานเพื่อเป็นการลดความไม่เป็นกลาง (bias) ของผู้บรรยายสีของวัสดุนั้น ๆ ปัจจัยที่ทำให้เกิดสีมีอยู่ 3 ประเภทคือ

ก. แหล่งกำเนิดแสง (light source) แหล่งกำเนิดแสงมีผลอย่างมากในการบรรยายสี ของวัตถุแหล่งกำเนิดแสงถ้ามีแสงแตกต่างจากแสงขาวเมื่อตกกระทบกับวัตถุจะทำให้แสงที่สะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับมาเกิดสีที่แตกต่างไปเช่นแสงจากหลอด incandescent จะให้แสงสีส้มในขณะที่ Fluorescent จะให้ แสงขาวเย็น

ข. วัตถุที่มอง (specimen) วัตถุที่ทึบแสง (opaque) จะให้การสะท้อนของแสงเพื่อเกิดสีแตกต่างจากวัตถุที่โปร่งแสง (translucent) และโปร่งใส (transparent) ลักษณะของการตกกระทบของแสงบนวัตถุ เมื่อวัตถุทึบแสงได้รับแสงกระทบจากภายนอกการสะท้อนแสงจะมีอยู่ 2 ส่วน (ภาพที่ 2.1) คือการ สะท้อนแสงเสมือนจริง (specular reflection) และการสะท้อนแสงกระจาย (diffuse reflection) การสะท้อนแสงเสมือนจริงคือการสะท้อนแสงกลับจากวัตถุที่เหมือนและมีขนาดใกล้เคียงกับแสงตก กระทบแต่ทิศทางตรงข้ามการสะท้อนแสงเสมือนจริงจะแสดงออกมามากที่สุดเพียง 4% ของการ สะท้อนแสงทั้งหมด (total reflection) ซึ่งจะเกิดในกรณีที่วัตถุมีผิวมันเงา 100% ดังนั้นการสะท้อนแสง เสมือนจริงในวัตถุที่มีผิวมันเงาจะมากกว่าวัตถุผิวด้าน และผิวขรุขระตามลำดับส่วนการสะท้อนแสง กระจายเป็นการสะท้อนแสงที่บริเวณผิวจากวัตถุไปทุกทิศทาง และมีขนาดเล็กกว่าแสงที่ตกกระทบมาก ซึ่งการสะท้อนแสงกระจายนี้เองเป็นส่วนของการสะท้อนที่ใช้ในการวัดเฉดสี

การสะท้อนแสงทั้งหมด (total reflection) = specular reflection + diffuse reflection

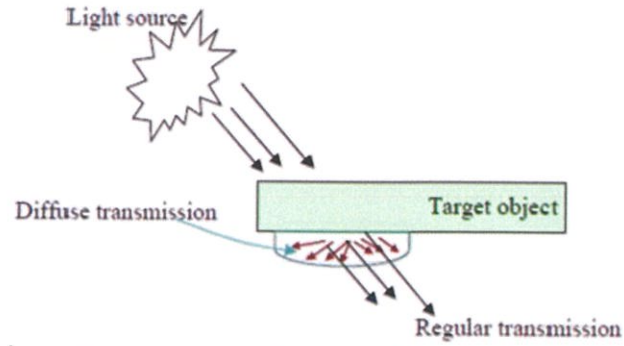
ภาพที่ 2.1 ลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุทึบแสง

ที่มา จตุพงศ์ (2553)

สำหรับวัตถุโปร่งแสงและโปร่งใส (ภาพที่ 2.2) แสงจะทะลุผ่านวัตถุได้แตกต่างกัน วัตถุโปร่งแสงจะมีความขุ่นอยู่ภายในเนื้อและจะดูดกลืนแสงบางส่วนไว้ สำหรับวัตถุโปร่งใสนั้นแสงจะถูกดูดกลืนในเนื้อวัตถุเป็นส่วนใหญ่ การทะลุผ่านแสงมี 2 รูปแบบคือการทะลุผ่านปกติ (regular transmission) และการทะลุผ่านกระจาย (diffuse transmission) ถ้าวัตถุโปร่งแสงหรือมีความขุ่น เช่น พุดดิ้ง การทะลุผ่าน ปกติจะน้อยกว่าวัตถุโปร่งใส การวัดสีของวัตถุโปร่งใสและโปร่งแสงนี้ จะวัดที่ diffuse transmission ลักษณะเดียวกับการวัดสีแบบหลักการสะท้อนของแสง

การทะลุผ่านแสงทั้งหมด (total transmission) = regular transmission + diffuse transmission

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

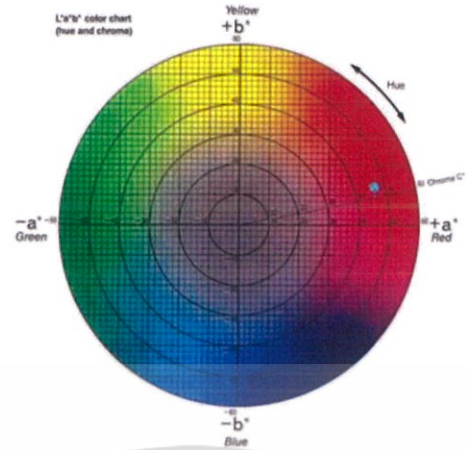


ภาพที่ 2.2 ลักษณะการทะลุผ่านแสงของวัตถุโปร่งแสงและโปร่งใส
ที่มา: จตุพงศ์ (2553)

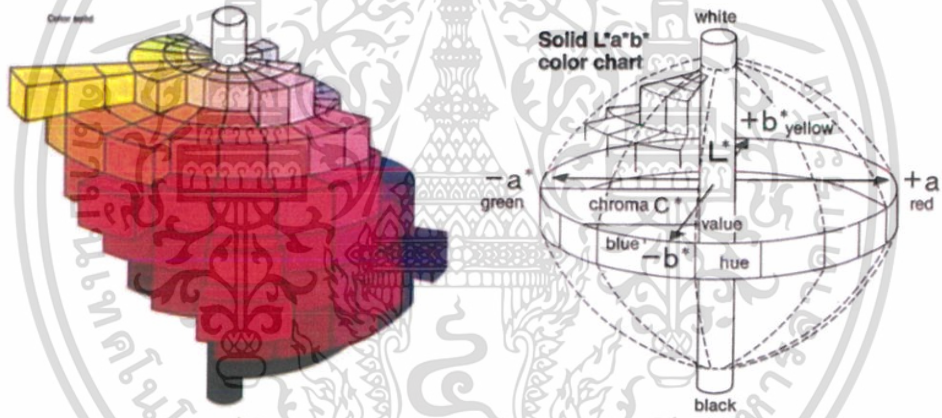
ค. ผู้สังเกตการณ์ (observer) ผู้สังเกตการณ์นั้นมีผลอย่างยิ่งกับการบรรยายสีที่มองเห็น ผู้สังเกตการณ์ต่างคนก็จะบรรยายลักษณะสีต่างกัน ขึ้นอยู่กับสรีระทางกายภาพของตาแต่ละคน ในร่างกายคนจะมีเซลล์อยู่ 2 ชนิด ที่เกี่ยวข้องกับการรับสี คือ เซลล์รูปแท่งและเซลล์รูปโคน เซลล์รูปแท่งจะตอบสนองได้ดีกับการมองเห็นในที่เกี่ยวกับความมืดสว่าง ส่วนเซลล์รูปโคนจะตอบสนองต่อสีที่มองเห็น

จากหลักการพื้นฐานเรื่องสีข้างต้นจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์เพื่อใช้วัดสีที่มีมาตรฐานและลดความไม่เป็นกลางเนื่องจากปัจจัยของแหล่งกำเนิดแสง และผู้สังเกตการณ์องค์กรที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดมาตรฐานด้านสี คือ Commission International de l'Eclairage (CIE) หรือ ในชื่ออังกฤษว่า International Commission on Illumination มีสำนักงานใหญ่ อยู่ในประเทศฝรั่งเศส องค์กรนี้ได้กำหนดมาตรฐานการวัดสีซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างในวงการวิชาการ และการวิจัยคือระบบ CIE Lab scale ในระยะเริ่มแรก CIE ได้กำหนดสเกลการวัดสีเป็น X-Y-Z ซึ่งใช้บรรยายถึงสีแดง (Red) เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) แต่เนื่องจากระบบสีดังกล่าวไม่สามารถบรรยายถึงลักษณะความมืด-สว่างของสีได้ CIE ได้พัฒนาต่อมาเป็นระบบ X-Y-L ซึ่งบรรยายถึงค่าสีแดงเขียวและความสว่าง (lightness) ตามลำดับอย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวก็ยังขาดส่วนที่บรรยายถึงค่าสีน้ำเงิน CIE จึงได้พัฒนาระบบสีต่อมาจนเป็นระบบที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือระบบ L* a* b* ซึ่งเป็นการบรรยายสีแบบ 3 มิติโดยที่แกน L* จะบรรยายถึงความสว่าง (lightness) จากค่า +L* แสดงถึงสีขาวจนไปถึง –L* แสดงถึงสีดำ แกน a* จะบรรยายถึงแกนสีจากเขียว (-a*) ไปจนถึงแดง (+a*) ส่วนแกน b* จะบรรยายถึงแกนสีจากน้ำเงิน (-b*) ไปจนถึงเหลือง (+b*) ลักษณะการบรรยายสี ของ CIE แสดงได้ดังภาพ 9 และ 10 นอกจากนี้บริษัท Hunter lab ในอเมริกาก็เป็นอีกองค์กรหนึ่งซึ่งทำการวิจัยและพัฒนาระบบการวัดสีจนในที่สุดได้ระบบของ Hunter lab เองซึ่งเรียกว่าการวัดสีระบบ Hunter lab scale ซึ่งบรรยายแกนใน 3 มิติเช่นเดียวกับระบบ CIE โดยที่ Hunter lab จะใช้สเกล L-a-b 15 บรรยายลักษณะสีเช่นเดียวกับ L*-a*-b* ของ CIE ข้อแตกต่างระหว่างระบบสีของ CIE และ Hunter lab คือ สูตรการคำนวณค่าสี ซึ่งทั้ง L-a-b และ L*-a*-b* ล้วนมีพื้นฐานการคำนวณมาจากค่าระบบ X-Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 การบรรยายสีในระบบ CIE Lab มองในระนาบ 2 มิติ: Hue บรรยายถึงเฉดสีและ Chroma บรรยายถึงความมันวาวหรือความเข้มของโทนสี
ที่มา: Minolta (1997)



ภาพที่ 2.4 การบรรยายสีพื้นในระบบ CIE Lab ในรูป 3 มิติ
ที่มา: Minolta (1997)

2.4 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับความหนืด

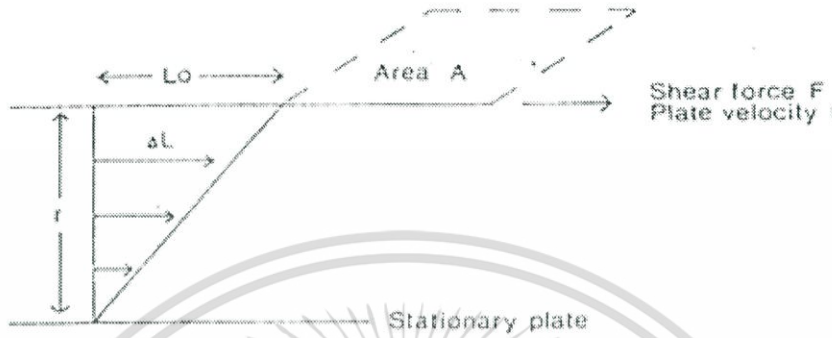
เมื่อวัตถุได้รับความเค้น (stress) จากภายนอก มักจะเปลี่ยนรูปร่าง (deform) สมบัติซึ่งวัตถุพยายามต่อต้านการเปลี่ยนสภาพ (deformation) ภาษาอังกฤษใช้คำว่า “consistency” การเปลี่ยนรูปร่างแบ่งเป็นสองประเภท ได้แก่

2.4.1 การเปลี่ยนรูปร่างแบบยืดหยุ่น (elastic deformation) ซึ่งเกิดขึ้นชั่วคราว และจะหมดไปเมื่อหมดความเค้น

2.4.2 การไหล (flow) คือการเปลี่ยนรูปร่างที่เกิดขึ้นอย่างถาวร เมื่อเกิดการไหลอนุภาคของวัตถุจะเลื่อนไหลผ่านไปบนกันและกัน โดยเอาชนะแรงดึงดูดระหว่างกัน เรียกว่าการเฉือน (shear)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

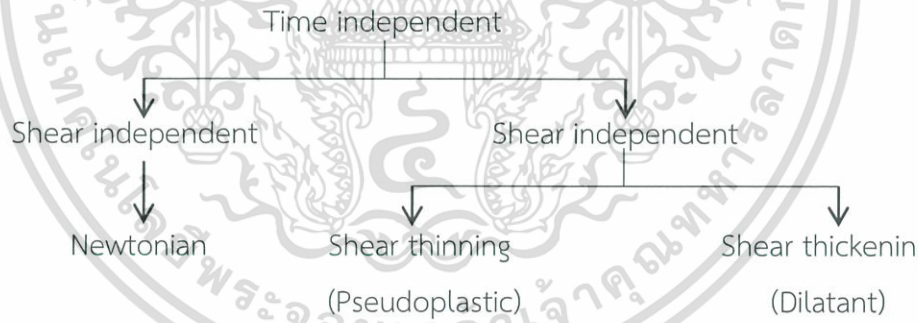
พิจารณาแผ่น 2 แผ่น วางห่างกันในระยะ r ระยะช่องว่างระหว่างแผ่นบรรจุด้วยของไหล (fluid) ถ้าแผ่นหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสัมพัทธ์ M กับอีกแผ่นหนึ่งเท่ากับ v การเคลื่อนที่นี้จะถูกขัดขวางด้วย ปฏิกิริยาความหนืด (viscous reaction) ในของไหลนั้น เนื่องจากการเคลื่อนที่นี้จัดว่าเป็นการเฉือน (shear) ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงเรียกว่า ความหนืดเฉือน (shear viscosity)



ภาพที่ 2.5 หลักการพื้นฐานเกี่ยวกับความหนืด
ที่มา: http://eng.sut.ac.th/polymer

2.5 พฤติกรรมการไหลของของเหลว

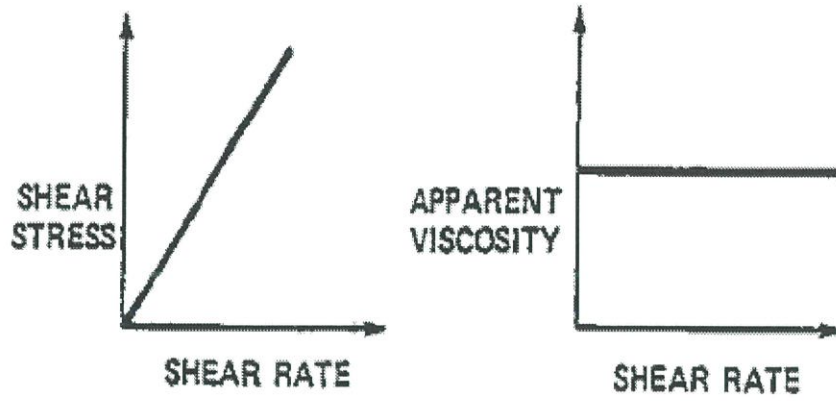
2.5.1 การไหลที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time independent flow) สามารถแบ่งได้ตามไดอะแกรมด้านล่าง



ในลักษณะการไหลที่ไม่ขึ้นกับเวลาสามารถแบ่งของไหลออกได้ตามพฤติกรรมการไหลที่ขึ้นกับอัตราเฉือนหรือไม่ ในกรณีที่ความหนืดของของไหลไม่ขึ้นกับอัตราเฉือนของไหลประเภทนี้จัดเป็นของไหลแบบนิวโทเนียน และถ้าความหนืดของของไหลขึ้นกับอัตราเฉือน เรามักนิยมเรียกว่าของไหลแบบนอนนิวโทเนียน

2.5.1.1 ของเหลวแบบนิวโทเนียนหรือของเหลวอย่างง่าย (Newtonian or Simple Liquid) ของเหลวประเภทนี้จะเป็นไปตามกฎของนิวตัน คือ ถ้าพลอตกราฟระหว่างความเค้นเฉือนกับอัตราเฉือน จะได้กราฟเป็นเส้นตรง ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

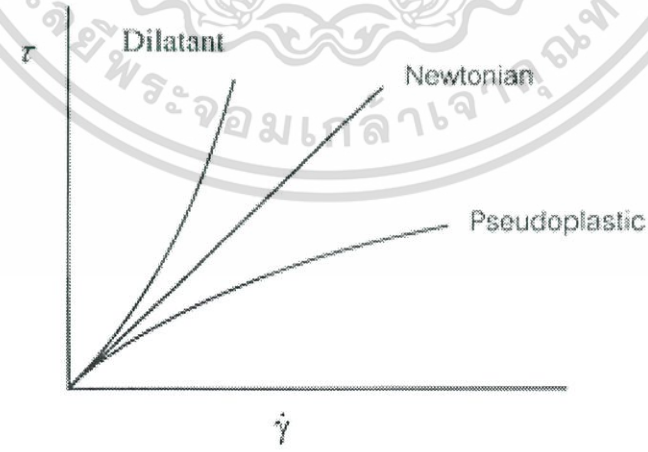


ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราเฉือนของของไหลแบบนิวทอเนียน (ซ้าย) และความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับอัตราเฉือนของของไหลแบบนิวทอเนียน (ขวา)
ที่มา: http://eng.sut.ac.th/polymer

2.5.1.2 ของเหลวแบบนอนนิวทอเนียน ในการพิจารณาความหนืดของไหลแบบนิวทอเนียนนั้นสามารถกล่าวได้ว่า ความหนืดเป็นสมบัติที่คงที่ของของไหล ซึ่งเป็นจริงสำหรับของเหลวธรรมดาตามที่กล่าวมาแล้ว แต่จะไม่เป็นจริงทีเดียวนัก สำหรับพอลิเมอร์ที่อยู่ในลักษณะหลอมเหลว ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเค้นเฉือนกับอัตราเฉือนจะไม่คงที่ โดยที่กราฟระหว่าง τ และ $\dot{\gamma}$ จะไม่เป็นเส้นตรงเช่นในของเหลวแบบนิวทอเนียน ลักษณะเช่นนี้เรียกนอนนิวทอเนียน ซึ่งความหนืดขึ้นกับอัตราเฉือนในช่วงอัตราเฉือนหนึ่ง พฤติกรรมแบบนอนนิวทอเนียนมี 2 ลักษณะที่แตกต่างกัน คือ

1. Pseudoplastic/shear thinning คือ เมื่อเพิ่มอัตราเฉือนแล้วความหนืดลดลง
2. Dilatant/shear thickening คือ เมื่อเพิ่มอัตราเฉือนแล้วความหนืดเพิ่มขึ้น

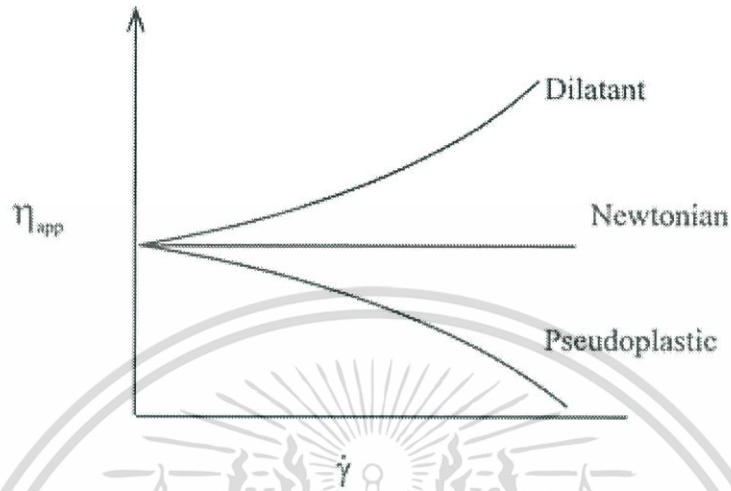
ดังแสดงได้ในกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 2.7 ก ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับอัตราเฉือนในพฤติกรรมการไหลแบบนิวทอเนียนและนอนนิวทอเนียน
ที่มา: http://eng.sut.ac.th/polymer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤติกรรมแบบนอนนิวทอเนียน สามารถแสดงได้ในอีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งมักใช้กันทั่วไป คือ การแสดงการเปลี่ยนแปลงความหนืด เมื่ออัตราเฉือนเปลี่ยนไป ดังรูปที่ 2.7 ข



ภาพที่ 2.7 ข แนวโน้มของความหนืดเมื่ออัตราเฉือนเปลี่ยนแปลง

ที่มา: http://eng.sut.ac.th/polymer

2.5.2 พฤติกรรมการไหลของเหลวกับอุณหภูมิ

พิมพ์เพ็ญ (ม.ป.ป.) พฤติกรรมการไหลของของเหลวกับอุณหภูมิสามารถอธิบายได้ด้วยความสัมพันธ์ของ Arrhenius (Saravacos 1970; Steffe, 1996) :

$$k = A\, e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

เมื่อ k = ค่าคงที่ของอัตราเร็ว (rate constant, s^{-1})

A = ค่าคงที่ของอาร์เรเนียส (Arrhenius constant)

E_a = พลังงานกระตุ้น (activation energy, kJ/mol)

R = ค่าคงที่ของแก๊สในอุดมคติ (ideal gas constant = 8.314 J/mol K)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature, K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 วัตถุดิบ

มะม่วงน้ำดอกไม้ จากตลาดหัวตะเข้

ฟักทอง จากตลาดมีน

น้ำเปล่า ตราเนสท์เล่

3.2 อุปกรณ์

เครื่อง Brookfield viscometer

เครื่อง Bostwick consistometer

เครื่องวัดสี (Minolta) รุ่น CR-400

เครื่องวัดค่า pH (pH meter)

Refractometer

เทอร์โมมิเตอร์

มีด

เขียง

หม้อต้ม

ชุดที่นึ่ง

กะละมังสแตนเลส

เครื่องปั่นเปียก

Hot plate

กระปุกแก้ว

แท่งแก้วคนสาร

ช้อน

บีกเกอร์ ขนาด 250 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ ขนาด 100 มิลลิลิตร

บีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร

กระบอกตวง ขนาด 100 มิลลิลิตร

เครื่องชั่งละเอียด 2 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การทำเพียวเร่มะม่วง

3.3.1.1 การเตรียมวัตถุดิบ

นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก คัดเอาเฉพาะเนื้อ หั่นเป็นชิ้นเล็กพอประมาณ นำไปปั่นให้ละเอียด พักไว้ในกะละมังสแตนเลส

สำหรับการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer นำเพียวเร่มะม่วงที่ทำไว้ไปให้อุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวัดความแตกต่าง

3.3.1.2 ตรวจคุณสมบัติของเพียวเร่มะม่วง

3.3.1.2.1 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่มะม่วง นำไปตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH meter ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.1.2.2 การตรวจวัดค่าความหวาน (°Brix)

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่มะม่วง นำไปตรวจวัดค่าความหวาน โดยใช้เครื่อง refractometer ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.1.2.3 การวัดสี

นำเพียวเร่มะม่วง มาวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-400 ในระบบ CIE L*a*b* บันทึกค่าที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.1.2.4 การตรวจวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer

นำเพียวเร่มะม่วงทั้งหมด 3 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส), อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไปวัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยการใช้หัววัดหมายเลข 34 การวัดความหนืดจะวัดแรงเสียดทานของของเหลวออกมาเป็นค่า % Torque บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.1.2.5 การตรวจวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer

นำเพียวเร่มะม่วงไปวัดความหนืดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer โดยใช้เวลาในการวัด 30 วินาที ดูระทางที่เพียวเร่มะม่วงไหล บันทึกค่าที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2 เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง

3.3.2.1 การเตรียมวัตถุดิบ

มะม่วง - นำมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก คัดเอาเฉพาะเนื้อ หั่นเป็นชิ้นเล็กพอประมาณ นำไปปั่นให้ละเอียด พักไว้ในกะละมังสแตนเลส

ฟักทอง - นำมาล้างทำความสะอาด หั่นออกเป็นชิ้น ๆ ขนาดพอเหมาะ เอาส่วนที่เป็นเยื่อและเมล็ดออก ล้างทำความสะอาดอีกรอบแล้วนำไปนึ่งจนเนื้อฟักทองนิ่ม ใช้เวลาประมาณ 40 นาที จากนั้นตักเอาแต่ส่วนเนื้อแล้วนำไปปั่นให้ละเอียด พักไว้ในกะละมังสแตนเลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมะม่วงและฟักทองที่ทำเสร็จมาปั่นรวมกันในอัตราส่วน 1:1

สำหรับการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer นำเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทองที่ทำไว้ไปให้อุณหภูมิที่ 65 องศาเซลเซียส และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการวัดความแตกต่าง

3.3.2.2 ตรวจคุณสมบัติของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง

3.3.2.2.1 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง นำไปตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH meter ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2.2.2 การตรวจวัดค่าความหวาน (°Brix)

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง นำไปตรวจวัดค่าความหวาน โดยใช้เครื่อง refractometer ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2.2.3 การวัดสี

นำเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง มาวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-400 ในระบบ CIE L*a*b* บันทึกค่าที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2.2.4 การตรวจวัดค่าความหนืด

นำเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทองทั้งหมด 3 อุณหภูมิ ได้แก่ อุณหภูมิห้อง (25 องศาเซลเซียส), อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ไปวัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยการใช้หัววัดหมายเลข 25 การวัดความหนืดจะวัดแรงเสียดทานของของเหลวออกมาเป็นค่า % Torque บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.3 เพียวเร่ฟักทอง

3.3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

ล้างทำความสะอาดผลฟักทอง หั่นออกเป็นชิ้น ๆ ขนาดพอเหมาะ เอาส่วนที่เป็นเยื่อและเมล็ดออก ล้างทำความสะอาดอีกรอบแล้วนำไปนึ่งจนเนื้อฟักทองนิ่ม ใช้เวลาประมาณ 40 นาที จากนั้นตักเอาแต่ส่วนเนื้อแล้วนำไปปั่นให้ละเอียด พักไว้ในกะละมังสแตนเลส

สำหรับการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer นำเพียวเร่ฟักทองที่ทำไว้ไปผสมน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ ปั่นให้เข้ากัน โดยอัตราส่วน คือ ฟักทอง : น้ำ แบ่งเป็น 3 อัตราส่วน ดังนี้ 100:10, 100:30 และ 100:60

3.3.3.2 ตรวจคุณสมบัติของเพียวเร่ฟักทอง

3.3.3.2.1 การตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง นำไปตรวจวัดค่าความเป็นกรด-เบส โดยใช้เครื่อง pH meter ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2.2 การตรวจวัดค่าความหวาน (°Brix)

เตรียมตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง นำไปตรวจวัดค่าความหวาน โดยใช้เครื่อง refractometer ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2.2.3 การวัดสี

นำเพียวเร่ฟักทอง มาวัดสีโดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-400 ในระบบ CIE L*a*b* บันทึกค่าที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

3.3.2.2.4 การตรวจวัดค่าความหนืด

นำเพียวเร่ฟักทองทั้งหมด 3 อัตราส่วน ไปวัดด้วยเครื่อง Brookfield viscometer โดยอัตราส่วน 100:10 ใช้หัววัดหมายเลข 25 การวัดความหนืดจะวัดแรงเสียดทานของของเหลวออกมาเป็นค่า % Torque บันทึกค่าต่าง ๆ ที่ได้ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

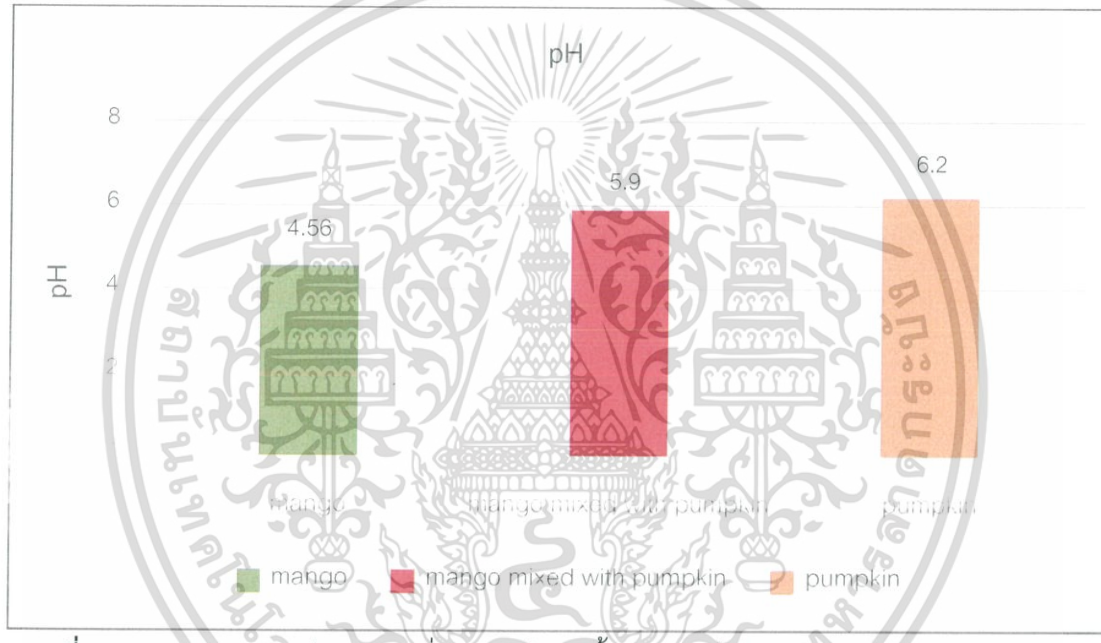
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

4.1.1 ค่า pH

ผลการวัดค่า pH ของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง แสดงดังภาพที่ 4.1 พบว่า ค่า pH เฉลี่ยของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด เท่ากับ 4.56, 5.9 และ 6.2 ตามลำดับ

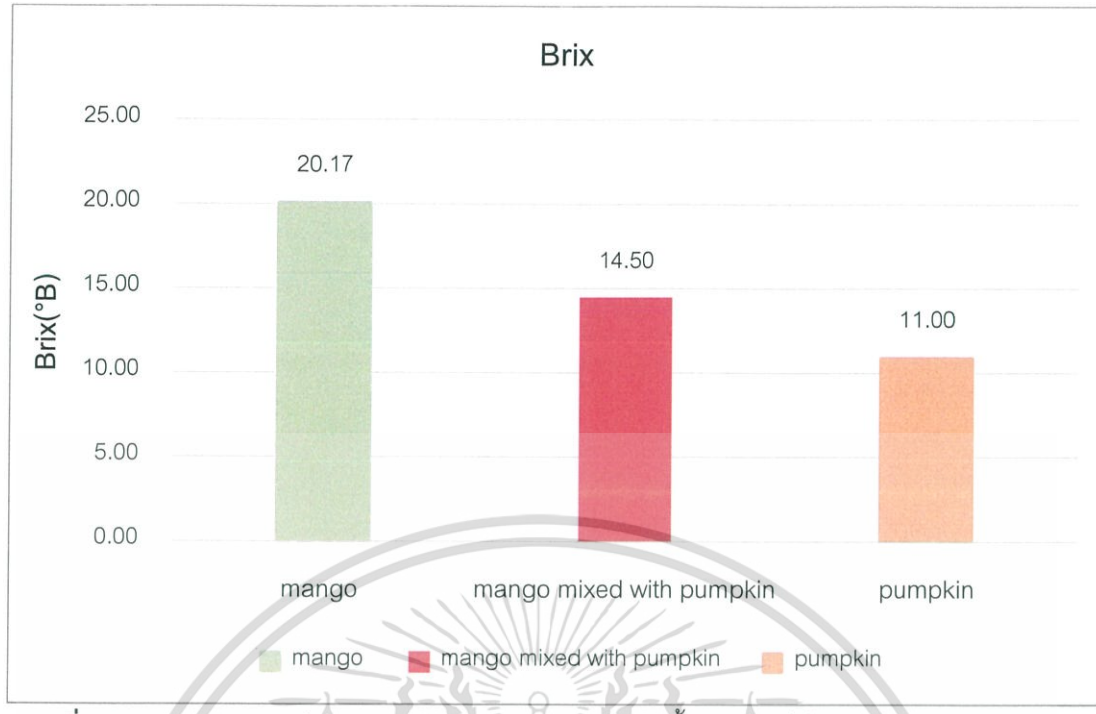


ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงผลค่า pH เฉลี่ย ของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง

4.1.2 ค่าความหวาน (°Brix)

ผลการวัดค่าความหวานของเพียวเร่ ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง แสดงดังภาพที่ 4.2 พบว่า ค่าความหวานของเพียวเร่มะม่วงมีค่าความหวานมากที่สุด เท่ากับ 20.17 °Brix รองลงมาเป็นเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง มีค่าความหวานเท่ากับ 14.50 °Brix และเพียวเร่ฟักทอง มีค่าความหวานน้อยที่สุด เท่ากับ 11.00 °Brix

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงผลค่าความหวาน (°Brix) ของเพียวเร่ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง

4.1.3 ค่าสี

ผลการวัดค่าสีเพียวเร่ ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง ในระบบ L*-a*-b* ซึ่งค่า L จะหมายถึงความสว่างมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ค่า a* คือค่าที่บ่งบอกความเป็นสีแดง (+a*) และเขียว (-a*) ค่า b* คือค่าที่บ่งบอกความเป็นสีเหลือง (+b*) และสีน้ำเงิน (-b*) แสดงดังตารางที่ 4.1 พบว่า เพียวเร่มะม่วง มีค่า L* = 45.42, a* = -1.02, b* = 27.48 เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง มีค่า L* = 42.48, a* = 0.66, b* = 28.62 และเพียวเร่ฟักทอง มีค่า L* = 40.61, a* = -1.6, b* = 32.98

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสีในระบบ L*-a*-b*

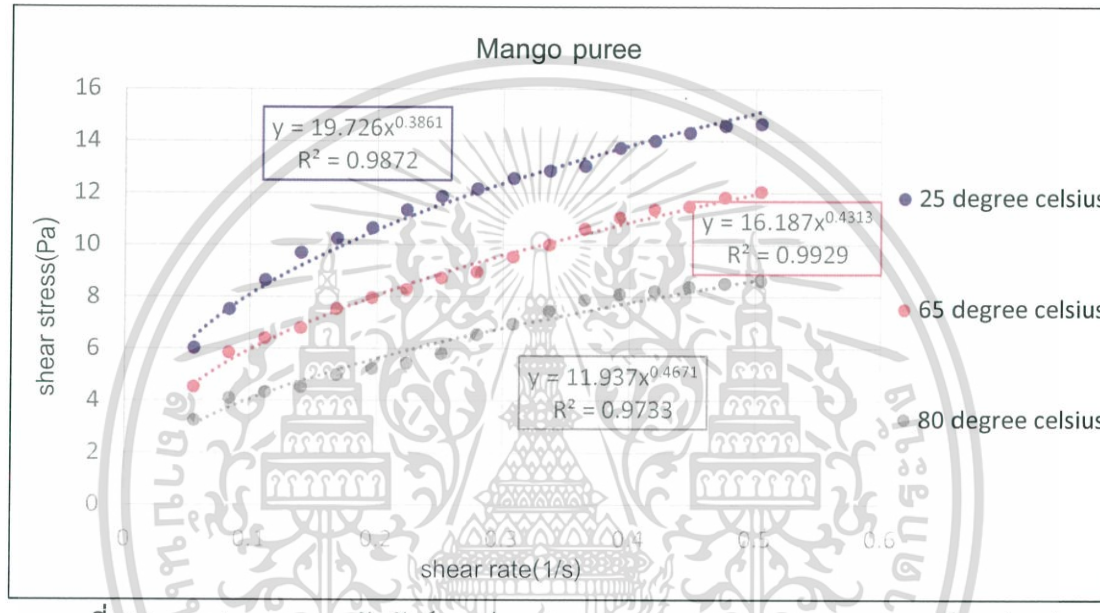
ตัวอย่าง	L*	a*	b*
เพียวเร่มะม่วง	45.42	-1.02	27.48
เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง	42.48	0.66	28.62
เพียวเร่ฟักทอง	40.61	-1.66	32.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

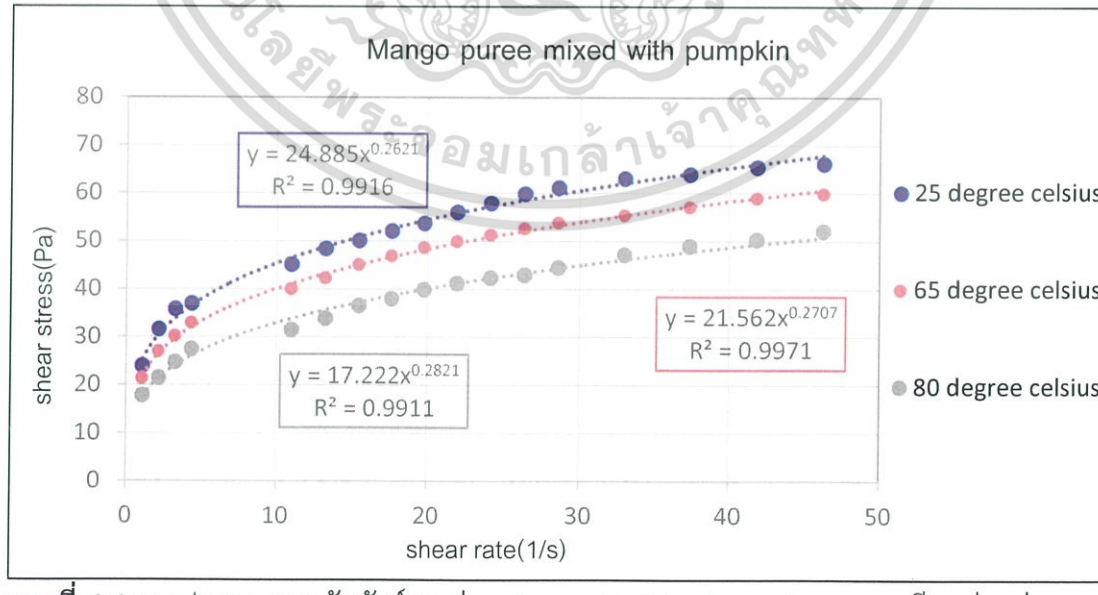
4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางรีโอโลยี

4.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยสมการ power law model ($\tau = K\gamma^n$) จากเส้นแนวโน้มพบว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) ลดลง ค่าดัชนีการไหล (n) ทุกอุณหภูมิ มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ($0<n<1$) มีพฤติกรรมการไหลแบบประเภท Non-Newtonian ชนิด pseudoplastic และความหนืดลดลงเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 4.3 และ 4.4



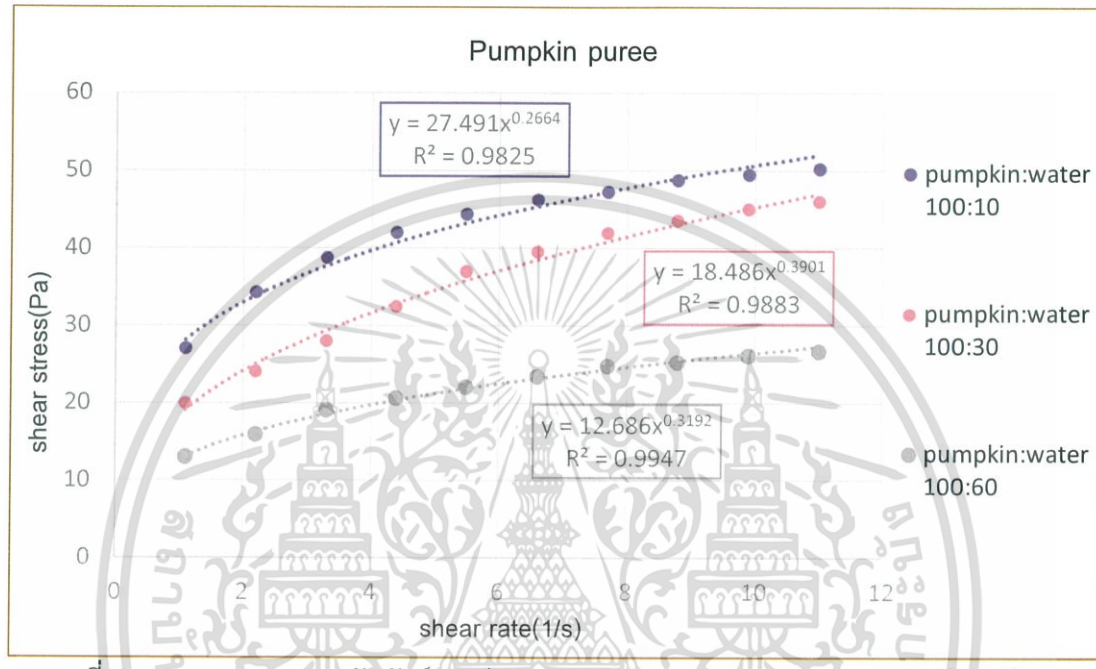
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วง



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของอัตราส่วนฟักทอง:น้ำ ที่ความเข้มข้น 100:10, 100:30 และ 100:60 ด้วย power law model ($\tau = K\gamma^n$) จากเส้นแนวโน้มพบว่า เมื่อความเข้มข้นลดลง ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) ลงลด และ ค่าดัชนีการไหล (n) อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ($0<n<1$) จึงมีพฤติกรรมการไหลประเภท Non-Newtonian ชนิด pseudoplastic และความหนืดลดลงเมื่ออัตราเฉือนเพิ่มขึ้น แสดงดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่ฟักทอง

4.2.2 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่

จากตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยสมการ power law model ($\tau = K\gamma^n$) พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) เท่ากับ 18.67±1.24, 16.52±0.29 และ 13.54±1.56 ตามลำดับ และค่าดัชนีการไหล (n) เท่ากับ 0.38±0.005, 0.43±0.008 และ 0.47±0.010 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง		k = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)		n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)	
เพียวเร่มะม่วง	อุณหภูมิ 25°C	18.973		0.3760	
		17.311	18.67±1.24	0.3845	0.38±0.005
		19.726		0.3861	
	อุณหภูมิ 65°C	16.680		0.4216	
		16.693	16.52±0.29	0.4366	0.43±0.008
		16.187		0.4313	
	อุณหภูมิ 80°C	13.648		0.4637	
		15.046	13.54±1.56	0.4825	0.47±0.010
		11.937		0.4671	

จากตาราง 4.3 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง ด้วยอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ด้วยสมการ power law model ($\tau = K\gamma^n$) พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) เท่ากับ 25.75±0.82, 21.31±0.94 และ 17.43±0.52 ตามลำดับ และค่าดัชนีการไหล (n) เท่ากับ 0.24±0.016, 0.28±0.013 และ 0.29±0.018 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีแนวโน้มลดลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ตารางที่ 4.3 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทองอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส

ตัวอย่าง		k = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)		n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)	
เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทองอัตราส่วน 1:1	อุณหภูมิ 25°C	25.858		0.2419	
		24.885	25.75±0.82	0.2621	0.24±0.016
		26.510		0.2298	
	อุณหภูมิ 65°C	19.979		0.2919	
		21.562	21.31±0.94	0.2707	0.28±0.013
		22.391		0.2698	
	อุณหภูมิ 80°C	17.889		0.2860	
		17.222	17.43±0.52	0.2821	0.29±0.018
		17.175		0.3186	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.4 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่ฟักทอง ด้วยอัตราส่วน ฟักทอง:น้ำ ที่ความเข้มข้น 100:10, 100:30 และ 100:60 ด้วยสมการ power law model ($\tau = K\gamma^n$) พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) เท่ากับ 25.69±1.75, 18.07±1.70 และ 12.00±0.63 ตามลำดับ และได้ค่าดัชนีการไหล (n) เท่ากับ 0.28±0.016, 0.36±0.029 และ 0.33±0.020 ตามลำดับ โดยค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีแนวโน้มลดลง เมื่อความเข้มข้นน้อยลง

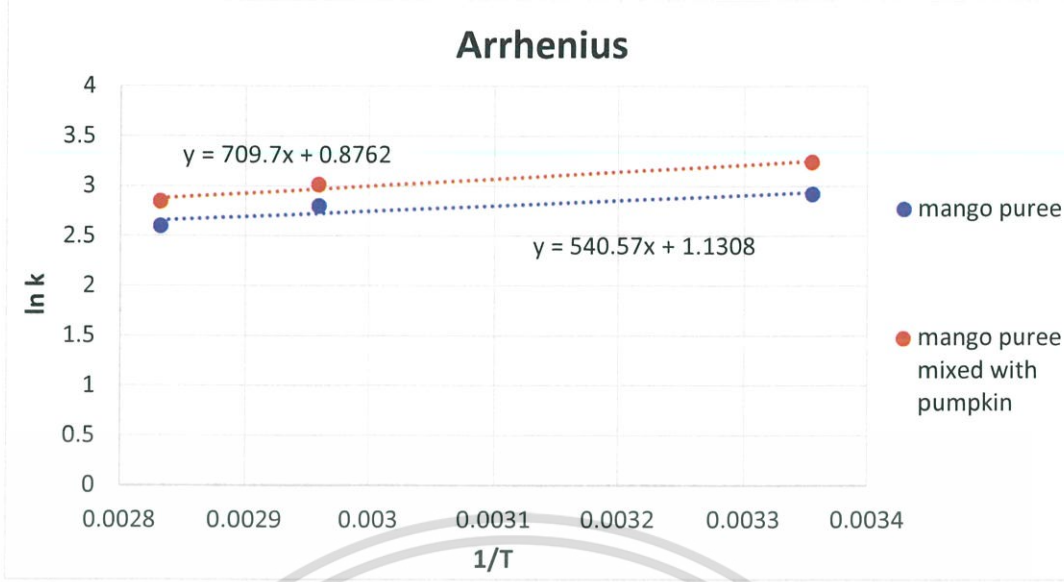
ตารางที่ 4.4 ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่ฟักทอง ด้วยอัตราส่วน ฟักทอง:น้ำ ที่ความเข้มข้น 100:10, 100:30 และ 100:60

ตัวอย่าง		k = ค่าดัชนีความข้นเหลว (consistency index)		n = ค่าดัชนีการไหล (flow behavior index)	
เพียวเร่ฟักทอง อัตราส่วน ฟักทอง : น้ำ	อัตราส่วน 100:10	27.491		0.2664	
		25.567	25.69±1.75	0.2975	0.28±0.016
		24.005		0.2804	
	อัตราส่วน 100:30	18.486		0.3901	
		19.531	18.07±1.70	0.335	0.36±0.029
		16.207		0.3476	
	อัตราส่วน 100:60	12.686		0.3192	
		11.863	12.00±0.63	0.3225	0.33±0.020
		11.438		0.3547	

4.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และอุณหภูมิ (T)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และอุณหภูมิ (T) ของเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส โดยสมการอาร์เรเนียส (Arrhenius equation) เมื่อพิจารณาจากเส้นแนวโน้ม พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แต่จะเห็นได้ว่า ในช่วงอุณหภูมิทั้ง 3 ระดับค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ดังภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีความข้นเหลว (k) และอุณหภูมิ (T) ของเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง

4.2.4 การหาค่าความเร็วของเพียวเร่มะม่วงโดยวิธี Bostwick

จากตารางที่ 4.5 การหาค่าความเร็วจากการวัดระยะทางการไหลของเพียวเร่มะม่วง ในเวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส ได้ความเร็วเท่ากับ 0.189, 0.212 และ 0.238 เซนติเมตร/วินาที ตามลำดับ ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ความเร็วในการไหลของเพียวเร่เพิ่มขึ้น

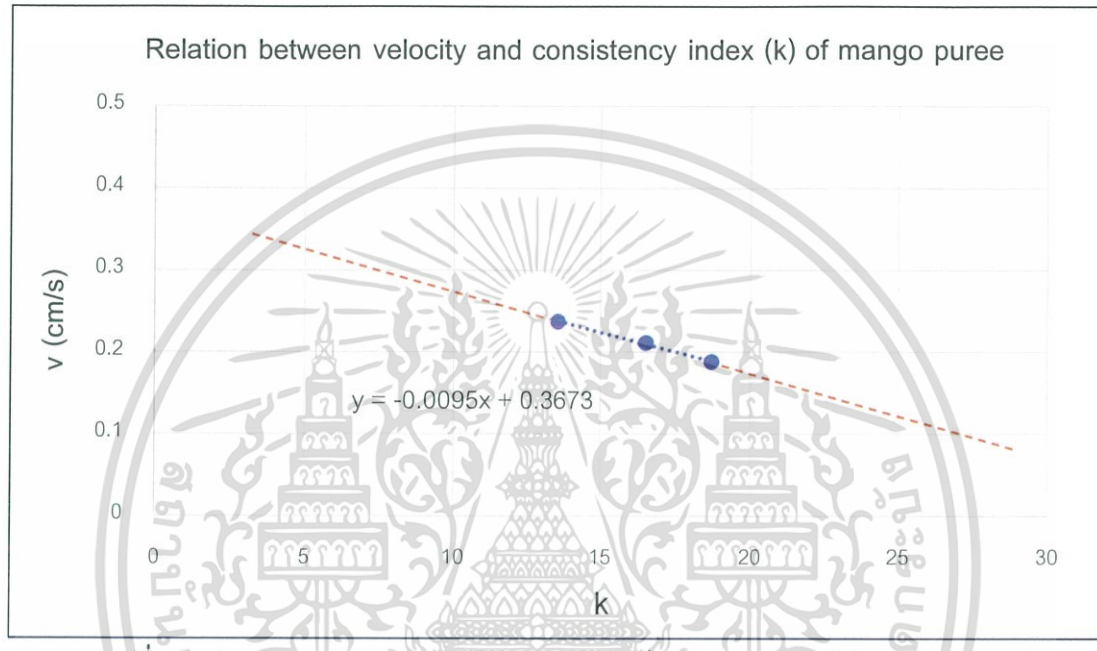
ตารางที่ 4.5 การหาค่าความเร็วจากการวัดระยะทางการไหลของเพียวเร่มะม่วง ในเวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 25, 65 และ 80 องศาเซลเซียส

มะม่วง	ระยะที่เคลื่อนที่ (cm)	ระยะทางเฉลี่ย (cm)	เวลา(s)	ความเร็ว (cm/s)
อุณหภูมิ 25	6	5.67	30	0.189
	5.4			
	5.6			
อุณหภูมิ 65	6.4	6.37	30	0.212
	6.5			
	6.2			
อุณหภูมิ 80	7.5	7.13	30	0.238
	6.8			
	7.1			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) และค่าดัชนีความข้นเหลว (k)

จากภาพที่ 4.7 การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วโดยวิธี Bostwick และค่าดัชนีความข้นเหลว (k) พบว่าเมื่อค่าดัชนีความข้นเหลว (k) ต่ำ ค่าความเร็ว (v) จะเพิ่มขึ้น หรือเมื่อค่าดัชนีความข้นเหลว (k) สูง ค่าความเร็ว (v) จะลดลง ดังนั้นสามารถใช้กราฟนี้ในการทำนายได้ว่า ถ้าสมมติมีเพียวเร่มะม่วง วัดความเร็วได้เท่ากับ 0.3 cm/s จะสามารถหาได้ว่า เพียวเร่มะม่วงนั้นมีค่าดัชนีความข้นเหลว (k) เท่าไร ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำข้อมูลมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้



ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) และค่าดัชนีความข้นเหลว (k)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลอง การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าพีเอช ค่าสี และค่าบริกซ์ และสมบัติทางรีโอโลยี ของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง พบว่ามีค่า pH เท่ากับ 4.56, 5.9 และ 6.2 ตามลำดับ มีค่า Brix เท่ากับ 20.17, 14.50 และ 11.00 °Brix ตามลำดับ การวัดค่าสีของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง ในระบบ L*-a*-b* พบว่า มีค่า L* อยู่ระหว่าง 40.61 ถึง 45.42 (ความสว่างระดับกลาง) ค่า a* อยู่ระหว่าง -1.6 ถึง 0.66 (สีส้ม) ค่า b* อยู่ระหว่าง 27.48 ถึง 32.98 (สีเหลืองเข้ม) และการศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่ พบว่าค่าดัชนีความข้นเหลว (k) ของเพียวเร่มะม่วง และเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง มีแนวโน้มลดลงหรือข้นหนืดน้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ส่วนเพียวเร่ฟักทอง เมื่อความเข้มข้นน้อยลง ส่งผลให้ค่าดัชนีความข้นเหลว (k) มีแนวโน้มลดลงหรือข้นหนืดน้อยลง เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการไหล (n) ของเพียวเร่มะม่วง เพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง และเพียวเร่ฟักทอง พบว่าค่าดัชนีการไหล อยู่ระหว่าง 0 และ 1 ($0<n<1$) ดังนั้น เพียวเร่ทั้ง 3 ชนิดมีพฤติกรรมการไหลแบบ non-newtonian fluids ชนิด pseudoplastic

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer ควรมีหัววัดความหนืดหลายขนาดมากกว่านี้ เพื่อความแม่นยำในการวัดมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

โชติพงษ์ กาญจนประโชติ. 2556. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลผลิตมะแขว่นหลังการอบแห้ง. สาขาวิศวกรรมเกษตร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. ของไหลแบบซูโดพลาสติก.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/456. 11 เมษายน 2562

นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. ความหนืด.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0546/viscosity-ความหนืด. 30 พฤศจิกายน 2561.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. เพียวเร่. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1469/puree-เพียวเร่. 3 ธันวาคม 2561.

นิธิยา รัตนาปนนท์ และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. ม.ป.ป. สมการอาร์รีเนียส.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0719/arrhenius-equation-สมการอาร์รีเนียส. 11 เมษายน 2562.

นิรนาม. 2560. สรรพคุณและประโยชน์ของฟักทอง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://amprohealth.com/food/pumpkin/. 2 ธันวาคม 2561.

นิรนาม. 2561. ประโยชน์ของฟักทอง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.honestdocs.co/pumpkin-benefits. 14 มีนาคม 2562.

นิรนาม. 2561. สมการอาร์เรเนียส.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://il.mahidol.ac.th/e-media/ap-chemistry2/kinetics/arrhenius.htm. 11 เมษายน 2562.

พืชเกษตร. 2560. มะม่วงน้ำดอกไม้ สรรพคุณ และการปลูกมะม่วงน้ำดอกไม้.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://puechkaset.com/มะม่วงน้ำดอกไม้. 6 มีนาคม 2562.

Jom. 2016. มะม่วงน้ำดอกไม้.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://www.thai-thaifood.com/th/มะม่วงน้ำดอกไม้. 2 ธันวาคม 2562.

MedThai. 2017. ฟักทอง สรรพคุณและประโยชน์ของฟักทอง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com/ฟักทอง. 6 มีนาคม 2562.

MedThai. 2017. มะม่วง สรรพคุณและประโยชน์ของมะม่วง.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: https://medthai.com/มะม่วง. 6 มีนาคม 2562.

Polymer. 2015. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการขึ้นรูป.[ออนไลน์].เข้าถึงได้จาก: http://eng.sut.ac.th/polymer/2015/newversion/administrator/document/subjectDocument/14367738320148.pdf. 14 มกราคม 2562.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

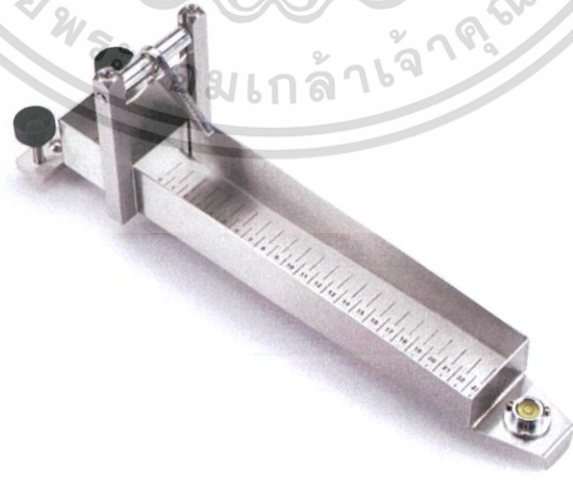
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer)

ภาพที่ ก.1 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหนืดของเพียวเร่

ก.2 เครื่องวัดความหนืด (Bostwick consistometer)



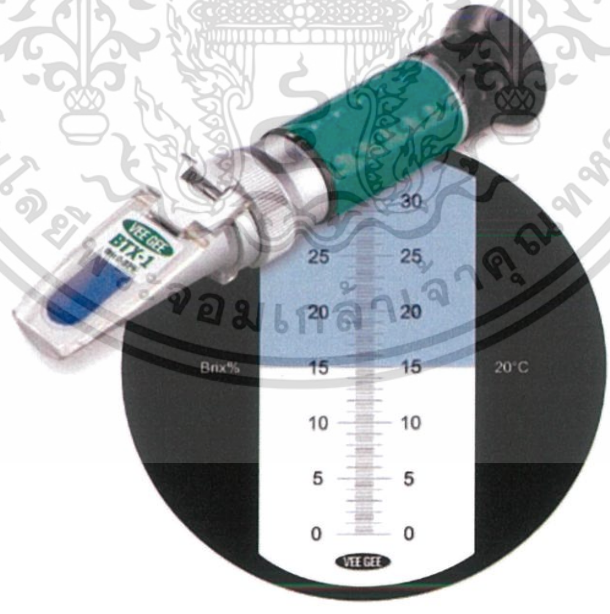
ภาพที่ ก.2 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหนืดของเพียวเร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 เครื่องวัดค่า pH (pH meter)

ภาพที่ ก.3 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของเพียวเร่

ก.4 เครื่องวัดความหวาน (Refractometer)



ภาพที่ ก.4 เครื่องที่ใช้วิเคราะห์ค่าความหวานของเพียวเร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.5 เครื่องวัดสี (Minolta CR-400)

ภาพที่ ก.5 เครื่องมือที่ใช้วัดค่าสีของเพียวเร่

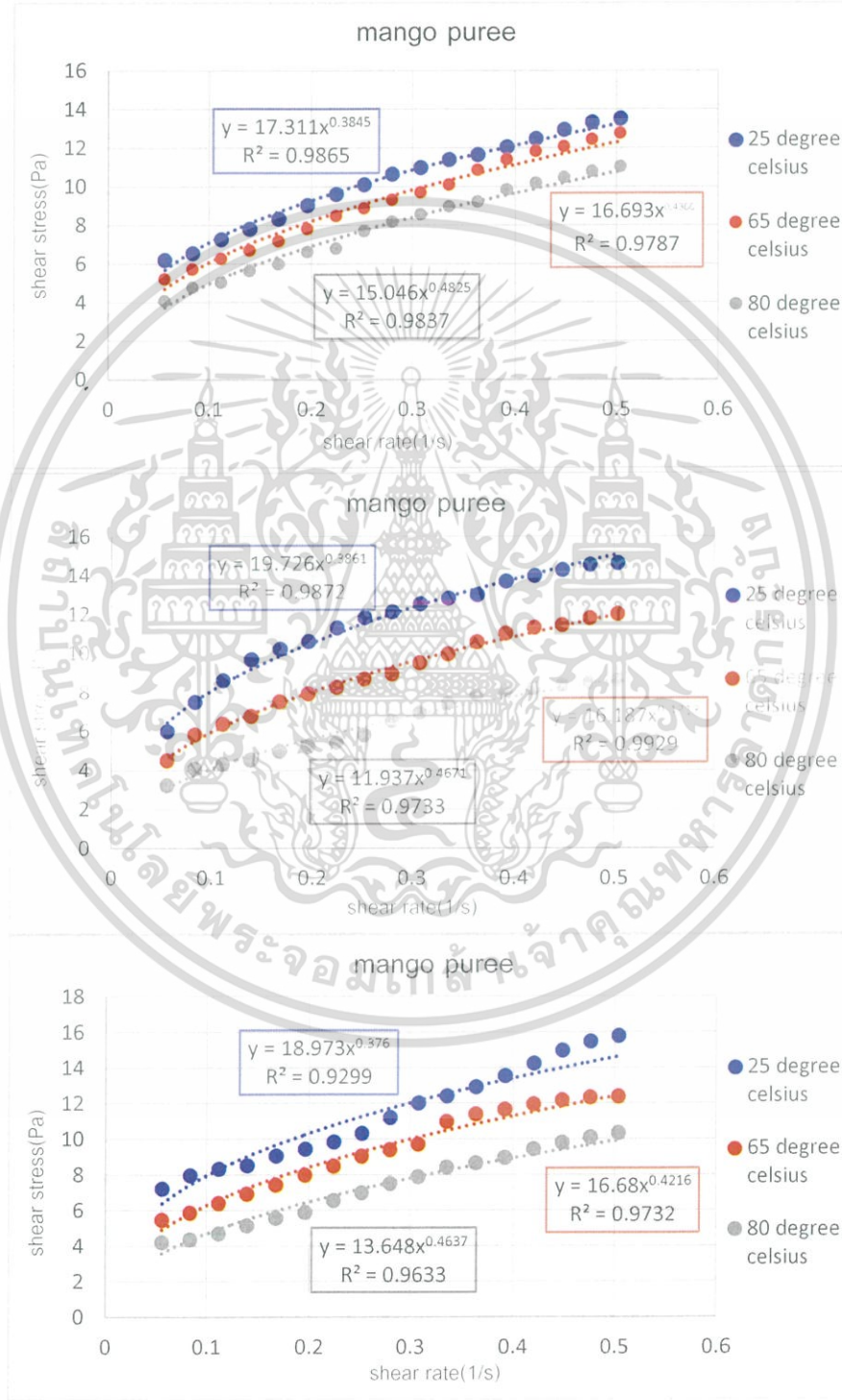
ก.6 เตาให้ความร้อน (Hot Plate)

ภาพที่ ก.6 เครื่องมือให้ความร้อนในการเตรียมเพียวเร่ที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
คุณสมบัติทางรีโอโลยีของเพียวเร่

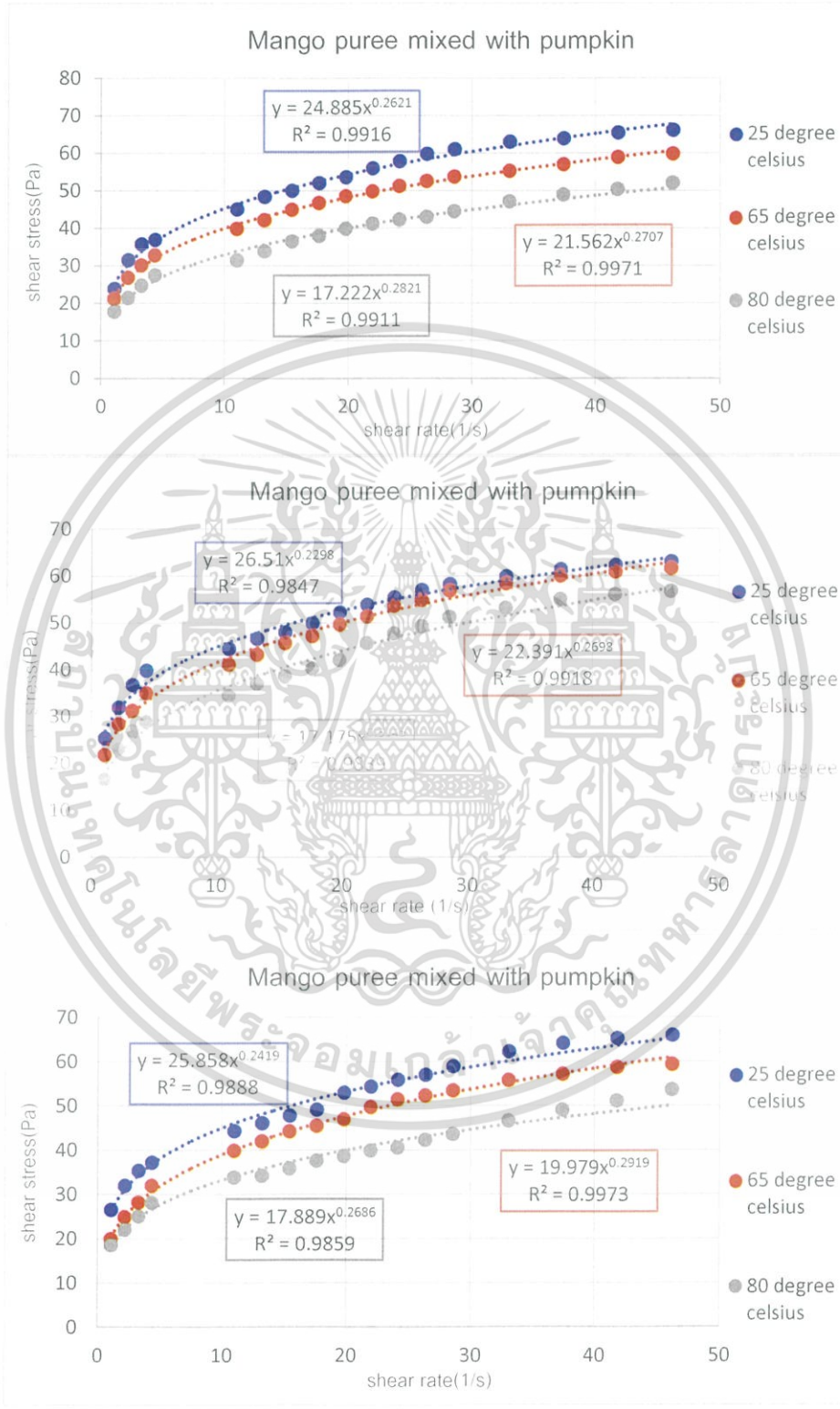
ข.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate ของเพียวเร่มะม่วง



ภาพที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

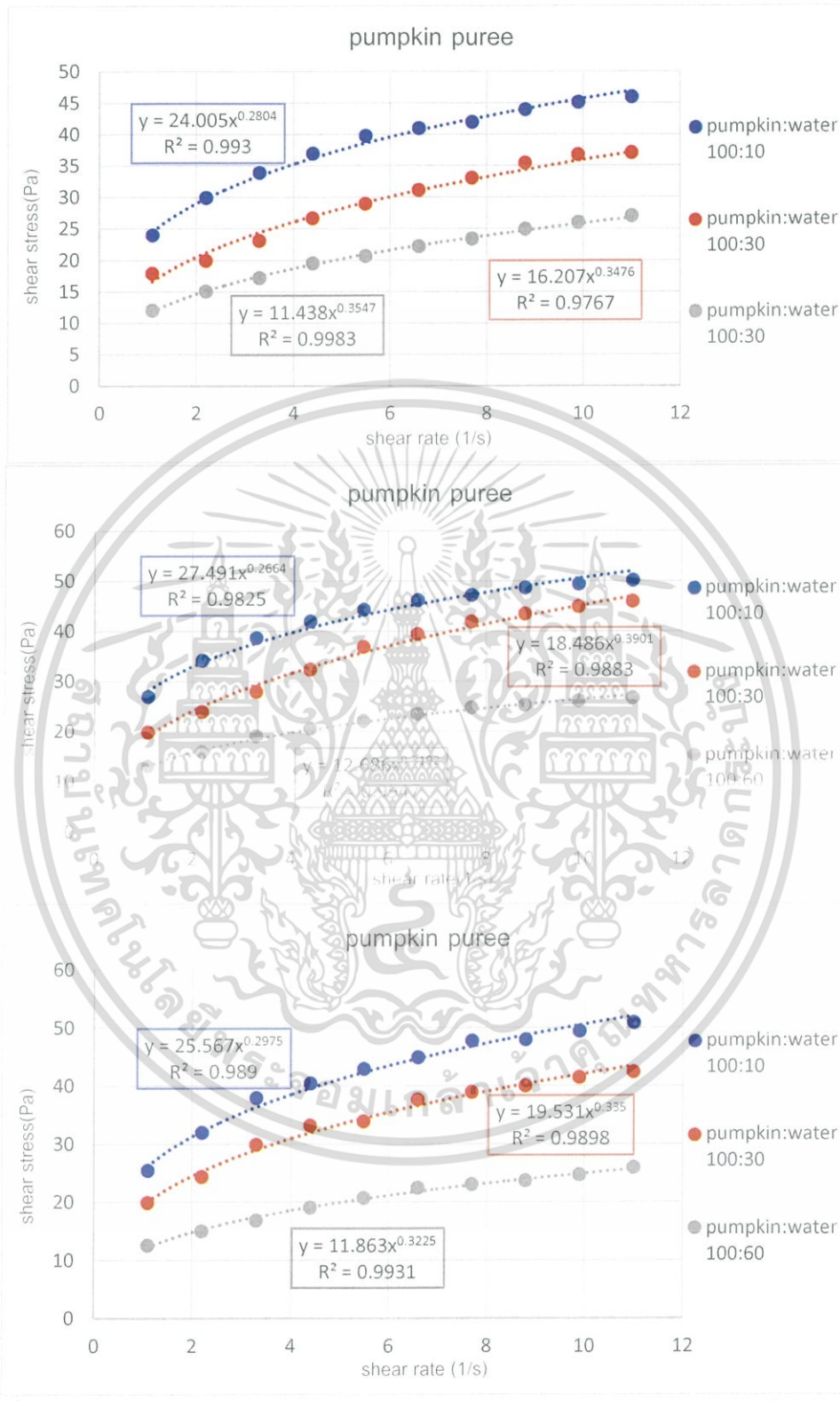
ข.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง



ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่มะม่วงผสมฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress และ shear rate ของเพียวเร่ฟักทอง



ภาพที่ ข.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate และ shear stress ของเพียวเร่ฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	ญาณิศา สุวรรณมาศ
วัน เดือน ปีเกิด	28 มีนาคม 2540
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ พ.ศ. 2558 ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อ-นามสกุล	เนติกานต์ แย้มประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด	1 กันยายน 2539
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จากโรงเรียนโรงเรียนพรหมานุสรณ์จังหวัดเพชรบุรี พ.ศ. 2558 ศึกษาต่อระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชา วิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้