สมบัติการไหลและสมบัติทางเคมีกายภาพของเพียวเร่ฟังทอง

RHEOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PUMPKIN PUREE

ณัฐกฤษฎิ์ พุทธเจริญจิตต์
ภัทรพล ผลจันทร์
ศุภชัย ปลื้มคิด

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

สมบัติการไหลและสมบัติทางเคมีกายภาพของเพียวเร่ฟักทอง

RHEOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PUMPKIN PUREE

ณัฐกฤษฎิ์ พุทธเจริญจิตต์
ภัทรพล ผลจันทร์
ศุภชัย ปลื้มคิด

สืบหมู่.....
เลขทะเบียน 148848
วัน.เดือน.ปี 30 พ.ค. 2560
b 12877824O
f.....

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร
คณะอุตสาหกรรมเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

สมบัติการไหลและสมบัติทางเคมีกายภาพของเพียวเร่ฟักทอง

RHEOLOGICAL AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF PUMPKIN PUREE

จัดทำโดย

ณัฐกฤษฎิ์ พุทธเจริญจิตต์ รหัสนักศึกษา 55080157

ภัทรพล ผลจันทร์ รหัสนักศึกษา 55080179

ศุภชัย ปลื้มคิด รหัสนักศึกษา 55080199

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

ปนัดดา นนทนำ ..... 27 / กรกฎาคม / 2559

(ดร.ปนัดดา นนทนำ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	สมบัติการไหลและสมบัติทางเคมีกายภาพของเพียวเร่ฟักทอง	
ชื่อนักศึกษา	ณัฐกฤษฎ์ พุทธเจริญจิตต์	รหัสนักศึกษา 55080157
	ภัทรพล ผลจันทร์	รหัสนักศึกษา 55080179
	ศุภชัย ปลื้มคิด	รหัสนักศึกษา 55080199
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร	
พ.ศ.	2559	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.ปนัดดา นนทนำ	

บทคัดย่อ

ฟักทองเป็นพืชที่อุดมไปด้วยเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอที่มีส่วนช่วยในการบำรุงสายตา นอกจากนี้เบต้าแคโรทีนยังมีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดแข็งตัวได้ ฟักทองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของผู้บริโภคที่หันมาใส่ใจในสุขภาพ งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการนำฟักทองมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพียวเร่ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เคี้ยวง่าย เหมาะกับผู้บริโภคทุกเพศทุกวัย โดยได้ทำการศึกษาผลของสายพันธุ์ฟักทอง 2 สายพันธุ์ (ทองอำไพ และลายเกษตร) ระยะเวลาการลวกเนื้อฟักทองด้วยสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้น 0.1% ที่ต่างกัน 3 เวลา (0, 3 และ 5 นาที) และอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิตเพียวเร่ที่แตกต่างกัน 2 ระดับ (100 และ121 องศาเซลเซียส) ต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนรวมถึงสมบัติการไหลของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ ผลจากการศึกษาพบว่า เพียวเร่ฟักทองที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตรมีปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สูงกว่าเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพ เพียวเร่ฟักทองที่ได้จากเนื้อฟักทองที่ผ่านการลวกนาน 3 และ 5 นาที มีปริมาณเบต้าแคโรทีนที่สูงกว่าเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากเนื้อฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก โดยเพียวเร่ฟักทองที่ได้ทั้งหมดมีสมบัติการไหลแบบซูโดพลาสติก อย่างไรก็ตามพบว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพจะมีค่าดัชนีความข้นหนืดที่มากกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่าและมีปริมาณความชื้นที่น้อยกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร

คำสำคัญ: ฟักทอง เพียวเร่ เบต้าแคโรทีน สมบัติการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title	Rheological and physico-chemical properties of pumpkin puree	
Student name	Nutthakit Putthajaroenjit	Student ID 55080157
	Pattarapon Ponchan	Student ID 55080179
	Supachai Pluemkid	Student ID 55080199
Program	Bachelor of Science in Food Process Engineering	
Year	2016	
Advisor	Dr. Panadda Nonthanum	

ABSTRACT

The pumpkin is a vegetable that is rich in beta-carotene, the precursor of vitamin A, which helps to maintain healthy eyes. In addition, beta-carotene is an antioxidant that helps to prevent cancers and cardiovascular diseases. Therefore, the consumption of pumpkins is an alternative option for the consumers who focus in their health. This research was aimed to study the production of pumpkin puree which is soft, easy to chew, and suitable for all consumers. The effect of two varieties of pumpkin (Tong Amphai and Lai Kaset), blanching times of pumpkin in salt (NaCl) solution (0.1% w/w) at 0, 3 and 5 minutes and heating temperatures (100 and 121°C) of pumpkin puree on beta-carotene contents and rheological properties of pumpkin puree was investigated. Results from the study found that the pumpkin puree from the Lai Kaset had higher beta-carotene contents than that from the Tong Amphai. The pumpkin puree that prepared by blanching of pumpkins in NaCl solutions (3 or 5 minutes) showed higher in the beta-carotene contents than that without blanching. All pumpkin puree samples exhibited non-Newtonian, pseudoplastic, flow behavior. The pumpkin puree from the Tong Amphai had higher consistency index than that from the Lai Kaset. This might result from the higher amount of carbohydrate and the lower in moisture content of the pumpkin puree from the Lai Kaset.

Keyword: Pumpkin, Puree, beta-Carotene, Rheology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปัญหาพิเศษเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ปนัดดา นนทนำ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะในการวางแผนการทดลองตลอดจนช่วยแก้ปัญหาต่างๆในการทดลอง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.รุจิรา ตาปราบ กรรมการสอบหัวข้อและโครงร่างปัญหาพิเศษที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะ จนทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงมาได้

ขอบพระคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการที่ให้คำปรึกษาและคอยให้ความช่วยเหลือในการทดลอง ตลอดจนให้ความสะดวกในการใช้ห้องทดลอง เครื่องมือและอุปกรณ์ รวมทั้งให้ความรู้และเทคนิคต่างๆ

ขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้กำลังใจในการทำงานและขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยให้กำลังใจและคำปรึกษาจนการจัดทำปัญหาพิเศษนี้เสร็จสมบูรณ์

ณัฐกฤษฎิ์ พุทธเจริญจิตต์
ภัทรพล ผลจันทร์
ศุภชัย ปลื้มคิด
29 กรกฎาคม 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 ฟักทอง	2
2.2 รีโอโลยี	4
2.3 แคโรทีนอยด์	8
2.4 แคโรทีน	8
2.5 การเก็บรักษาแคโรทีนอยด์	12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 วัตถุดิบและสารเคมี	13
3.2 อุปกรณ์	13
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง	16
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	22
4.1 สมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง	22
4.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพียวเร่ฟักทอง	28
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	46
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก	49
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	64
ประวัติผู้เขียน	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าของโภชนาการของฟักทองดิบ แครอทดิบ และมะละกอดิบ ต่อ 100 กรัม	2
2.2	Typical mathematical models of Time-Independent Fluids	5
2.4	คุณสมบัติทางกายภาพของแคโรทีนอยด์	11
4.1	ค่า K ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	21
4.2	ค่า K ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	21
4.3	ค่า n ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	23
4.4	ค่า n ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	23
4.5	ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	24
4.6	ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	25
4.7	ค่าสี L ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	26
4.8	ค่าสี L ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	26
4.9	ค่าสี b ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกันโดย มีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	27
4.10	ค่าสี b ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	28
4.11	ค่าสี a ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	29
4.12	ค่าสี a ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	29
4.13	ค่าเบต้าแคโรทีน ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่ แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส	32
4.14	ค่าเบต้าแคโรทีน ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่ แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส	32
4.15	ค่าAw ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกชิ้นฟักทอง และการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.16	สารอาหารของเพียวเร่ฟักทอง	34
ข.1	ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร	44
ข.2	ปริมาณเถ้าของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร	45
ข.3	ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร	47
ข.4	ปริมาณไขมันของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร	48
ข.5	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร	48
ข.6	การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของเบต้าแคโรทีน	49
ข.7	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ของสารละลายเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress และ Shear rate ของของไหล	6
2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและเวลาของของไหลแต่ละชนิด	7
2.3	โครงสร้างเบต้าแคโรทีน	9
4.1	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress กับ shear rate ของเพียวเร่ฟักทอง ที่วัดได้จากเครื่อง Brookfield	20
4.2	ชาร์จสี (colorimeter chart) ของเพียวเร่ฟักทอง	30
ก.1	ฟักทอง	39
ก.2	ปอกเปลือกฟักทอง	39
ก.3	ฟักทองที่หั่นแล้ว โดยมีขนาดเท่าๆกัน	40
ก.4	ลวกฟักทองในสารละลาย NaCl (0.1%) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส	40
ก.5	นึ่งฟักทองเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง	41
ก.6	เครื่องปั่นฟักทอง	41
ก.7	เนื้อเพียวเร่ฟักทองในบีกเกอร์	42
ก.8	เครื่อง Autoclave	42
ก.9	ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที	43
ก.10	เนื้อเพียวเร่ในถุงซิปล็อก	43
ข.1	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบต้าแคโรทีน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร	51
ค.1	การพลอตกราฟระหว่างค่า Shear rate และ Shear stress เพื่อหาค่า K และ n	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาพิเศษ

ฟักทอง เป็นพืชอุดมไปด้วยวิตามินและแร่ธาตุมากมายที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น วิตามินเอ วิตามินซี วิตามินอี ธาตุฟอสฟอรัส ธาตุแคลเซียม ธาตุโพแทสเซียม ธาตุแมงกานีส ธาตุเหล็ก เป็นต้น เนื้อฟักทองมีเบต้าแคโรทีนในปริมาณที่สูง ซึ่งเบต้าแคโรทีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีฤทธิ์สามารถช่วยป้องกันการเกิดมะเร็งและโรคหัวใจได้ ฟักทองจึงจัดเป็นหนึ่งในอาหารที่เหมาะสำหรับผู้รักสุขภาพ ในปัจจุบันประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ การเตรียมความพร้อมด้านอาหารเพื่อผู้สูงอายุจึงมีความสำคัญ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำฟักทองมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพียวเร่ ซึ่งเป็นอาหารบดที่มีความข้นหนืด เนื้อเนียน สามารถรับประทานได้ง่าย จากงานวิจัยที่ศึกษามาพบว่าพันธุ์ฟักทอง ระยะเวลาในการลวกเนื้อฟักทองก่อนนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์เพียวเร่ รวมถึงระดับการให้ความร้อนต่อฟักทองบดหรือเพียวเร่นั้น จะส่งผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีน รวมถึงลักษณะความข้นหนืดซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ที่ได้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของปัจจัยดังกล่าวต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ฟักทอง โดยผลที่ได้จากการศึกษาคาดว่าจะนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์เพียวเร่ฟักทองหรือเพียวเร่ที่ได้จากผักและผลไม้อื่นๆ ที่มีคุณภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาผลของพันธุ์ฟักทอง ระยะเวลาในการลวกเนื้อฟักทอง และระดับความร้อนที่ใช้ในการผลิตเพียวเร่ ต่อสมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง

1.2.2 ศึกษาผลของพันธุ์ฟักทอง ระยะเวลาในการลวกเนื้อฟักทอง และระดับความร้อนที่ใช้ในการผลิตเพียวเร่ ต่อสมบัติทางเคมีและกายภาพของเพียวเร่ฟักทอง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เป็นแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์เพียวเร่ที่มีคุณภาพจากฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ฟักทอง

ฟักทอง (Pumpkin) เป็นพืชในตระกูลแตง (Cucurbitaceae) ซึ่งเป็นตระกูลเดียวกับแตงกวา แตงร้าน ฟักแฟง มะระ บวบ แตงโม แคนตาลูป ฯลฯ เป็นไม้เถาเลื้อยไปตามพื้นดิน เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วย เบต้าแคโรทีน (beta -carotene) ซึ่งเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์ (Carotenoid) มีรงควัตถุสีเหลืองถึงแดงที่พบมากในพืชที่มีสีเหลือง เช่น ฟักทอง แครอท มะเขือเทศ ฯลฯ เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ทำให้ตามองเห็นในที่มืดสลัวได้ดี ปกป้องผิวหนังจากแสงอุลตร้าไวโอเลต ฟักทองมีกากใยสูง มีสารต่อต้านการผสมกับออกซิเจนกับเกลือแร่ และมีกรดโปรไฟโอนิค ซึ่งกรดนี้ทำให้เซลล์มะเร็งให้อ่อนแอลง ช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง

ในฟักทองดิบนั้นจะมีสารอาหารต่างๆ เช่นเดียวกับแครอทดิบ และมะละกอดิบ ประกอบด้วยน้ำ โปรตีน ไขมันคาร์โบไฮเดรต ไฟเบอร์และน้ำตาล นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยแร่ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน A, B1, B2, B3, B6, B9, C, E และ K อีกด้วย โดยเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณค่าของโภชนาการของฟักทองดิบ แครอทดิบ และมะละกอดิบ ต่อ 100 กรัม

คุณค่าโภชนาการของอาหาร	ตัวอย่าง		
	ฟักทอง	แครอท	มะละกอ
น้ำ (กรัม)	91.60	88.29	88.06
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	26	41	43
-คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	6.50	9.58	10.82
-น้ำตาล (กรัม)	2.76	4.74	7.82
-ใยอาหาร (กรัม)	0.5	2.8	1.7
ไขมัน (กรัม)	0.1	0.24	0.26
-กรดไขมันอิ่มตัว (กรัม)	0.052	0.037	0.081
-ไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว	0.013	0.014	0.072
-ไขมันอิ่มตัวเชิงซ้อน	0.005	0.117	0.058
โปรตีน (กรัม)	1.0	0.93	0.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณค่าโภชนาการของอาหาร	ตัวอย่าง		
	ฟักทอง	แครอท	มะละกอ
วิตามิน			
-เบต้าแคโรทีน	3,100	8,285	274
-ลูทีน และ ซีแซนทีน	1,500	256	89
-วิตามินเอ (ไมโครกรัม)	426	835	47
-วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.050	0.066	0.023
-วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.110	0.058	0.027
-วิตามินบี 3 (มิลลิกรัม)	0.600	0.983	0.357
-วิตามินบี 6 (มิลลิกรัม)	0.061	0.138	0.038
-วิตามินบี 9 (ไมโครกรัม)	16	19	37
-วิตามินบี 12 (ไมโครกรัม)	0	0	0
-วิตามินซี (มิลลิกรัม)	9.0	5.9	60.9
-วิตามินอี (มิลลิกรัม)	1.06	0.66	0.30
-วิตามินเค (ไมโครกรัม)	1.1	13.2	2.6
แร่ธาตุ			
-แคลเซียม (มิลลิกรัม)	21	33	20
-เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.80	0.30	0.25
-แมกนีเซียม (มิลลิกรัม)	12	12	21
-ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	44	35	10
-โพแทสเซียม (มิลลิกรัม)	340	320	182
-โซเดียม (มิลลิกรัม)	1.0	69	8
-สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.32	0.24	0.08

ที่มา: USDA Nutrient Database

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 รีโอโลยี (Rheology)

รีโอโลยี คือศาสตร์ที่ศึกษาถึงพฤติกรรมเชิงกลของวัสดุในการตอบสนองต่อแรงที่มากระทำ โดยการตอบสนองที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในลักษณะการเสียรูปทรงและการไหล รีโอโลยีเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกลศาสตร์และพลศาสตร์โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์และพื้นฐานทางฟิสิกส์และฟิสิกัลเคมี เพื่อใช้ในการอธิบายการตอบสนองต่อแรงกระทำของวัสดุ ไม่เพียงเท่านั้นรีโอโลยียังเชื่อมโยงไปถึงความรู้สึกสัมผัสของคนเราด้วย ตัวอย่างง่ายๆ ของรีโอโลยีที่เราพบและสัมผัสได้ เช่น บนโต๊ะอาหาร ถ้าจะให้ซอสมะเขือเทศไหลลงบนไส้กรอก เราต้องตบก้นขวด ซึ่งซอสมะเขือเทศเป็นของผสมที่มีความเค้นที่จุดคราก ซอสจะไหลได้ก็ต่อเมื่อเราให้แรงมากพอที่จะทำให้ความเค้นที่กระทำต่อซอสในขวดมีค่าสูงกว่าความเค้นที่จุดคราก ดังนั้นรีโอโลยี คือศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับประสาทด้านการสัมผัส เราสามารถ เชื่อมโยงความรู้สึกสัมผัส เช่น ความเหนียว ยืดหยุ่น เหนอะหนะ เนียนฯลฯ เข้ากับสมบัติต่างๆ ทางรีโอโลยีได้ ปัจจุบันรีโอโลยีจึงมีบทบาทสำคัญไม่ใช่แค่วัสดุศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์เท่านั้น รีโอโลยียังเป็นการศึกษาที่สำคัญในทางเภสัชกรรมและเครื่องสำอางในทางการแพทย์รวมถึงด้านอาหาร (MTEC, 2545) นอกจากนี้ นิมิตร (2543) และ Steffe (1996) กล่าวว่า รีโอโลยีคือศาสตร์ที่ศึกษาการเปลี่ยนรูปทรง (deformation) ต่อการไหล (flow) ของวัตถุเพื่อ ตอบสนองแรงกล (mechanical force) ที่มากระทำในเทอมของความเป็นอิลาสติก (elastic) และ ความหนืด (viscosity) การทดสอบด้วยรีโอโลยีจะช่วยให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ของความหนืด (viscosity) และความเป็นอิลาสติก (elastic) ของอาหารที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ กระบวนการผลิตและตัวแปรต่างๆในการเก็บรักษาอาหาร ดังนั้นการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของของเหลว (liquid food) เช่น ซอสต่างๆ น้ำผลไม้ สารอีมัลชันและสารแขวนลอยจึงต้องเริ่มที่ การศึกษาคุณสมบัติของของไหลในการต้านทานต่อแรงเฉือน (shear flow of liquid food)

2.2.1 พฤติกรรมของของไหลกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models)

อาหารเหลวส่วนใหญ่จะมีลักษณะการไหลแบบ non-Newtonian ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องอย่างมากกับการควบคุมคุณภาพอาหารและการออกแบบเครื่องมือแปรรูปอาหาร โดยของไหลแบบนอนนิวโตเนียนเป็นของไหลที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง σ กับ du/dy ที่ไม่เป็นไปตามสมการความหนืดของนิวตัน

ของไหลนอนนิวโตเนียนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 ของไหลประเภทไม่ขึ้นกับเวลา (Time-Independent Fluid)

ของไหลประเภทไม่ขึ้นกับเวลามีลักษณะเป็นของไหลซึ่งภายใต้ความสัมพันธ์กับแรงเฉือนนั้นจะไม่มีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องของไหลประเภทนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.ของไหลไดเลแทนต์ (Dilatant) เป็นของไหลซึ่งให้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนกับความหนืดในลักษณะจะมีการเพิ่มค่าความหนืดเมื่อแรงเฉือยเพิ่มขึ้น ของไหลประเภทนี้ ได้แก่ น้ำดินข้นและทรายเปียกผงละลายน้ำมีความเข้มข้นสูง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ของไหลพลาสติกเทียม (Psuedoplastic) ของไหลประเภทนี้มีพฤติกรรมในลักษณะค่าความหนืดลดลงเมื่อค่าความเค้นเฉือนเพิ่มขึ้น ของไหลประเภทนี้ได้แก่ ขี้ผึ้ง จาระบี มายองเนสและน้ำผลไม้เข้มข้น เป็นต้น

3. ของไหลพลาสติกบิงแฮม (Bingham Plastic Fluids) ของไหลประเภทนี้จะมีพฤติกรรมเหมือนของแข็งในระยะเริ่มต้นเมื่อถูกความเค้นเฉือนกระทำจนกระทั่งถึงจุดคราก (Yield) จะเปลี่ยนเป็นคุณสมบัติเหมือนของไหลนิวโตเนียน ของไหลประเภทนี้ได้แก่ซอล์กโกแลต ขี้ผึ้ง สบู่และยาสีฟัน หรือพวกสารประกอบ (สี) slurries และ plastic เป็นต้น

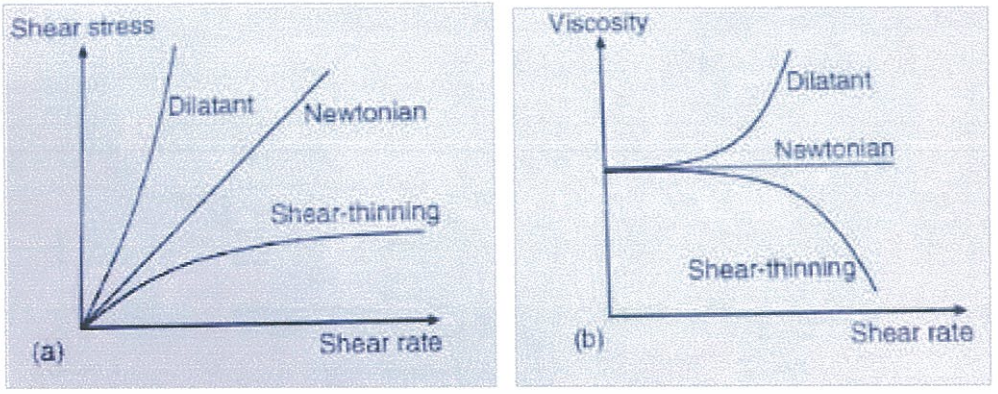
ตารางที่ 2.2 Typical mathematical models of Time-Independent Fluids

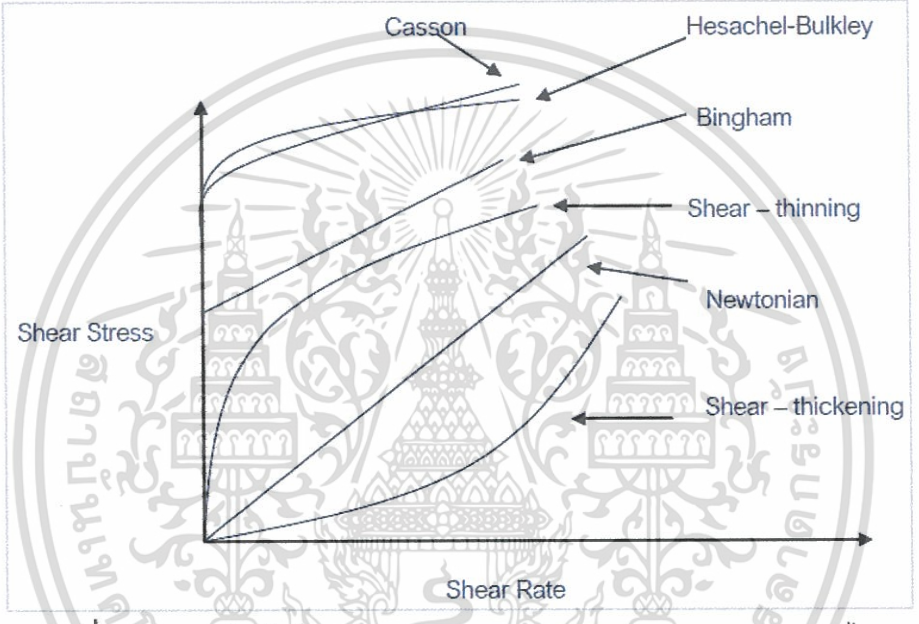
Fluid Type	K	n	σ_o	Examples
Newtonian	> 0	1	0	Water, fruit juices, milk, honey, vegetable oil
Hesachel-Bulkley	> 0	$0 < n < \infty$	> 0	Minced fish paste, raisin paste
Shear – thinning (pseudoplastic)	> 0	$0 < n < 1$	0	Applesauce, banana puree, orange juice concentrate
Shear – thickening (dilatent)	>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

ที่มา : Steffe (1996)

ค่า K เป็นดัชนีความข้นหนืด โดยค่า K มากแสดงว่าของไหลมีความหนืดมาก ค่า n เป็นค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล โดยเมื่อ n = 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) และเมื่อ n มากกว่า 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบไดลาแทนท์(Dilatant) โดยค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และถ้า n น้อยกว่า 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic) โดยของไหลแบบซูโดพลาสติกจะมีพฤติกรรมการไหลขึ้นกับอัตราแรงเฉือน และค่าความหนืดจะมีค่าลดลงเมื่อค่าอัตราแรงเฉือนมีค่าลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง Shear stress และ Shear rate ของของไหล

ที่มา: Steffe (1996)

(a) กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ shear stress ของของเหลวที่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Newtonian และแบบ Non-newtonian (Shear thinning และ Dilatant)

(b) กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear rate กับ viscosity ของของเหลวที่แสดงพฤติกรรมการไหลแบบ Newtonian และแบบ Non-newtonian (Shear thinning และ Dilatant)

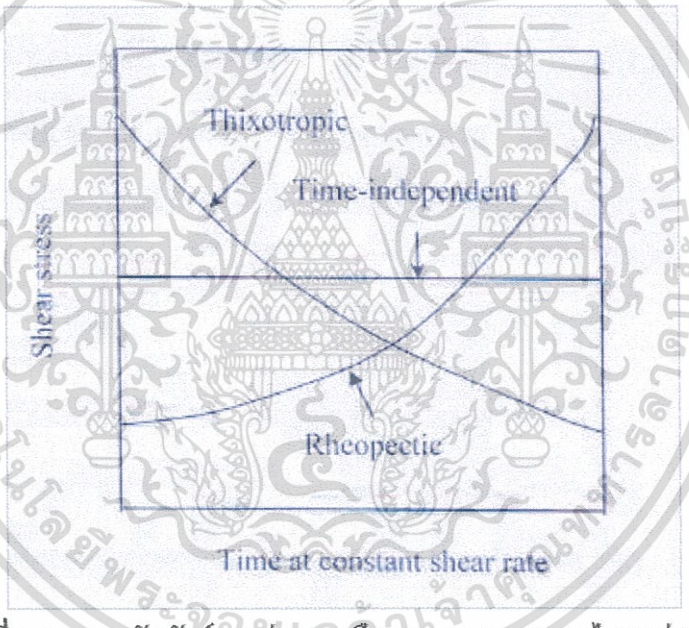
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 ของไหลประเภทขึ้นกับเวลา (Time-dependent Fluid)

ลักษณะที่เด่นของของไหลที่ขึ้นอยู่กับเวลาก็คือเป็นของไหลที่ค่าหน่วยแรงเฉือนจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาเปลี่ยนไปของไหลประเภทนี้แบ่งเป็น 2 ชนิดคือ

1. ของไหล Rheopectic ของไหลประเภทนี้จะมีค่าของหน่วยแรงเฉือนเพิ่มขึ้นตามเวลา (ค่า Shear stress เพิ่มขึ้นเมื่อเวลามากขึ้น) ทำให้ของไหลประเภทนี้มีอัตราความเครียด (Strain rate) คงที่ของไหลประเภทนี้ได้แก่สารละลายยิปซั่มเป็นต้น

2. ของไหล Thixotropic ของไหลชนิดนี้มีค่าหน่วยแรงเฉือนตรงกันข้ามกับประเภทของไหล rheopectic กล่าวคือค่าหน่วยแรงเฉือนจะลดลงตามระยะเวลาเพื่อรักษาให้ค่า du/dy มีค่าคงที่ของไหลชนิดนี้มีการแตกตัวในระดับโมเลกุลและสร้างโมเลกุลขึ้นใหม่ในเวลาเดียวกัน Thixotropic Fluid จะแสดงพฤติกรรมของ Newtonian เมื่อเริ่มเคลื่อนที่และจะแสดงพฤติกรรมแบบ Non-Newtonianตามมาซึ่งมีส่วนคล้ายกับพฤติกรรม Bingham Plastic ของไหลประเภทนี้ได้แก่สีแห้งเร็วอาหารเหลวบางชนิดเป็นต้น



ภาพที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและเวลาของของไหลแต่ละชนิด
ที่มา: Steffe (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.3 ของไหลประเภทยืดหยุ่นตัว (Viscoelastic Fluids)

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

2.3 แคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์ (carotenoids) เป็นสารสีที่พบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด เป็นสารที่มีความสำคัญหลายประการ อาทิ เป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอ ต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) ช่วยในพัฒนาการของตัวอ่อน และระบบการสืบพันธุ์ ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน รวมถึงเป็นสารที่ทำให้เกิดสีในสิ่งมีชีวิต แคโรทีนอยด์จะพบมากในผัก และผลไม้ ซึ่งไม่แสดงสีให้เห็น เนื่องจากถูกสีเขียวของคลอโรฟิลล์บดบังไว้ แต่เมื่อผัก และผลไม้แก่ตัว คลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป แล้วสารสีแคโรทีนอยด์จึงจะปรากฏสีให้เห็น เช่น สีเหลือง สีส้ม สีแดง เป็นต้น

แคโรทีนอยด์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัว (Unsaturated hydrocarbon) มีคาร์บอน 40 อะตอม ประกอบด้วย 8 ไอโซพรีน ที่เชื่อมติดกันด้วยพันธะโควาเลนต์ที่เป็นพันธะคู่สายยาว มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงอัลต้าไวโอเลต และแสงสีขาวได้ดี ทำให้สารแคโรทีนอยด์มีคุณสมบัติเป็นสารสีในสิ่งมีชีวิต นอกจากนั้น ยังมีคุณสมบัติในการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ โดยสีของแคโรทีนอยด์จะเปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุล หากมีจำนวนพันธะคู่มากจะให้สีแดงเข้ม หากมีจำนวนพันธะคู่น้อยจะให้สีจาง จำนวนพันธะคู่ของแคโรทีนอยด์ที่มีน้อยที่สุดจะมีจำนวน 7 คู่ ให้สีออกเหลือง และพันธะคู่อาจอยู่ในรูปของ cis ที่ให้สีอ่อน และหากมีพันธะคู่ในรูปของ cis จะยิ่งให้สีจางลง ส่วนพันธะคู่ในรูป trans จะให้สีเข้ม และเข้มขึ้นเมื่ออยู่ในรูปของ trans มาก ทั้งนี้ แคโรทีนอยด์ส่วนมากมักพบอยู่ในรูปของ trans ที่โมเลกุลมักรวมกันเป็นกลุ่มทำให้มีคุณสมบัติในการละลาย และดูดซึมได้น้อยกว่าในรูปของ cis

2.4 แคโรทีน

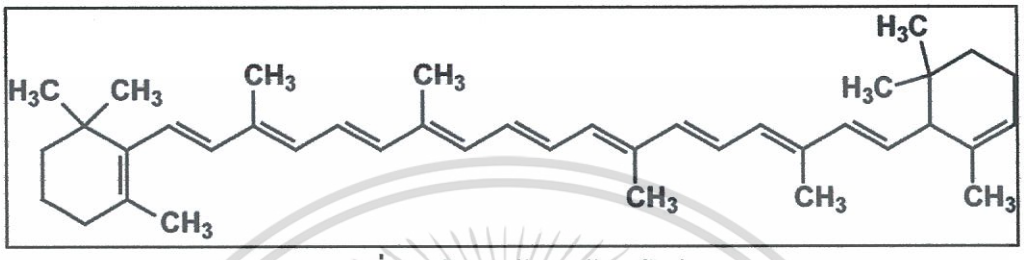
แคโรทีน เป็นสารสารอนุพันธุ์ของแคโรทีนอยด์ แคโรทีนมีโครงสร้างเป็นไฮโดรคาร์บอนในกลุ่ม Hydrocarbon carotenes ประกอบไปด้วยอะตอมคาร์บอน และไฮโดรเจนที่เรียงตัวกันเป็นสายยาว [CH2=C-(CH3)-CH=CH2] เชื่อมต่อกันพันธะเดี่ยว (single bonds) สลับกับพันธะคู่ (double bonds) ที่ปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองปลายจะมีอะตอมคาร์บอนเป็นวง เรียกว่า ไอโอโนนริง (ionone ring) จำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 40 อะตอม มีสูตรโมเลกุลเป็น C40H56 (ภาพที่ 2.3) ทำให้โมเลกุลไม่มีขั้ว ละลายได้ดีในไขมัน สารสีที่ให้จะเป็นสีส้มแดง สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ β-carotene, ε-carotene และ Lycopene โดยแคโรทีนส่วนใหญ่จะให้สารสีส้ม แคโรทีนในกลุ่มนี้ ที่สำคัญ และเป็นที่รู้จักกัน คือ เบต้าแคโรทีน (beta carotene) เนื่องจากสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอได้ ทั้งนี้ แคโรทีนแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. Acyclic เป็นแคโรทีนที่ไม่มีวงแหวนในโมเลกุล ได้แก่ ไลโคพีน (Lycopene)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Monocyclic เป็นแคโรทีนที่มีวงแหวนในโมเลกุลที่ปลายด้านใดด้านหนึ่ง ได้แก่ แกมม่าแคโรทีน (γ-carotene) ทำให้โครงสร้างโมเลกุลครึ่งหนึ่งเหมือนกับไลโคพีน ส่วนอีกครึ่งหนึ่งเหมือนกับเบต้าแคโรทีน

3 Bicyclic เป็นแคโรทีนที่มีวงแหวนในโมเลกุลที่ปลายทั้งสองด้าน ได้แก่ แอลฟาแคโรทีน (α-carotene) และเบต้าแคโรทีน (β-carotene) โดยทั้งสองชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลแตกต่างกันที่ตำแหน่งพันธะคู่ในวงแหวนตำแหน่งที่ 2



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างเบต้าแคโรทีน

ที่มา: สยามเคมี.คอม (2559)

เบต้าแคโรทีน (Beta-carotene) ถือเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์วิตามินเอมี ที่มีบทบาทสำคัญในการบำรุงร่างกาย ช่วยเสริมระบบภูมิคุ้มกัน เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง ป้องกันโรคหัวใจ เป็นต้น โดยที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนเบต้าแคโรทีนเป็นวิตามินเอได้ตามปริมาณที่ร่างกายต้องการ

เบต้าแคโรทีนพบมากในผัก และผลไม้ที่มีสีส้ม เหลือง หรือแดง เช่น ฟักทอง แครอท ข้าวโพดอ่อน แตงโม หน่อไม้ฝรั่ง แคนตาลูป และมะละกอสุก เป็นต้น รวมถึงผักที่มีสีเขียวทุกชนิด เช่น บร็อคโคลี ผักคะน้า ตำลึง ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง และมะระ เป็นต้น

อยู่ที่ประมาณ 5,000 หน่วยสากล (IU) หรือเทียบเท่ากับเบต้าแคโรทีนที่ 3 มิลลิกรัม/วัน ส่วนปริมาณเบต้าแคโรทีนที่รับประทานเพื่อรักษาสุขภาพให้แข็งแรงจะอยู่ที่ประมาณ 15 มิลลิกรัม/วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ประโยชน์เบต้าแคโรทีน

1. ป้องกันโรคต้อกระจก ป้องกันเยื่อบุตาอักเสบ ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์ลูกตา และช่วยบำรุงสายตา ทำให้มองเห็นในที่มืดได้ดี โดยการสร้างสาร Rhodopsin ในดวงตาในส่วนเรตินา่ (Retina) เพื่อให้สามารถมองเห็นในตอนกลางคืนได้ดี ช่วยลดความเสื่อมของเซลล์ตา และลดความเสี่ยงในการเป็นโรคต้อกระจก

2. ช่วยป้องกันผิวจากแสงรังสีอัลตราไวโอเลตที่มากับแสงแดด ทำให้ผิวไม่แลดูคล้ำ ไม่เกิดฝ้าฝ้ากระ ไม่มีริ้วรอย

3. เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ช่วยบำรุงผิวพรรณให้มีสุขภาพดี ไม่มีริ้วรอย แลดูอ่อนกว่าวัย

4. ช่วยรักษาบำรุง และรักษาเซลล์เยื่อบุตาขาว กระจกตา ช่องปาก ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ รวมถึงระบบทางเดินปัสสาวะให้เป็นปกติ

5. ช่วยเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย และช่วยป้องกันโรคภูมิแพ้

6. ป้องกัน และต้านโรคมะเร็ง

7. ป้องกันโรคในระบบหลอดเลือด และหัวใจ ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเส้นเลือด

ในประเทศอินเดียมีการใช้ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีนจากผักหลายชนิด เพื่อลดการเกิดโรคมะเร็ง และโรคหัวใจ เช่น ผักโขม ผักชี และสะระแหน่ เป็นต้น

2.4.2 โทษเบต้าแคโรทีน

สารเบต้าแคโรทีนเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) หากร่างกายได้รับเกินความต้องการจะกลายเป็นสาร Pro-Oxidant ที่ช่วยส่งเสริมการเกิดสารอนุมูลอิสระ ทำให้เพิ่มความเสี่ยงต่อโรคมะเร็ง และโรคในระบบหลอดเลือด และหัวใจ โดยเฉพาะการรับประทานเบต้าแคโรทีนจากผลิตภัณฑ์อาหารเสริมที่มีความเข้มข้นสูงหรือรับประทานในปริมาณที่มากเกินขนาด ประกอบกับปกติร่างกายจะรับเบต้าแคโรทีนได้จากอาหารที่รับประทานในแต่ละวัน เช่น ผักสีเขียว และผลไม้ชนิดต่างๆ จึงอาจเสี่ยงต่อการได้รับสารเบต้าแคโรทีนเกินความต้องการของร่างกายได้ ดังนั้น การรับประทานอาหารเสริมเบต้าแคโรทีนจึงต้องรับประทานในปริมาณที่พอเหมาะกับความต้องการของร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของแคโรทีนอยด์

แคโรทีนอยด์	Molar Mass	สูตรโครงสร้าง	การละลาย	จุดหลอมเหลว (°C)	ลักษณะผลึก
Provitamin A Carotenoids					
β-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Soluble in CS2, benzene,chloroform Freely soluble in CS2, chloroform	183	Red rhombic square leaflets
α-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	soluble in ether, benzene Somewhat less soluble than β-carotene	187.5	Deep purple prisms
γ-carotene	536.88	$C_{40}H_{56}$	Soluble in chloroform, benzene; insoluble in methanol, ethanol	152-153.5 (synthetic) 177.5 (natural)	Red plates (synthetic) Deep-red prisms (natural)
Lycopene	536.88	$C_{40}H_{56}$		172-173	Deep red needles

ที่มา: Ronald และ Eitenmiller (1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การเก็บรักษาแคโรทีนอยด์

การเก็บรักษาแคโรทีนอยด์ควรเก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ในที่มืดหรือบริเวณที่ไม่ได้รับแสงแดด ซึ่งจะสามารถเก็บรักษาไว้ได้ 12 - 36 เดือน ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของน้ำมันพืช

มีการศึกษาผลของการเติมสารต้านอนุมูลอิสระต่ออายุการเก็บรักษา และความคงตัวต่อความร้อนของสีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ที่สกัดจากน้ำมันปาล์มดิบ โดยศึกษาในสีผสมอาหารชนิดที่อยู่ในรูปน้ำมัน และชนิดที่อยู่ในรูปอิมัลชัน โดยเปรียบเทียบผลของการเติมสารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์สามชนิด ได้แก่ BHA, BHT และTBHQ กับผลิตภัณฑ์ที่ไม่เติมสารต้านอนุมูลอิสระ การเปลี่ยนแปลงปริมาณบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารวิเคราะห์โดยใช้วิธีสเปกโตรโฟโตเมทรี

สีผสมอาหารจากแคโรทีนอยด์ในรูปน้ำมันและรูปอิมัลชัน ที่เก็บรักษาในขวดสีชา พ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้า ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 30±5 และ 5±2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีความคงตัวสูงตลอดช่วงเก็บรักษา โดยปริมาณบีตาแคโรทีนในทุกสิ่งทดลองมีปริมาณลดลงน้อยกว่าร้อยละ 10 เมื่อเก็บนาน 180 วัน ($p>0.05$) ค่ากรดและค่าเพอร์ออกไซด์ของสีผสมอาหารในรูปน้ำมันมีค่าไม่แตกต่างจากค่าเริ่มต้น ($p>0.05$) และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ของสีผสมอาหารในรูปอิมัลชันมีแนวโน้มลดลงจากปริมาณเริ่มต้น

การสลายตัวของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารที่อยู่ในรูปน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 140.0-160.0 องศาเซลเซียส เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (E_a)และค่า z เท่ากับ 67.40-105.94 กิโลจูลต่อโมล และ 32-51 องศาเซลเซียส โดยสีผสมอาหารที่มีความคงตัวจากมากไปหาน้อย คือ สีผสมอาหารที่เติม BHT, TBHQ, BHA และชุดควบคุม ซึ่งจะให้ค่า z เท่ากับ 32.36, 36.63, 39.22 และ 51.02 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

การสลายตัวของบีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารที่อยู่ในรูปอิมัลชัน ที่อุณหภูมิ 90.0-100.0 องศาเซลเซียส เป็นปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง มีค่า E_a และค่า z เท่ากับ 101.07-125.48 กิโลจูลต่อโมล และ 21-26 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยสีผสมอาหารที่มีความคงตัวจากมากไปหาน้อย คือ สีผสมอาหารที่เติม BHT, TBHQ, BHAและชุดควบคุม ซึ่งจะให้ค่า z เท่ากับ 20.66, 22.27, 22.32 และ 25.64 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ดังนั้น การเติม BHT จะช่วยให้บีตาแคโรทีนในสีผสมอาหารทั้งสองชนิดมีความคงตัวดีที่สุด และการพ่นแก๊สไนโตรเจนที่ผิวหน้าจะช่วยให้สีผสมอาหารมีความคงตัวต่อความร้อนมากขึ้น (กฤติกา, 2551)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

3.1.1 วัตถุดิบ

ฟักทอง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทองอำไพ พันธุ์ลายเกษตร

3.1.2 สารเคมี

Acetone, RLC Labscan Limited, Thailand
NaCl, RLC Labscan Limited, Thailand
Petroleum ether, RLC Labscan Limited, Thailand
Sodium hydroxide (NaOH)
Hydro Chloric Acid 37%, RLC Labscan Limited, Thailand
Sulfuric acid (H_2SO_4, RLC Labscan Limited, Thailand
Boric acids (H_3BO_3), Carlo ERBA Reagent SpA, Rodona
Copper (II) sulphate ($CuSO_4$)
Potassiumsulfate sulphate(K_2SO_4)
Methyl red
Methylene blue

3.2 อุปกรณ์

เครื่องปั่นอาหาร Kenwood
หม้อสแตนเลส
ลังถึง
เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (Centrifuge): Universal 320, Hettich, เยอรมัน
เครื่องผสมสาร (Vortex mixture): SI-0236, Scientific Industries, สหรัฐอเมริกา
เครื่องเขย่า (Mechanical shaker), Gerhart, เยอรมัน
เครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง: SI-234, Denver Instrument, เยอรมัน
เครื่องชั่งน้ำหนัก 2 ตำแหน่ง: ARC120, Ohaus, สหรัฐอเมริกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตู้เย็น: WRN-S423, Whirlpool, เกาหลี

เครื่อง Viscometer: Brookfield LVDV III, Brookfield AMETEK, สหรัฐอเมริกา

เครื่อง Colorimeter: minolta CR-300, Konica Minolta, ญี่ปุ่น

เครื่องวัดค่า Total soluble solid (Refractometer): N1,N2, ATAGO, สหรัฐอเมริกา

เครื่อง Aw: Decagon Devices, Inc. Pullman, Washington สหรัฐอเมริกา

เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer: UV 1601, Shimadzu, ญี่ปุ่น

เครื่องสกัดโปรตีน (Kjeldahl apparatus)

เครื่องสกัดไขมัน (Soxhlet apparatus)

เครื่องกรองสุญญากาศ, SIBATA Scientific Technology, ญี่ปุ่น

boiling chip

เตาเผา (Muffle furnance)

ขวดสีชา

คิวเวตต์ (Cuvette)

หลอดปิเปต 10 ml

ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)

ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminum can)

โถดูดความชื้น (Desiccator)

Magnetic stirrer

Hot plate stirrer

กระบอกน้ำกลั่น

ตู้อบลมร้อนแบบสุญญากาศ (Vacuum oven)

ตู้อบลมร้อน (Hot air)

Burette

Burette clamp

Stand ขาตั้ง

Dropper หลอดหยดสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 การเตรียมวัตถุดิบ

3.3.1.2 ปอกเปลือกฟักทอง

1. หั่นฟักทองให้มีขนาดเท่าๆกัน และแบ่งเพื่อนำไปลวกใน NaCl 0.1 % เป็นระยะเวลาที่ 0 , 3 และ 5 นาที ตามลำดับ

2. นำฟักทองไปนึ่งเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

3. หลังจากนึ่งเสร็จ นำฟักทองไปปั่น โดยใช้เครื่องผสมอาหาร

4. หลังจากปั่นจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำตัวอย่างอาหารใส่ในบิ๊กเกอร์ โดยแยกให้เป็น 2 พวก พร้อมห่อหุ้มด้วยฟอยด์ให้เรียบร้อย

5. นำ แบบที่ 1 ไปให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และแบบที่ 2 นำไปเข้าหม้อฆ่าเชื้อและให้ความร้อนที่ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

6. หลังจากพักให้เย็น นำไปเก็บที่ตู้แช่เย็นอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส

3.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของฟักทองเพียวเร่

3.3.2.1 นำตัวอย่างฟักทองไปวิเคราะห์ Rheology ด้วยเครื่อง Brookfield LVDV III

นำเพียวเร่ฟักทอง นำไปวัดคุณสมบัติทางรีโอโลยี โดยเครื่อง viscometer (Brookfield DV-III) ใช้ปริมาณตัวอย่างประมาณ 20 กรัม/ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้หัววัด เบอร์ 25

3.3.2.2 นำตัวอย่างฟักทองไปวัดค่า Aw ด้วยเครื่องวัด Aw (Decagon Devices, Inc. Pullman, Washington)

1. นำตัวอย่างเพียวเร่ใส่ตลับวัดค่า Aw

2. ใส่ตัวอย่างให้ได้ครึ่งนึงของตลับ จากนั้นนำมาวัดค่า Aw ด้วยเครื่อง Decagon Devices ซึ่งใช้ปริมาณของเพียวเร่ประมาณ 10 กรัม/ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3.3.2.3 นำตัวอย่างฟักทองไปวัดค่าความหวาน ด้วยเครื่อง Refractometer

นำตัวอย่างเพียวเร่ในส่วนที่เป็นน้ำมาวัดค่า Brix โดยเครื่อง Total soluble solid (Refractometer)

3.3.2.4 นำตัวอย่างฟักทองไปวัดสี ด้วยเครื่อง CR 300

1. ทำการสอบเทียบเครื่องวัดสีก่อนทำการวัด (calibrate)

2. นำพลาสติกใสวางบนตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง จากนั้นนำมาวัดค่าสีด้วยเครื่อง colorimeter (minolta CR-300)

3. ค่าสีที่วัดได้แสดงในรูปของ L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดงถึงสีเขียว) และ b* (ค่าความเป็นสีเหลืองถึงสีน้ำเงิน) ซึ่งใช้ปริมาณของเพียวเร่ประมาณ 10 กรัม/ครั้ง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.5 นำตัวอย่างฟักทองไปวัดค่าดูดกลืนแสง เพื่อหาแคโรทีนอยด์ ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (UV-Vis spectrophotometer: UV-1601)

1. นำเพียวเร่ฟักทองมาสกัดโดยเพียวเร่ฟัก 5 กรัม ผสมด้วยตัวทำละลายอะซิโตน 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปเก็บในเครื่องเขย่าที่ 104 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้องพร้อมปิดฝาขวดและห่อฟอยล์ แล้ว

2. นำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 คืน เพื่อดูการตกตะกอนหลังจากการทำปฏิกิริยา จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 8000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แล้วนำส่วนใส (ส่วนบน) ที่ได้หลังจากการปั่นเหวี่ยงมาเก็บในขวดสีชา

3. นำส่วนของเนื้อเพียวฟัก (ส่วนล่าง) มาสกัดต่ออีก 2 ซ้ำ โดยทำเหมือนกับการสกัดในซ้ำแรก จากนั้นนำสารสกัดตัวอย่างเพียวมะม่วงที่ได้ทั้งหมดไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยตัวทำละลายอะซิโตน 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer

3.3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของฟักทองเพียวเร่

3.3.3.1 การหาปริมาณความชื้น

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมมาอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2. นำมาใส่ในโถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น และนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
3. นำตัวอย่างใส่ถ้วยอะลูมิเนียม แล้วบันทึกน้ำหนักตัวอย่างกับถ้วยอะลูมิเนียม
4. จากนั้นนำไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
5. เมื่อครบเวลานำมาทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก อบต่อครั้งละ 30 นาที จนน้ำหนักคงที่ จึงนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3.3.3.2. การหาปริมาณเถ้า

1. เผาถ้วยกระเบื้องในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนักด้วยด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
2. นำตัวอย่างใส่ในถ้วยกระเบื้องและบันทึกน้ำหนักตัวอย่าง
3. จากนั้นเผาตัวอย่างบนแผ่นความร้อนจนควันหมด (ทำในตู้ดูดควัน)จากนั้นนำตัวอย่างไปเผาด้วยเตาเผา ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง จนกระทั่งได้เถ้าสีขาว
4. รอให้เตาเผาเย็น ก่อนคีบถ้วยกระเบื้องออกมาใส่ในโถดูดความชื้นนำมาทิ้งให้เย็นและชั่งน้ำหนัก เพื่อนำมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์เถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3.3.3. การหาปริมาณโปรตีน

1. นำตัวอย่างใส่ในหลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่ง (Catalysts) 10 กรัม และเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ Boiling chip 3 ลูก

2. นำไปวางในชั้นวาง และนำเข้าเครื่องย่อยโปรตีน พร้อมต่ออุปกรณ์และเปิดเครื่องโดยใช้อุณหภูมิในการย่อย 380 องศาเซลเซียส

3. ทำการย่อยจนได้สารละลายใสหรือสีฟ้าใส จากนั้นปิดเครื่องและยกชั้นวางขึ้นวางพักไว้จนเย็น

4.จากนั้นนำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้าชุดกลั่นโปรตีน และเติมกรดบอริกเข้มข้น 2 % ในปริมาตร 60 มิลลิลิตร ลงในขวดรูปชมพู่ หยดอินดิเคเตอร์ อย่างละ 1 หยด และวางในชุดเครื่องกลั่น พร้อมต่ออุปกรณ์ให้เรียบร้อย

5. เปิดเครื่องและกดโปรแกรมเพื่อทำการย่อยโปรตีน

6. จากนั้นนำขวดรูปชมพู่ที่ได้จากการกลั่นซึ่งได้เป็นสารละลายสีเขียวมาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูม่วง และบันทึกปริมาณกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน

3.3.3.4. การหาปริมาณไขมัน

1. อบบีกเกอร์ที่ใช้เพื่อวิเคราะห์ไขมันพร้อม Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และบันทึกน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

2. ชั่งตัวอย่างที่ไล่ความชื้นแล้วและห่อด้วยกระดาษกรอง

3. นำไปใส่ลงในทิมเบิล (Thimble) ตวงตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ 140 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ที่ใช้เพื่อการวิเคราะห์ไขมัน

4. จากนั้นบรรจุทิมเบิลที่ใส่ตัวอย่างแล้วลงในบีกเกอร์ก่อนนำเข้าเครื่องสกัดไขมันและเปิดเครื่องที่ตั้งโปรแกรมในการวิเคราะห์ไขมันแล้ว

5. นำบีกเกอร์ที่ได้จากเครื่องสกัดไขมันไปตั้งบนแผ่นความร้อน (Hot plate) ที่ 90 องศาเซลเซียส (ทำในตู้ดูดควัน) แล้วนำไปอบต่อที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

6. นำมาทำให้เย็นในโถดูดความชื้นและชั่งน้ำหนัก นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

3.3.3.5 การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรต

สามารถหาได้โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์เถ้า เปอร์เซ็นต์โปรตีนและเปอร์เซ็นต์ไขมัน

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 - (%ความชื้น+%เถ้า+%โปรตีน+%ไขมัน)

3.3.4. ค่าสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
148848

การตรวจวัดสีจะตรวจวัดในระบบ Minolta (CR300) โดยค่าการวัดสีค่า L แสดงถึงความสว่างของสี มีค่าตั้งแต่ 0-100 ยิ่งค่ามากยิ่งมีความสว่างมาก ค่า a แสดงความเป็นสีเขียวและสีแดง ถ้าค่า a เป็นบวกแสดงถึงมีสีแดงถ้าเป็นลบแสดงว่ามีสีเขียว ค่า b แสดงถึงความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน ถ้าค่า b เป็นบวกแสดงว่ามีสีเหลือง ถ้าเป็นลบแสดงว่ามีสีน้ำเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง

จากการศึกษาสมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทองที่ทำการผลิตโดยใช้สายพันธุ์ฟักทองที่แตกต่างกัน 2 สายพันธุ์ (ทองอำไพ และลายเกษตร) ใช้เวลาการลวกชิ้นฟักทองที่ผ่านการปอกเปลือกและนำเมล็ดออกแล้ว ในสารละลายเกลือความเข้มข้น 0.1% ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่แตกต่างกัน (0, 3 และ 5 นาที) และใช้ระดับอุณหภูมิการให้ความร้อนเพียวเร่ที่ต่างกัน (100 และ 121 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 15 นาที ได้ความสัมพันธ์ของค่า shear stress กับ shear rate ดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากการศึกษาพบว่าค่า shear stress มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่า shear rate มากขึ้น จากนั้นจึงได้ใช้สมการ Power law เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความข้นหนืด (Consistency Index : K) และค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior Index: n) จากกราฟดังกล่าว เพื่อใช้ในการอธิบายสมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง

4.1.1 ค่าดัชนีความข้นเหลว (Consistency index : K) ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่าดัชนีความข้นเหลว (Consistency index : K) เป็นค่าคงที่ที่หาได้จากสมการ Power law ซึ่งค่า K ที่มาก หมายถึง ของไหลมีความหนืดมาก

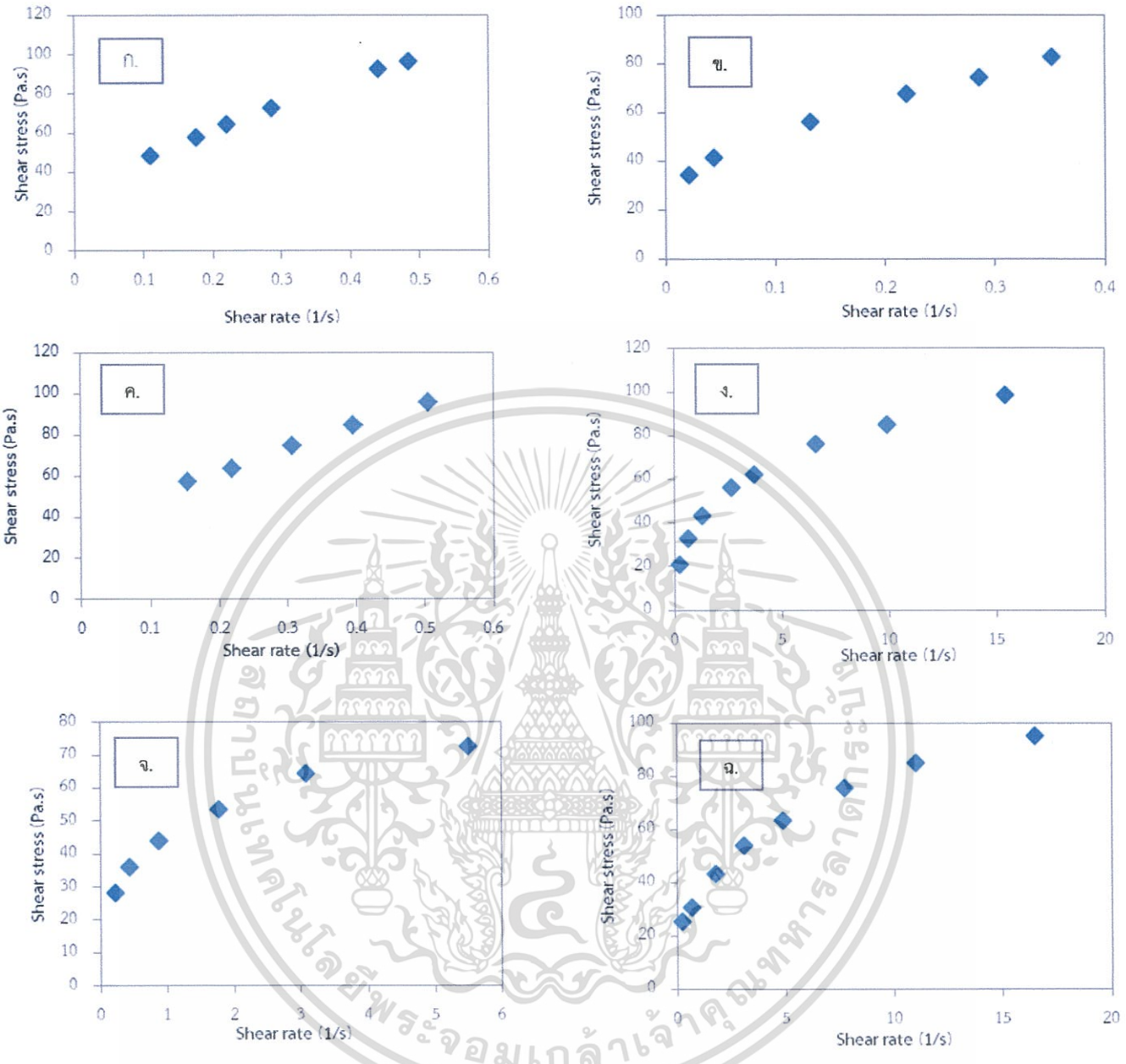
1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า K

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ส่งผลต่อค่า K ที่ได้ โดยพันธุ์ทองอำไพมีค่า K ที่สูงกว่าค่า K ของพันธุ์ลายเกษตร ค่าK ของพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 134-103 $Pa.S^n$ ส่วนค่า K ของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 45-37 $Pa.S^n$ (ตารางที่ 4.1)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า K

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า การลวกส่งผลต่อค่า K โดยการลวกที่นานขึ้นทำให้ค่า K มีค่าลดลง สำหรับพันธุ์ทองอำไพ ที่อุณหภูมิการใช้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาทีนั้น การใช้เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า K อยู่ที่ประมาณ 134, 111, และ 105 $Pa.S^n$ ตามลำดับ โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า K อยู่ที่ประมาณ 124, 117, และ 103 $Pa.S^n$ สำหรับพันธุ์ลายเกษตร ก็ส่งผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่า K ของเพียวเร่ฟักทองที่มีการใช้เวลาการลวกที่ต่างกันแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง shear stress กับ shear rate ของเพียวเร่ฟักทอง ที่วัดได้จากเครื่อง Brookfield (ก.) พันธุ์ทองอำไพ ลวก 0 นาที ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส (ข.) พันธุ์ทองอำไพ ลวก 3 นาที ให้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส (ค.) พันธุ์ทองอำไพ ลวก 0 นาที 121 องศาเซลเซียส (ง.) พันธุ์ลายเกษตร ลวก 0 นาที 121 องศาเซลเซียส (จ.) พันธุ์ลายเกษตร ลวก 3 นาที 100 องศาเซลเซียส (ฉ.) พันธุ์ลายเกษตร ลวก 5 นาที 100 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่า K ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	134.24 ± 0.00 aA	111.47 ± 2.67 bA	104.90 ± 0.42 cA
ลายเกษตร	44.48 ± 0.23 bB	45.08 ± 0.49 aB	38.08 ± 0.28 cB

A-B ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a-c ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.2 ค่า K ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	124.59 ± 3.17 aA	116.81 ± 0.78 bA	103.28 ± 3.25 cA
ลายเกษตร	38.29 ± 0.32 bB	45.49 ± 0.47 aB	37.74 ± 0.35 cB

A-B ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

a-c ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า K

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า K โดยพบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า K ลดลง โดยค่า K ของพันธุ์ลายเกษตร ที่ผ่านการลวก 0 นาที ให้ความร้อนที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีค่า K อยู่ที่ประมาณ 44 และ 38 $Pa.S^n$ ตามลำดับ โดยค่า K ของพันธ์ทองอำไพก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Debjani Dutta และคณะ (ปี 2006) ซึ่งศึกษาเรื่องคุณลักษณะรีโอโลยีของเพียวเร่ฟักทอง ผลการศึกษาพบว่าเมื่อให้ความร้อนมากขึ้นทำให้ความหนืดของเพียวเร่ฟักทองลดลง เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้ผนังเซลล์พืชถูกทำลาย เกิดการย่อยสลายโมเลกุลให้มีขนาดเล็กลง ส่งผลให้เกิดการต้านทานแรงเฉือนได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทดลองพบว่า สายพันธุ์เป็นตัวแปรที่มีผลต่อค่า K ของเพียวเร่ฟักทองมากที่สุด ดังนั้นในการผลิตเพียวเร่ควรมีการเลือกใช้สายพันธุ์ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความข้นหนืดตามที่ต้องการ

4.1.2 ค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล (Flow behavior index : n) ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่า n เป็นค่าดัชนีพฤติกรรมการไหล โดยเมื่อ n = 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบนิวโตเนียน (Newtonian) และเมื่อ n มากกว่า 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบไดลาแทนท์(Dilatant) โดยค่าความหนืดจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราแรงเฉือนเพิ่มขึ้น และถ้า n น้อยกว่า 1 ของไหลจะมีพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก (Pseudoplastic)

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า n

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ส่งผลต่อค่า n ที่ได้ โดยพันธุ์ทองอำไพมีค่า n ที่สูงกว่าค่า n ของพันธุ์ลายเกษตร ค่าn ของพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.2-0.6 ส่วนค่า n ของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.3-0.4 (ตารางที่ 4.3 และ 4.4)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า n

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า การลวกส่งผลต่อค่า n โดยการลวกที่นานขึ้นทำให้ค่า n มีค่าลดลง สำหรับพันธุ์ทองอำไพ ที่อุณหภูมิการใช้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นั้น การใช้เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า n อยู่ที่ประมาณ 0.5, 0.3, และ 0.2 ตามลำดับ โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า K อยู่ที่ประมาณ 0.4, 0.4, และ 0.6 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ลายเกษตรก็ส่งผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่า n ของเพียวเร่ฟักทองที่มีการใช้เวลาการลวกที่ต่างกัน แสดงดังตารางที่ 4.3 และ 4.4

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า n

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า n โดยอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ค่า n สูงขึ้น ค่า n ของพันธุ์ลายเกษตร ที่ผ่านการลวก 0 นาที และให้ความร้อนที่ 100 และ 121องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีค่า n อยู่ที่ 0.31 และ 0.36 ตามลำดับ โดยค่า n ของพันธุ์ทองอำไพก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.3 และ 4.4)

เพียวเร่ฟักทองทุกตัวอย่างแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก จะมีพฤติกรรมการไหลขึ้นกับแรงที่มากระทำ โดยเมื่อมีแรงกระทำที่มากขึ้นจะทำให้ของไหลเกิดการไหลง่ายขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์รวมถึงการบรรจุของผลิตภัณฑ์ชนิดนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่า n ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C		
	0 นาที	3 นาที	5 นาที
ทองอำไพ	0.47 ± 0.00^{aA}	0.31 ± 0.00^{bA}	0.20 ± 0.00^{cA}
ลายเกษตร	0.31 ± 0.00^{bB}	0.29 ± 0.04^{cB}	0.33 ± 0.00^{aB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.4 ค่า n ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C		
	0 นาที	3 นาที	5 นาที
ทองอำไพ	0.43 ± 0.01^{bA}	0.37 ± 0.01^{cA}	0.57 ± 0.04^{aA}
ลายเกษตร	0.36 ± 0.00^{aB}	0.34 ± 0.00^{cB}	0.35 ± 0.00^{bB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเพียวเร่ฟักทอง

4.2.1 ค่า Brix

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า Brix

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าพันธุ์ฟักทองมีผลต่อค่า Brixของเพียวเร่ โดยเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีค่า Brix ที่สูงกว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร โดยค่าBrix ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่าประมาณ 15 ส่วนเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรมีค่า Brix อยู่ที่ประมาณ 11 (ตารางที่ 4.5 และ 4.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า Brix

จากการทดลองผลของการลวกฟักทอง พบว่า โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส การลวกที่ใช้เวลานานขึ้นจะมีผลให้ค่าBrix มีแนวโน้มที่จะให้ค่า Brix เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่า Brix อยู่ที่ 14.8 , 15.2 และ 15.4 ตามลำดับ โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที เพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่า Brix อยู่ที่ประมาณ 15.0 , 15.3 และ15.5 โดยค่า Brix ที่ได้จากเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.5 และ 4.6)

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า Brix

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า Brix โดยเมื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้น ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่า Brix ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพ ที่ผ่านการลวก 0 นาที และให้ความร้อนที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที มีค่า Brix อยู่ที่ 14.8 และ 15 ตามลำดับ โดยค่า Brix ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.5 และ 4.6) ทั้งนี้ ค่า Brix ที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นผลมาจากเมื่อให้ความร้อน พอลีแซคคาไรด์บางส่วนอาจจะถูกย่อยสลายกลายน้ำตาลโมเลกุลเล็กที่ทำให้เกิดรสหวาน เช่น ซูโครส เป็นต้น

ตารางที่ 4.5 ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60 °C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	14.8 ± 0.1	15.2 ± 0.2	15.4 ± 0.1
ลายเกษตร	11.0 ± 0.1	11.0 ± 0.1	11.2 ± 0.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	15.0 ± 0.0	15.3 ± 0.1	15.53 ± 0.1
ลายเกษตร	11.1 ± 0.1	11.2 ± 0.0	11.40 ± 0.0

4.2.2 ค่าสี L , a, b ของเพียวเร่ฟักทอง

4.2.2.1 ค่า L ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่า L เป็นค่าสีที่แสดงถึงความสว่าง โดยมีค่าตั้งแต่ 0 – 100 โดย 0 หมายถึง สีดำ และ 100 หมายถึง ขาว

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า L ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ของฟักทองส่งผลต่อค่า L ของเพียวเร่ที่ได้ โดยเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่า L ที่สูงกว่าค่า L ของเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตร โดยค่า L ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 50-55 ส่วนค่า L ของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 48-50 (ตารางที่ 4.7 และ 4.8)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า L ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่าการลวกที่ใช้เวลานาน 5 นาที ส่งผลต่อค่า L โดยการลวกที่นานขึ้นนี้ ทำให้ค่า L มีค่าลดลง โดยสำหรับพันธุ์ทองอำไพ ที่อุณหภูมิ 100 องศา การใช้เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า L อยู่ที่ประมาณ 55 , 54 และ 53 ตามลำดับ โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่า L อยู่ที่ประมาณ 53 , 52 และ 51 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ลายเกษตรจะส่งผลไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.7 และ 4.8)

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า L ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า L โดยการให้ความร้อนที่ใช้อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ค่า L มีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่า L ของเพียวเร่ฟักทองจากฟักทองพันธุ์ทองอำไพ ที่ผ่านการลวก 0 นาที และให้ความร้อนที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีค่า L อยู่ที่ 52.91 และ 55.35 ตามลำดับ โดยค่า L ของเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ลายเกษตรก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.7 และ 4.8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า การลวกเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า L หรือความเข้มของสีเพียวเร่น้อยที่สุด การเลือกพันธุ์ฟักทองและการให้ความร้อนเป็นปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาในการผลิตและออกแบบเพียวเร่ฟักทอง

ตารางที่ 4.7 ค่าสี L ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	55.35 ± 0.30^{aA}	54.78 ± 0.15^{aA}	53.72 ± 0.16^{bA}
ลายเกษตร	49.87 ± 0.11^{aB}	49.90 ± 0.19^{aB}	49.82 ± 0.17^{bB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.8 ค่าสี L ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	52.91 ± 0.05^{aA}	52.71 ± 0.03^{aA}	50.90 ± 0.06^{bA}
ลายเกษตร	48.04 ± 0.02^{aB}	48.40 ± 0.08^{aB}	48.04 ± 0.31^{bB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.2 ค่า b ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่าสี b เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีเหลือง (+b) ไปจนถึงสีน้ำเงิน (-b) โดยมีช่วงค่าอยู่ระหว่าง 60 ถึง -60 (ค่าตัวเลขที่มาก หมายถึง มีความเข้มของสีนั้นมาก)

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า b ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ของฟักทองส่งผลต่อค่า b ของเพียวเร่ที่ได้ โดยเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่าสูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า b ของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตร ค่า b ของพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 40 - 45 ส่วนค่า b ของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 37- 41 ซึ่งแสดงว่า เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีความเข้มของสีเหลืองที่มากกว่า (ตารางที่ 4.9 และ 4.10)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า b ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า การลวกส่งผลต่อค่า b ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ สำหรับสายพันธุ์ทองอำไพ พบว่า การลวกฟักทองที่นานขึ้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า b ของเพียวเร่มีค่าลดลง จาก 45 – 43 (ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) และจาก 40 – 39 (ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส) สำหรับพันธุ์ลายเกษตร การลวกฟักทองที่นานขึ้น มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า b ของเพียวเร่มีค่าเพิ่มขึ้น จาก 39 – 41 (ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส) และจาก 37 – 38 (ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส) ดังแสดงตามตารางที่ 4.9 และ 4.10

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า b ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า b โดยเมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นค่า b จะลดลง โดยค่า b ของเพียวเร่ฟักทองจากฟักทองพันธุ์ทองอำไพ ที่ผ่านการลวก 0 นาที และให้ความร้อนที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีค่า b อยู่ที่ 45.35 และ 40.15 ตามลำดับ โดยค่า b ของเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ลายเกษตรก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.9 และ 4.10)

ตารางที่ 4.9 ค่าสี b ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	45.35 ± 0.28^{aA}	40.71 ± 1.05^{bA}	43.66 ± 0.13^{aA}
ลายเกษตร	39.03 ± 0.44^{bB}	40.50 ± 0.13^{aB}	41.15 ± 0.32^{aB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าสี b ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	40.15 ± 0.26^{aA}	40.65 ± 0.81^{aA}	39.47 ± 0.10^{bA}
ลายเกษตร	37.40 ± 0.40^{bB}	38.34 ± 0.08^{aB}	38.02 ± 0.05^{aB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.2.3 ค่า a ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่าสี a เป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดง (+a) ไปจนถึงสีเขียว (-a) โดยมีช่วงค่าอยู่ระหว่าง 60 ถึง -60 (ค่าตัวเลขที่มาก หมายถึง มีความเข้มของสีนั้นมาก)

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่า a ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ส่งผลต่อค่า a ของเพียวเร่ที่ได้ โดยเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่า -a ที่สูงกว่าค่า -a ของของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตร โดยค่า a ของพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ -0.9 ถึง -3 ส่วนค่า b ของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ –1 ถึง -2 ซึ่งแสดงว่า เพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพมีความเข้มของสีเขียวที่มากกว่า (ตารางที่ 4.11 และ 4.12)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่า a ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า การลวกไม่ส่งผลต่อค่า a อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงตามตารางที่ 4.11 และ 4.12 อย่างไรก็ตามการใช้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส สำหรับทั้งพันธุ์ทองอำไพและพันธุ์ลายเกษตร พบว่าการลวก (3 และ 5นาที) มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า –a มีค่าลดลง นั่นหมายถึงการลวกที่นานขึ้นจะทำให้ความเป็นสีเขียวลดลง

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่า a ของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อฟักทองปั่น โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่า a โดยเมื่อให้ความร้อนสูงขึ้นค่า -a มีค่าลดลง โดยค่า -a ของเพียวเร่ฟักทองจากฟักทองพันธุ์ทองอำไพ ที่ผ่านการลวก 3 นาที และให้ความร้อนที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีค่า -a อยู่ที่ -2.29 และ -1.52 ตามลำดับ โดยค่า -a ของเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ลายเกษตรก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกันนี้ (ตารางที่ 4.11 และ 4.12)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองค่าสี L a และ b ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้นี้มีบางส่วนที่สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Gonçalves et al. (2007) ที่พบว่าการลวกฟักทองทำให้สีคล้ำขึ้นและค่าสีเหลืองลดลง และสอดคล้องกับผลการทดลองของ Simantara et al (2014) ซึ่งศึกษาเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสีและปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองปรุงสุก ผลการศึกษาพบว่าเมื่อให้ความร้อนมากขึ้นจะทำให้ค่าความสว่างและความเป็นสีเหลือง มีค่าลดลง ทั้งนี้คณะผู้ทำการทดลองอธิบายว่าเนื่องจากการให้ความร้อนทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียรนั้น เกิดการสลายหายไปนั้นเอง

ตารางที่ 4.11 ค่าสี a ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	-2.95 ± 0.06^{aA}	-2.29 ± 0.62^{aA}	-2.41 ± 0.41^{aA}
ลายเกษตร	-1.73 ± 0.04^{aB}	-1.07 ± 0.59^{aB}	-1.09 ± 0.02^{aB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.12 ค่าสี a ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

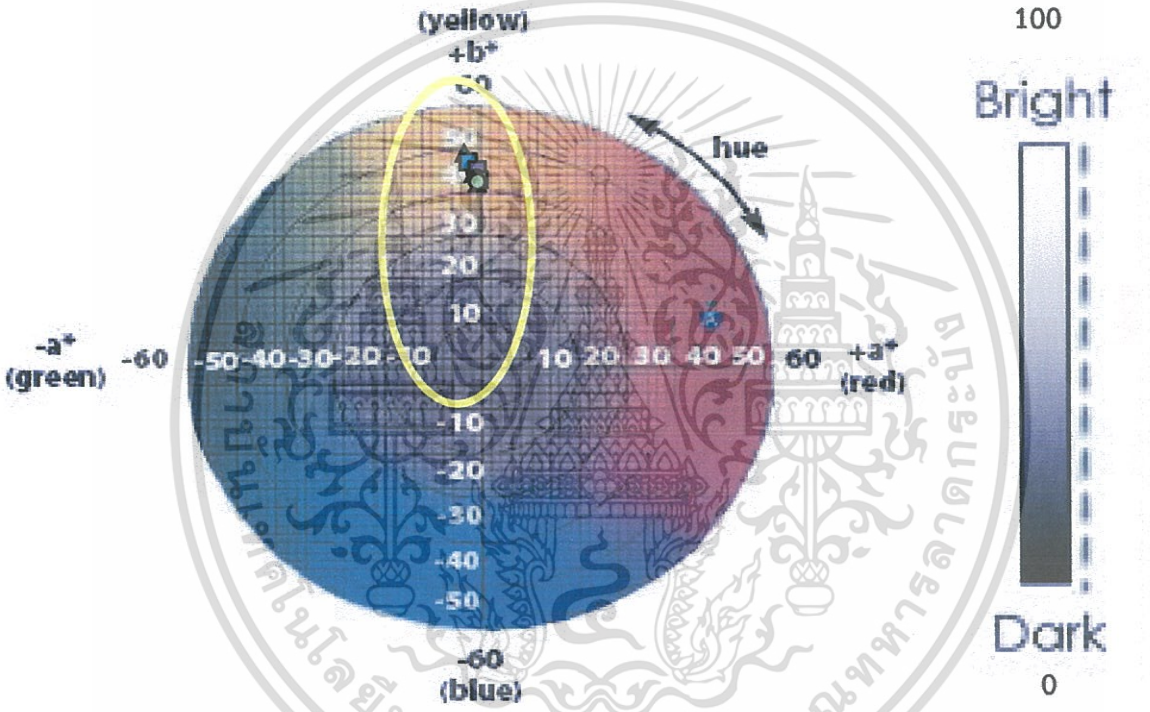
สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	-0.88 ± 0.03^{bA}	-1.52 ± 0.02^{aA}	-1.56 ± 0.03^{aA}
ลายเกษตร	-1.02 ± 0.07^{aB}	-1.00 ± 0.00^{aB}	-1.06 ± 0.06^{aB}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์เพียวเร่ฟักทองที่ได้นี้ สามารถเห็นได้ชัดเจนขึ้นโดยการพิจารณาจากชาร์จสี (colorimeter chart) แสดงดังภาพที่ 4.15 โดยพบว่าเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ทองอำไพที่ใช้เวลาการลวกนาน 0 นาที และให้อุณหภูมิความร้อนแก่เพียวเร่ที่ 100 องศาเซลเซียส มีความเป็นสีเหลืองและมีความสว่างมากที่สุด ส่วนเพียวเร่ที่ได้จากฟักทองพันธุ์ลายเกษตรที่ใช้เวลาการลวกนาน 0 นาที และให้อุณหภูมิความร้อนแก่เพียวเร่ที่ 100 องศาเซลเซียส มีความเป็นสีเหลืองน้อยที่สุดและมีความคล้ำมากที่สุด



ภาพที่ 4.2 ชาร์จสี (colorimeter chart) ของเพียวเร่ฟักทอง

เพียวเร่จากสายพันธุ์ทองอำไพเวลาการลวกฟักทอง 0 นาที ▲ เวลาการลวกฟักทอง 3 นาที ● เวลาการลวกฟักทอง 5 นาที ■ ที่อุณหภูมิการให้ความร้อนเพียวเร่ 100 องศาเซลเซียส

เพียวเร่จากสายพันธุ์ทองอำไพเวลาการลวกฟักทอง 0 นาที ▲ เวลาการลวกฟักทอง 3 นาที ● เวลาการลวกฟักทอง 5 นาที ■ ที่อุณหภูมิการให้ความร้อนเพียวเร่ 121 องศาเซลเซียส

เพียวเร่จากสายพันธุ์ลายเกษตรเวลาการลวกฟักทอง 0 นาที ▲ เวลาการลวกฟักทอง 3 นาที ● เวลาการลวกฟักทอง 5 นาที ■ ที่อุณหภูมิการให้ความร้อนเพียวเร่ 100 องศาเซลเซียส

เพียวเร่จากสายพันธุ์ลายเกษตรเวลาการลวกฟักทอง 0 นาที ▲ เวลาการลวกฟักทอง 3 นาที ● เวลาการลวกฟักทอง 5 นาที ■ ที่อุณหภูมิการให้ความร้อนเพียวเร่ 121 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ฟักทอง

1) ผลของสายพันธุ์ฟักทองต่อค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการใช้สายพันธุ์ฟักทองที่ต่างกัน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ ทองอำไพและลายเกษตร พบว่าสายพันธุ์ส่งผลต่อค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ที่ได้ โดยเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรมีค่าเบต้าแคโรทีน ที่สูงกว่าค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพ โดยค่าเบต้าแคโรทีนของพันธุ์ลายเกษตรมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.24-0.29 ส่วนค่าเบต้าแคโรทีนของพันธุ์ทองอำไพมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 0.20 – 0.28 (ตารางที่ 4.13 และ 4.14)

2) ผลของการลวกฟักทองต่อค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการลวกฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 0, 3 และ 5 นาที พบว่า เพียวเร่ฟักทองที่ได้จากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกนาน 3 และ 5 นาที มีค่าเบต้าแคโรทีนสูงกว่าเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก ($p \leq 0.05$) ดังแสดงตามตารางที่ 4.13 และ 4.14 สำหรับพันธุ์ทองอำไพ ที่อุณหภูมิการใช้ความร้อนที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นั้น การใช้เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่าเบต้าแคโรทีนอยู่ที่ 0.20, 0.26, และ 0.28 ตามลำดับ โดยเมื่อใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เวลาการลวกที่ 0, 3, 5 นาที จะมีค่าเบต้าแคโรทีนอยู่ที่ 0.24, 0.28, และ 0.26 ตามลำดับ สำหรับพันธุ์ลายเกษตรก็ส่งผลไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.13 และ 4.14)

3) ผลของการให้ความร้อนเพียวเร่ฟักทองต่อค่าเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ฟักทอง

จากการทดลองศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อเพียวเร่ฟักทอง โดยใช้อุณหภูมิที่ 100 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที พบว่าระดับอุณหภูมิส่งผลต่อค่าปริมาณเบต้าแคโรทีน สำหรับพันธุ์ทองอำไพ การให้อุณหภูมิที่สูงขึ้นแก่เพียวเร่ฟักทองจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 121 องศาเซลเซียส มีผลให้ค่าเฉลี่ยของปริมาณเบต้าแคโรทีนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าการให้ความร้อนที่สูงขึ้นแก่เพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรมีแนวโน้มที่จะทำให้ปริมาณเบต้าแคโรทีนเฉลี่ยมีค่า (ตารางที่ 4.13 และ 4.14) ซึ่งผลการทดลองบางส่วนนี้ มีความสอดคล้องกับผลการทดลองของ Provesi (2011) ที่ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเบต้าแคโรทีนในระหว่างกระบวนการแปรรูปเพียวเร่ฟักทอง พบว่าอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการลดลงของเบต้าแคโรทีน เนื่องจากสารอาหารแคโรทีนอยส์นี้ จะสูญเสียคุณสมบัติทางเคมีไปเมื่อได้รับความร้อนที่สูง แสงแดด และออกซิเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ค่าเบต้าแคโรทีน ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 100 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	0.20 ± 0.00^{bB}	0.26 ± 0.00^{aB}	0.28 ± 0.03^{aB}
ลายเกษตร	0.28 ± 0.01^{aA}	0.29 ± 0.05^{aA}	0.25 ± 0.02^{aA}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.14 ค่าเบต้าแคโรทีน ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกที่แตกต่างกัน โดยมีการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองที่ 121 องศาเซลเซียส

สายพันธุ์	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5
ทองอำไพ	0.24 ± 0.00^{bB}	0.28 ± 0.05^{aB}	0.26 ± 0.01^{aB}
ลายเกษตร	0.24 ± 0.02^{bA}	0.28 ± 0.01^{aA}	0.29 ± 0.01^{aA}

$^{A-B}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

$^{a-c}$ ตัวอักษรกำกับต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

4.2.4 ค่า Aw ของเพียวเร่ฟักทอง

ค่า Aw คือค่าที่แสดงถึงเป็นค่าที่แสดงระดับพลังงานของน้ำที่มีความสำคัญต่ออายุการเก็บรักษา การเสื่อมเสีย และความปลอดภัยของอาหาร) ค่า water activity มีค่า ตั้งแต่ 0-1 โดยอาหารที่มีค่า water activity มากกว่า 0.85 เช่น เนื้อสัตว์ ผัก ผลไม้ อาหารทะเล จัดเป็นอาหารที่เน่าเสียง่าย (perishable food) อาหารที่มีค่า water acitivity ระหว่าง 0.6-0.85 เช่น นมข้นหวาน ผลไม้แช่อิ่ม กุ้งปรุงรส จัดเป็นอาหารกึ่งแห้ง (intermediate moisture food) อาหารที่มีค่า water activity น้อยกว่า 0.6 เช่น นมผง ผักผลไม้อบแห้ง กุ้งแห้ง น้ำผลไม้ผง เก๊กฮวยผงชงดื่ม กระชายผงชงดื่ม หมูหยอง จัดเป็นออาหารแห้ง (dried food) ซึ่งอาหารที่มีค่า Aw ที่ต่ำนี้ จะเสื่อมเสียได้จุลินทรีย์ได้ยากกว่าอาหารที่มี Aw ที่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากการทดลองศึกษาค่า Aw ของเพียวเร่ฟักทองทุกตัวอย่าง พบว่า เพียวเร่มีค่า Aw สูงในช่วง 0.99 ถึง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพียวเร่ฟักทองเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย

ตารางที่ 4.15 ค่าAw ของเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากสายพันธุ์ฟักทอง และเวลาในการลวกชิ้นฟักทอง และการให้ความร้อนแก่เพียวเร่ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

สายพันธุ์	การให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทอง ที่ 100 องศาเซลเซียส			การให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทอง ที่ 121 องศาเซลเซียส		
	ระยะเวลาการลวกฟักทองที่ อุณหภูมิ 60°C (นาที)			ระยะเวลาการลวกฟักทองที่ อุณหภูมิ 60°C (นาที)		
	0	3	5	0	3	5
ทองอำไพ	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00
ลายเกษตร	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

4.2.5 สารอาหารของเพียวเร่ฟักทอง

ผลการวิเคราะห์สารอาหารของเพียวเร่ฟักทอง โดยใช้ตัวอย่างเพียวเร่จากฟักทองที่ผ่านการลวกนาน 3 นาที และผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส พบว่า เพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีปริมาณความชื้นที่น้อยกว่าพันธุ์ลายเกษตร คือ พันธุ์ทองอำไพมีปริมาณความชื้น 83.81% ส่วนพันธุ์ลายเกษตรมีปริมาณความชื้น 89.37% นอกจากนี้เพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีปริมาณไขมันและคาร์โบไฮเดรตมากกว่าพันธุ์ลายเกษตร คือ พันธุ์ทองอำไพมีปริมาณไขมัน 0.64% ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 9.54% ส่วนพันธุ์ลายเกษตรมีปริมาณไขมัน 0.18% ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 5.11% (ตารางที่ 4.16) โดยองค์ประกอบเหล่านี้น่าจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพมีค่า K หรือมีดัชนีความข้นหนืดที่สูงกว่าเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 สารอาหารของเพียวเร่ฟักทอง

องค์ประกอบ	สายพันธุ์ฟักทอง	
	ทองอำไพ	ลายเกษตร
ไขมัน	0.64 ± 0.017	0.18 ± 0.021
โปรตีน	0.97 ± 0.041	1.05 ± 0.068
คาร์โบไฮเดรต	9.54 ± 0.212	5.11 ± 0.532
เถ้า	5.04 ± 0.065	4.30 ± 0.054
ความชื้น	83.81 ± 0.172	89.37 ± 0.526

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 จากการศึกษาสมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง พบว่า เพียวเร่ฟักทองทุกตัวอย่างแสดงพฤติกรรมการไหลแบบซูโดพลาสติก โดยพันธุ์ฟักทองส่งผลต่อสมบัติการไหลของเพียวเร่อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจะพบว่าเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากพันธุ์ทองอำไพที่มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงกว่าแต่มีปริมาณความชื้นที่ต่ำกว่าเพียวเร่ที่ได้จากพันธุ์ลายเกษตรนั้นจะมีค่าดัชนีความข้นหนืดที่มากกว่า

5.1.2 การลวกส่งผลต่อปริมาณเบต้าแคโรทีนของเพียวเร่ฟักทอง โดยพบว่า เพียวเร่ฟักทองที่ได้จากชิ้นฟักทองที่ผ่านการลวกนาน 3 และ 5 นาที มีค่าเบต้าแคโรทีนสูงกว่าเพียวเร่ฟักทองที่ได้จากชิ้นฟักทองที่ไม่ผ่านการลวก

5.1.3 การลวกที่นานขึ้น รวมถึงการให้ความร้อนต่อเพียวเร่โดยใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะส่งผลให้ค่า Brix ของเพียวเร่ฟักทองมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น

5.1.4 การลวกมีผลทำให้ค่า L และค่า b ของผลิตภัณฑ์เพียวเร่มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ผ่านการลวก โดยที่การลวกไม่ส่งผลต่อค่า a แต่เมื่อให้ความร้อนแก่เพียวเร่ฟักทองในระดับที่สูงขึ้น จะมีผลทำให้ค่า a ของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลง

5.1.5 ค่า Aw ของเพียวเร่ฟักทอง มีค่าอยู่ในช่วง 0.99 ถึง 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเพียวเร่ฟักทองเป็นอาหารที่เสื่อมเสียได้ง่าย

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณลักษณะทางด้านการไหลและทางด้านเคมีกายภาพของเพียวเร่ฟักทอง น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการนำผลิตเพียวเร่ฟักทองที่มีคุณค่าทางสารอาหารได้ โดยอาจจะต้องมีการศึกษาการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสเพิ่มเติม ทั้งนี้การปรับปรุงเนื้อสัมผัสและสมบัติด้านการไหลของเพียวเร่ฟักทองนั้นสามารถทำได้โดยการปรับเปลี่ยนส่วนผสม เช่น การเติมน้ำ หรืออาจมีการใส่สารที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีความคงตัวมากยิ่งขึ้น เช่น การเติมสารไฮโดรคอลลอยด์เข้าไปเป็นส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล, 25xx, เบต้าแคโรทีน 'เม็ด' กินเสี่ยงมะเร็งปอด

MTEC.2545. รีโอโลยีศาสตร์ที่สัมผัสได้. วารสารน่ารู้ 1 (1). แหล่งที่มา : http\\www.Emtec.com.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. 2554. ฟักทอง แหล่งที่มา: https://th.wikipedia.org/wiki/ฟักทอง

สุดสาย ตรีวานิช และ วราภา มหากาญจนกุล, 2012, การเน่าเสียของอาหาร แหล่งที่มา : https://ajarncharoen.wordpress.com/2012/02/02/food-degrad/

Piotr P. Lewicki Water as the determinant of food engineering properties. A review.Original research Article Journal of Food Engineering, Volume 61, Issue 4, March 2004, Pages 483-495.

Arslan, E., Yener,M.E., Esin, A. 2005. Rheological characterization of tahin/pekmez (sesame paste/concentrated grape juice) blends. Food Engineering, 69, 167 – 172.

Balestra, F., E. Cocci, G. Marsilio, and Rosa, M.D. 2011. Physico-chemical and rheological changes of fruit purees during storage. Procedia Food Science, 1, 576-582.

Biswas, A.K. Sahoo, J. Chatli, M.K. 2011. A simple UV-Vis spectrophotometric method for determination of Beta-carotene content in raw carrot, sweet potato and supplemented chicken meat nuggets. Food Science and Technology, 44, 1809-1813.

Britton, G. 1996. Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. Food chemistry, 101, 1145-1150.

Chakraborty, S., P.S. Rao, and H.N. Mishra. 2015. Effect of combined high pressure-temperature treatments on color and nutritional quality attributes of pineapple (Ananas comosus L.) puree. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 28, 10-21.

Goodwin, T.W. 1980. Nature and distribution of Carotenoids Original Research Article. Food Chemistry, 5, 3-13.

Macrae. 1988. Chromatographic chiral. Food chemistry, 30, 164-165.

Steffe, J.F. 1996. Rheological method in food process engineering. 2nd Edition. Freeman Press, East Lansing, MI.

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.

Dutta D, Dutta A, Raychaudhuri U, Chakraborty R. 2006. Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. Food Engineering 76: 538–546.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ahmed J, Al-Foudari M, Al-Salman a F, S. Almusallam A.2014. Effect of particle size and temperature on rheological, thermal,and structural properties of pumpkin flour dispersion. Food Engineering 124: 43–53.

Espinosa L, To N, Symoneaux R, Renard C, Biau N, Cuvelier G Effect of processing on rheological, structural and sensory properties of apple puree Procedia Food Science 1: 513 – 520.

João G.P., Carolinne O.D., Edna R.A. 2011 Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. Food Chemistry 128 (2011) 195–202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

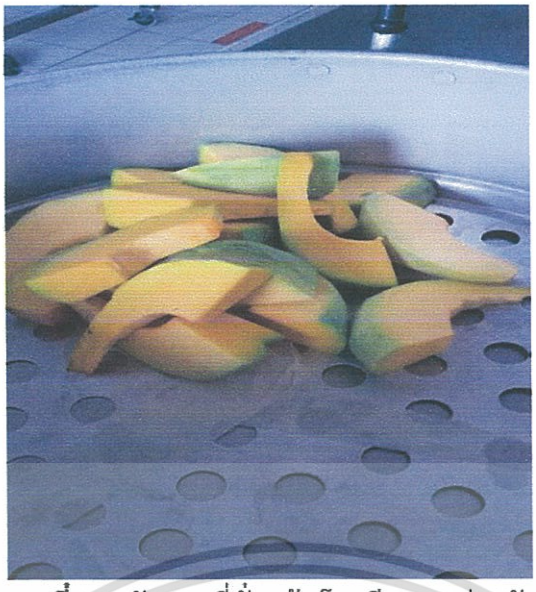
ภาคผนวก ก

ก.1 การเตรียมตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง แสดงดังภาพขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง (ภาพที่ ก.1-ก.10)

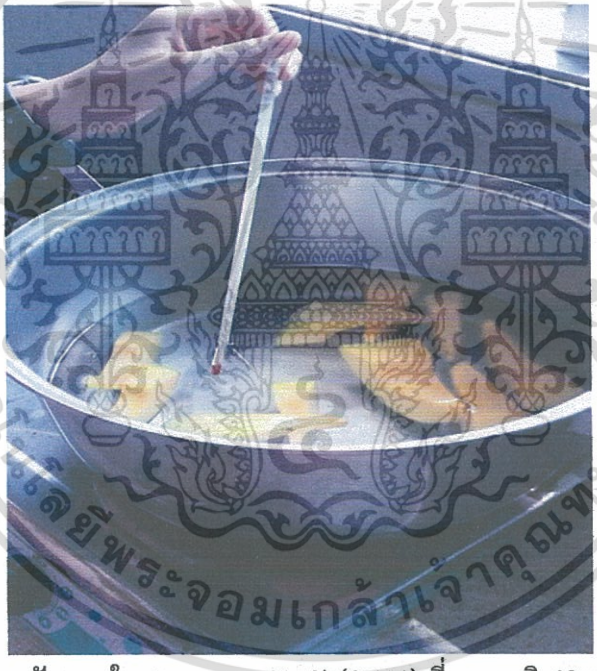
ภาพที่ ก.1 ฟักทอง

ภาพที่ ก.2 ปอกเปลือกฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

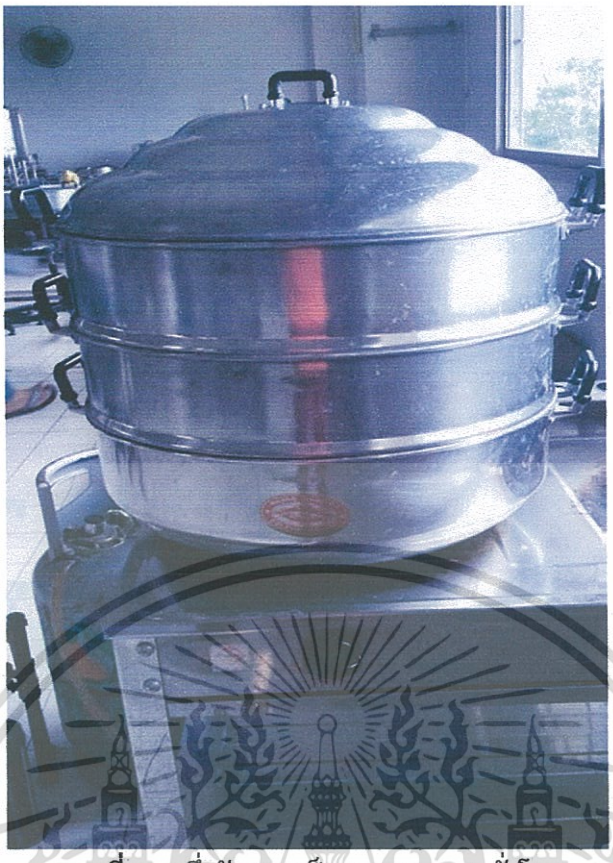


ภาพที่ ก.3 ฟักทองที่หั่นแล้ว โดยมีขนาดเท่าๆกัน



ภาพที่ ก.4 ลวกฟักทองในสารละลาย NaCl (0.1%) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ก.5 นึ่งฟักทองเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

ภาพที่ ก.6 เครื่องปั่นฟักทอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.7 เนื้อเพียวเร่ฟักทองในบีกเกอร์

ภาพที่ ก.8 เครื่อง Autoclave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ก.9 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

ภาพที่ ก.10 เนื้อเพียวเร่ในถุงซิปล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ข.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง

อุปกรณ์

1. ถ้วยอะลูมิเนียม (Aluminium can)
2. ตู้อบความชื้น (Hot air oven)
3. โถดูดความชื้น (Desicator)
4. ที่คีบ (Tong)
5. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
6. ช้อนตักสาร

วิธีวิเคราะห์

1. นำถ้วยอะลูมิเนียมที่อบด้วยอุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น บันทึกน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างเต้าหู้ 3 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด ใส่ไวในถ้วยอะลูมิเนียม
3. นำไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยการเปิดฝาถ้วย นำออกมาชั่งน้ำหนัก และอบต่อครั้งละ 30 นาที จนน้ำหนักคงที่
4. ทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น
5. ชั่งน้ำหนัก
6. คำนวณหาปริมาณความชื้นโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}} \times 100$$

ตารางที่ ข.1 ปริมาณความชื้นของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร

ตัวอย่าง	ครั้งที่	น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (g)	น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (g)	% ความชื้น	ค่าเฉลี่ย
ทองอำไพ	1	4.9367	0.7933	83.9306	83.8088
	2	4.5326	0.7394	83.6871	
ลายเกษตร	1	4.9090	0.5036	89.7413	89.3696
	2	4.6982	0.5169	88.9979	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้าในตัวอย่างเพียวเร่

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ถ้วยกระเบื้อง (Crucible)
3. เตาเผาไฟฟ้า (Muffle furnace)
4. ที่คีบ(Tong)
5. ช้อนตักสาร
6. โถดูดความชื้น(Desiccator)

วิธีวิเคราะห์

1. เผาถ้วยอะลูมิเนียมที่แห้งและสะอาดในเตาเผาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นโดยใส่โถดูดความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนัก
2. ชั่งตัวอย่างเต้าหู้ 3 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง
3. นำตัวอย่างไปเผาในเตาเผาไฟฟ้าที่ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8-10 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งตัวอย่างกลายเป็นเถ้าสีขาวหรือเทา
4. รอเตาเผาเย็นตัวลงจึงคีบถ้วยกระเบื้องออกจากเตาเผาไฟฟ้าแล้วทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนักของถ้วยกระเบื้องหลังเผา
5. คำนวณเปอร์เซ็นต์เถ้าของอาหาร จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์เถ้า} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ตารางที่ ข.2 ปริมาณเถ้าของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร

ตัวอย่าง	น้ำหนักเถ้า(g)	น้ำหนักตัวอย่าง(g)	% เถ้า	ค่าเฉลี่ย
ทองอำไพ	0.0517	1.0167	5.0851	5.0393
	0.0507	1.0153	4.9936	
ลายเกษตร	0.0452	1.0430	4.3337	4.2956
	0.0431	1.0123	4.2576	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. หลอดย่อยโปรตีน
3. อุปกรณ์ชุดวิเคราะห์โปรตีน (Kjeldahl apparatus)
4. บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
5. ขวดชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร
6. Boiling chip

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริกเข้มข้น
2. กรดบอริก 2%
3. สารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริก 0.1 N
4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซค์เข้มข้น 40%
5. ตัวเร่ง (Catalyst) (เตรียมจาก 1:10 ของ $CuSO_4$: K_2SO_4)
6. สารละลายอินดิเคเตอร์
   a. 0.1% เมทธิลกรีน ใน Alcohol 95%
   b. 0.2% เมทธิลเรด ใน Alcohol 95%

วิธีวิเคราะห์

1. การย่อย
   1.1 ชั่งตัวอย่าง 4 กรัมใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน เติมตัวเร่ง (Catalyst) 10 กรัม เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร ใส่ Boiling chip 2-3 ลูก
   1.2 นำหลอดย่อยโปรตีนไปวางลงในแล็ค ก่อนนำไปประกอบเข้ากับเครื่องย่อยปิดที่บังความร้อน (Heat shield) และสวมที่ดูดควัน ที่ต่อเข้ากับชุดกำจัดไอกรด (Exhaust) ก่อนปิดสวิทซ์ (Power on)
   1.3 ตั้งอุณหภูมิที่ใช้การย่อย 380-400 องศาเซลเซียส
   1.4 ทำการย่อยจนได้สารละลายสีใสหรือสีฟ้าใส ซึ่งเวลาในการย่อยขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์
   1.5 ปิดสวิทซ์ พร้อมยกแล็คที่มีหลอดตัวอย่างขึ้นพัก รอให้สารละลายสีฟ้าเย็นลง ซึ่งในช่วงนี้ยังคงเปิดชุดกำจัดไอกรดไว้จนไม่มีไอกรด ก่อนนำไปต่อเข้ากับชุดกลั่น
2. การกลั่น
   2.1 นำหลอดย่อยตัวอย่างต่อเข้ากับชุดกลั่นโปรตีน เตรียมเช็คความเรียบร้อยของระบบหล่อเย็น ถังน้ำกลั่นถังโซเดียมไฮดรอกไซด์ 32% โดยสายยางต้องจุ่มลงไปในถังของน้ำกลั่นหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เติมกรดบอริกเข้มข้น 2% ปริมาณ 60 มิลลิลิตรลงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร หยดอินดิเคเตอร์ทั้งสอง อย่างละ 1 หยด จะได้สารละลายสีชมพูม่วง วางขวดชมพู่ลงในชุดกลั่น เสียบท่อพลาสติกที่ต่อจากคอนเด็นเซอร์ลงในกรดบอริก เพื่อดักจับแก๊สแอมโมเนียที่กลั่นออกมาได้

2.3 เปิดเครื่องเพื่อเติมน้ำกลั่นและโซเดียวไฮดรอกไซด์ลงในหลอดย่อย สารละลายในหลอดย่อยจะเปลี่ยนเป็นสีดำ

2.4 เปิดไอน้ำและตั้งเวลาในการกลั่น เวลาที่ใช้การกลั่นขึ้นกับปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่าง

3. การไตเตรท

3.1 นำขวดชมพู่ที่บรรจุสารละลายที่กลั่นแล้ว มาไตเตรทกับกรดไฮโดรคลอริก 1 N จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูม่วง

3.2 บันทึกปริมาตรกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้

4. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในตัวอย่าง

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

หมายเหตุ A = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง
B = ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท Blank
N = ความเข้มข้นของกรดโดรคลอริกที่ใช้
W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

นำค่าเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โปรตีน จากสมการ

เปอร์เซ็นต์โปรตีน (%) = เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%) X 5.71

ตารางที่ ข.3 ปริมาณโปรตีนของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร

ตัวอย่าง	น้ำหนักตัวอย่าง (g)	ปริมาตรที่ใช้ไตเตรท (ml)	% ไนโตรเจน	% โปรตีน	ค่าเฉลี่ย
ทองอำไพ	1.0176	1.3	0.1651	0.9427	0.9719
	1.1179	1.5	0.1753	1.0011	
ลายเกษตร	1.1230	1.5	0.1745	0.9966	1.0451
	1.0965	1.6	0.1915	1.0936	

หมายเหตุ ปริมาณของสารละลายไฮโดรคลอริกที่ใช้ในการไตเตรท Blank = 0.1 ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 การวิเคราะห์ปริมาณไขมันในตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
2. ชุดสกัดซอกซ์เล็ต (Soxhlet apparatus) พร้อมทิมเบิล (Thimble) และบีกเกอร์ไขมัน
3. ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven)
4. โถความชื้น (Desicator)
5. ที่คีบ (Tong)
6. Boiling chip จำนวน 2 เม็ด

วิธีวิเคราะห์

1. อบบีกเกอร์ไขมันพร้อมกับ Boiling chip ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสนาน 1 ชั่วโมง และชั่งบันทึกน้ำหนัก (w1)
2. ชั่งตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้ว 2-3 กรัม ชั่งบันทึกน้ำหนัก (w) ห่อด้วยกระดาษกรองใส่ทิมเบิล (Extraction thimble)
3. ตวงตัวทำละลายปิโตเลียมอีเทอร์จำนวน 140 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ไขมันต่อทิมเบิลใส่ตัวอย่างและบีกเกอร์ไขมันเข้ากับเครื่องสกัดไขมันทำการสกัดไขมันตามโปรแกรมของเครื่อง
4. เมื่อครบเวลากำหนด (3 ชั่วโมง) นำบีกเกอร์ไขมันไปอบในตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 30 นาที เพื่อระเหยปิโตรเลียมอีเทอร์
5. นำบีกเกอร์ไขมันใส่ในโถดูดความชื้น เพื่อรอให้เย็น ก่อนนำบีกเกอร์ไขมันไปชั่งน้ำหนัก (w2)
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง

$$\text{เปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่าง} = \frac{w2-w1}{w} \times 100$$

หมายเหตุ: W = น้ำหนักตัวอย่าง
W1 = น้ำหนักของบีกเกอร์ไขมันก่อนสกัด
W2 = น้ำหนักของบีกเกอร์ไขมันหลังสกัด

ตารางที่ ข.4 ปริมาณไขมันของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร

ตัวอย่าง	W1	W	W2	% ไขมัน	ค่าเฉลี่ย
ทองอำไพ	144.5871	1.0210	144.5938	0.6562	0.6443
	141.5150	1.0121	141.5214	0.6323	
ลายเกษตร	144.2910	1.0120	144.2930	0.1976	0.1829
	142.9952	1.0112	142.9969	0.1681	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.5 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทอง

วิเคราะห์โดยวิธีการคำนวณจากสูตรเมื่อทราบค่า เปอร์เซ็นต์ความชื้น เปอร์เซ็นต์เถ้า เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์ไขมัน

โดยคำนวณจากสูตร

เปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรต = 100 – (%ความชื้น +%เถ้า + %โปรตีน + %ไขมัน)

ตารางที่ ข.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของตัวอย่างเพียวเร่ฟักทองจากพันธุ์ทองอำไพและลายเกษตร

ตัวอย่าง	% คาร์โบไฮเดรต		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
ทองอำไพ	5.39	4.59	5.07
ลายเกษตร	3.24	3.5	3.41

ข.6 การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน (β-carotene)

การวิเคราะห์หาปริมาณเบต้าแคโรทีนจะใช้วิธีของ AOAC (1990) โดยมีหลักการ คือ สารสกัดเบต้าแคโรทีนที่ได้จากการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซน มีความสามารถในการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

สารเคมี

1. เฮกเซน (Hexane)
2. เบต้าแคโรทีน (β-carotene)

การวิเคราะห์ปริมาณเบต้าแคโรทีน

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีนความเข้มข้นเริ่มต้น 00 % โดยการชั่งสารเบต้าแคโรทีน 0.01 กรัม แล้วละลายลงในเฮกเซน 10 มิลลิลิตร นำมาปรับปริมาตรด้วยเฮกเซนให้เป็น 100 มิลลิลิต
2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานเบต้าแคโรทีนในข้อ 2.1 ลงในหลอดทดลองหลอดละ 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 และ 3.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยเฮกเซนให้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
3. วัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร โดยใช้เฮกเซนเป็น Blank
4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณเบต้าแคโรทีนในหน่วย

ตารางที่ ข.6 การเตรียมหลอดทดลองสำหรับกราฟมาตรฐานของเบต้าแคโรทีน

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลายเบต้าแคโรทีน (มิลลิลิตร)	ปริมาณเบต้าแคโรทีน (ไมโครลิตร)	ปริมาตรเฮกเซน (มิลลิลิตร)
1	0.50	1	9.5
2	0.75	1.5	9.25
3	1.00	2	9.0

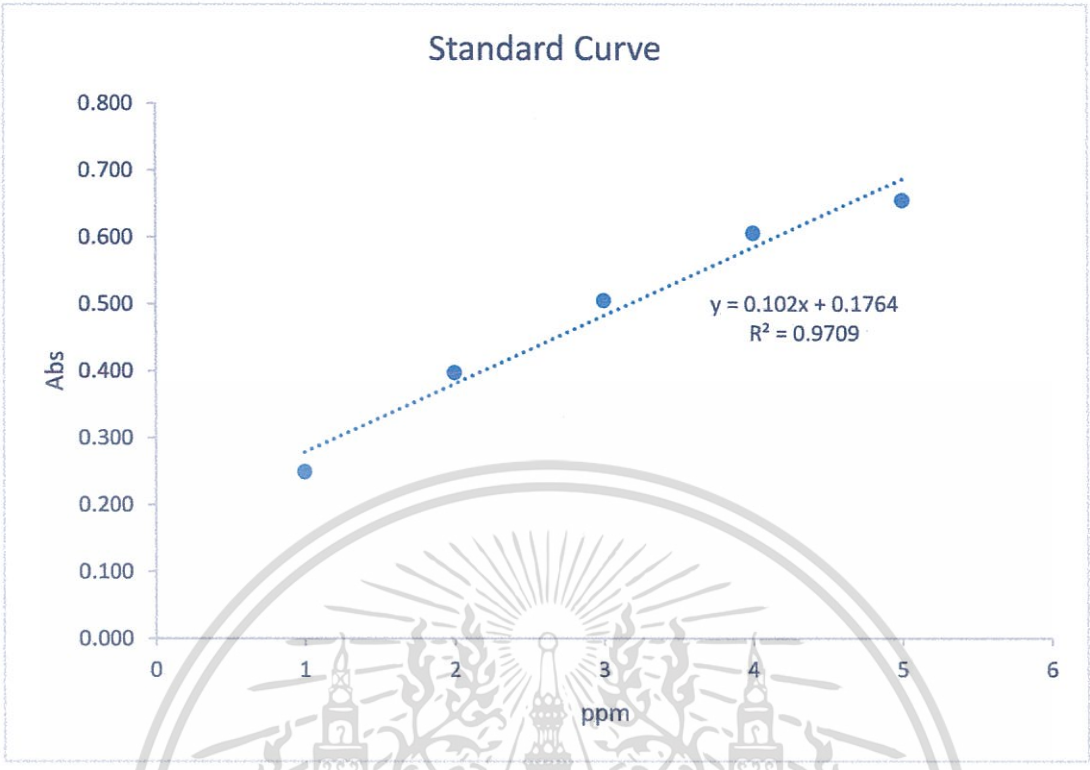
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4	1.25	2.5	8.75
5	1.50	3	8.5
6	2.00	4	8.0
7	2.50	5	7.5
8	3.00	6	7.0
9	3.50	7	6.5

ตารางที่ ข.7 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร ของสารละลายเบต้าแคโรทีนมาตรฐาน

ปริมาณเบต้าแคโรทีน (ไมโครลิตร)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	
1	0.247	0.247	0.253	0.249
1.5	0.402	0.395	0.395	0.397
2	0.513	0.507	0.495	0.505
2.5	0.611	0.605	0.601	0.606
3	0.648	0.669	0.674	0.655
4	0.917	0.909	0.918	0.915
5	1.567	1.160	1.184	1.304
6	1.367	1.298	1.371	1.345
7	1.738	1.803	1.686	1.742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบต้าแคโรทีน และค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

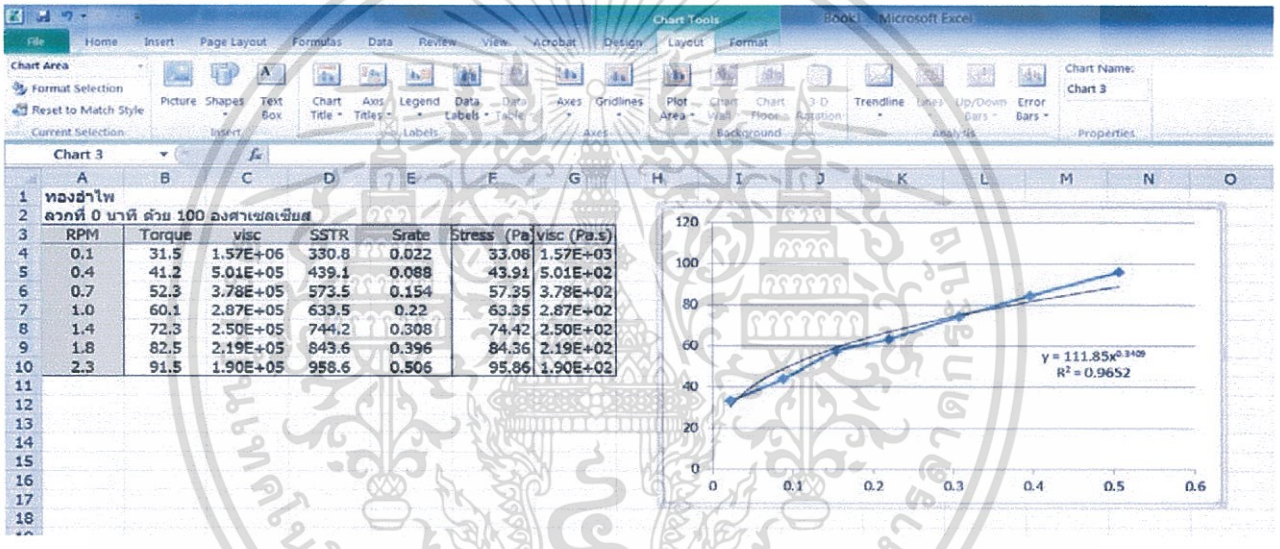
ค.1 การวิเคราะห์สมบัติการไหลของเพียวเร่ฟักทอง

วิธีวิเคราะห์

1. นำเพียวเร่ฟักทอง ประมาณ 20 กรัม เติมลงใน cup ใส่ตัวอย่าง เพื่อวัดคุณสมบัติทางรีโอโลยี โดยเครื่อง viscometer (Brookfield DV-III) ใช้หัววัด เบอร์ 25

2. ตั้งความเร็วรอบของการหมุนของหัววัดก ที่ค่าต่างๆ กันอย่างน้อย 3 ค่า โดยมีการบันทึกค่า RPM, % Torque, Shear rate, Shear stress และ Viscosity ที่ได้

3. นำค่า Shear rate และ Shear stress มาพลอตกราฟ และคำนวณหาค่า K และ n จากกราฟโดยใช้สมการ power law จากโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีตัวอย่างการพลอตกราฟดังแสดงในภาพที่ ค.1



RPM	Torque	visc	SSTR	Srate	Stress (Pa)	visc (Pa.s)
0.1	31.5	1.57E+06	330.8	0.022	33.08	1.57E+03
0.4	41.2	5.01E+05	439.1	0.088	43.91	5.01E+02
0.7	52.3	3.78E+05	573.5	0.154	57.35	3.78E+02
1.0	60.1	2.87E+05	633.5	0.22	63.35	2.87E+02
1.4	72.3	2.50E+05	744.2	0.308	74.42	2.50E+02
1.8	82.5	2.19E+05	843.6	0.396	84.36	2.19E+02
2.3	91.5	1.90E+05	958.6	0.506	95.86	1.90E+02

ภาพที่ ค.1 การพลอตกราฟระหว่างค่า Shear rate และ Shear stress เพื่อหาค่า K และ n

จากภาพที่ ค.1 ค่า K ที่ได้คือ 111.85 และค่า n คือ 0.3409

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นาย ณัฐกฤษฎ์ พุทธเจริญจิตต์
วัน เดือน ปี เกิด	เกิดเมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอยุธยาวิทยาลัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ในปี พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ-นามสกุล	นาย ภัทรพล ผลจันทร์
วัน เดือน ปี เกิด	เกิดเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม พ.ศ. 2536 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ หอวัง นนทบุรี จังหวัดนนทบุรี ในปี พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ชื่อ-นามสกุล	นายศุภชัย ปลื้มคิด
วัน เดือน ปี เกิด	เกิดเมื่อวันที่ 5 พฤศจิกายน พ.ศ. 2536 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 4 จังหวัดกรุงเทพมหานคร ในปี พ.ศ. 2555 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้